RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

inelfe

ANTEPROYECTO

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA - FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA

LÍNEA SUBTERRÁNEA - SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400 kV GATIKA – FRONTERA FRANCESA

Provincia afectada

Bizkaia

Madrid, abril de 2021

La Ingeniera Industrial: María Soler Soneira

SOLER SONEIRA MARIA - 02900948G

Firmado digitalmente por SOLER SONEIRA MARIA - 02900948G
Fecha: 2021.04.26 13:03:07 +02'00'

COLEGIO DE INGENIEROS DEL ICAI
VISADO
Visado: 0194/21 - Fecha: 28/04/2021
Documento sellado con firma electrónica

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ANTEPROYECTO

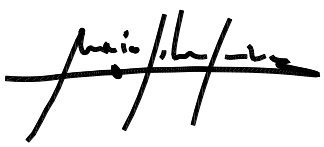
INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA - FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA

LÍNEA SUBTERRÁNEA - SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400 kV GATIKA – FRONTERA FRANCESA

ÍNDICE

		Nº Páginas
DOCUMENTO 1.....	MEMORIA	96
DOCUMENTO 2.....	CÁLCULOS	17
DOCUMENTO 3.....	PLANOS	58
DOCUMENTO 4.....	PRESUPUESTO	10
DOCUMENTO 5.....	ESTUDIO DE SEGURIDAD	153
DOCUMENTO 6.....	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	384
DOCUMENTO 7.....	GESTIÓN DE RESIDUOS	14

Madrid, abril de 2021
La Ingeniera Industrial



María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº4123/3353

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ANTEPROYECTO

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA - FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA

LÍNEA SUBTERRÁNEA - SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400 kV GATIKA – FRONTERA FRANCESA

DOCUMENTO 1
MEMORIA

DOCUMENTO Nº 1 MEMORIA

1 ANTECEDENTES 4

2 OBJETO Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA 7

3 TITULAR DE LA INSTALACIÓN 9

4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN 10

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTACIÓN CONVERSORA 10

5 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA 12

6 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO 14

6.1 TRAZADO SUBTERRÁNEO 14

6.2 TRAZADO SUBMARINO 17

7 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN 19

7.1 CABLES 19

7.2 EMPALMES 23

7.3 TERMINALES 27

7.4 PARARRAYOS 30

7.5 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA 30

7.6 OBRA CIVIL SUBTERRÁNEA 31

7.7 TENDIDO TRAMO SUBTERRÁNEO 52

7.8 TENDIDO TRAMO SUBMARINO 58

7.9 PROTECCIÓN TRAMO SUBMARINO 62

7.10 COMUNICACIONES 66

7.11 SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN 67

7.12 SEÑALIZACIÓN 68

7.13 ENSAYOS 68

8 ACCESOS 78

8.1 ACCESO SUR 82

8.2 ACCESO NORESTE 83

8.3 ACCESO OESTE 85

8.4 ACCESO NORTE 86

9 CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS 87

9.1 NORMAS GENERALES SOBRE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS 87

9.2 RELACIÓN CORRELATIVA DE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS 88

10 RELACIÓN DE MINISTERIOS, ORGANISMOS O EMPRESAS DE SERVICIO PÚBLICO O SERVICIOS DE INTERÉS GENERAL, EN LA PARTE QUE LA INSTALACIÓN PUEDA AFECTAR A BIENES Y DERECHOS A SU CARGO 90

11 RELACIÓN DE AYUNTAMIENTOS 96

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

1 ANTECEDENTES

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA S.A.U. (en adelante RED ELÉCTRICA), de conformidad con lo establecido en los artículos 6 y 34 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico (en adelante Ley 24/2013), y como gestor de la red de transporte y transportista único con carácter de exclusividad, tiene atribuida las funciones de transportar la energía eléctrica, así como construir, mantener y maniobrar las instalaciones de transporte.

En el ejercicio de las citadas funciones y efectivo cumplimiento de las finalidades relativas al transporte de energía eléctrica, RED ELÉCTRICA, junto a RESEAU DE TRANSPORT D'ELECTRICITE (RTE), empresa gestora de la red de transporte en Francia, por recomendación de la Comisión Europea, han formado una sociedad conjunta coparticipada al 50% por cada una de ellas para el desarrollo de la interconexión eléctrica entre Francia y España, denominada **INELFE**. Esta empresa es la responsable de la realización de los estudios, de la gestión del anteproyecto y de la construcción del enlace eléctrico. (https://www.inelfe.eu/)

Este anteproyecto consiste en la creación de una interconexión eléctrica, entre la red eléctrica francesa, a partir de una subestación situada al norte de la ciudad de Burdeos y la red eléctrica española, a través de la subestación de Gatica, ubicada en Bizkaia.

La interconexión eléctrica España-Francia por el Golfo de Bizkaia, debido a su carácter estratégico, fue designado, el 14 de octubre de 2013, por la Comisión y el Parlamento Europeo como "Proyecto de Interés Común" (en adelante PIC), en el marco del Reglamento (UE) Nº 347/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de abril de 2013 relativo a las orientaciones sobre las infraestructuras energéticas transeuropeas (en adelante Reglamento (UE) Nº 347/2013), dentro del "Energy Infrastructure Package" de la Comisión Europea y forma parte también del Plan Decenal de Desarrollo de la Red de Transporte Europea de julio de 2012 de ENTSO-E. Además de PIC, tiene una doble calificación, al catalogarse también dentro del concepto "autopistas de la electricidad", lo cual implica que tiene una utilidad estratégica de largo plazo.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

El citado anteproyecto, ha requerido de un proceso de participación pública en la etapa de tramitación inicial, en cumplimiento de las disposiciones reglamentarias, tal y como establece el art 9 y art 10.1. a) del Reglamento (UE) Nº 347/2013, culminado el proceso, en el Informe del Plan Conceptual de Participación Pública a disposición de cualquier interesado en la dirección: https://www.inelfe.eu/sites/default/files/2018-08/INFORME%20PCPP.pdf

Todos los proyectos catalogados como PIC están incluidos en la planificación nacional vigente, en el documento denominado “Planificación Energética. Plan de Desarrollo de la Red de transporte de Energía Eléctrica 2015-2020”, aprobado por el Consejo de Ministros, el 16 de octubre de 2015 (recogido en la Orden IET/2209/2015, de 21 de octubre de 2015). En la planificación se detallan los proyectos de nuevas infraestructuras eléctricas que se deben acometer en todo el territorio nacional, bajo los principios de transparencia y de mínimo coste para el conjunto del sistema eléctrico. En este sentido, la planificación de la red de transporte de electricidad, es vinculante para RED ELÉCTRICA.

A este fin INELFE ha proyectado construir una Línea subterránea-submarina de transporte de energía eléctrica en 400 kV de corriente continua, que conectará la Estación Conversora, situada en el término municipal de Gatika (Bizkaia/España), con la Estación Conversora situada en el término municipal de Cubnezais (Burdeos/Francia), cuyo trazado discurrirá por los términos municipales de Gatika, Munguía, Maruri-Jatabe y Lemóniz, en Bizkaia, con una longitud aproximada de 13 km (tramo subterráneo), más una longitud aproximada de 94 km de tramo submarino hasta la frontera España-Francia. Esta instalación formará parte de la red de transporte de energía eléctrica en alta tensión en los términos establecidos en la citada Ley 24/2013, y es necesaria para alimentar a la nueva Estación Conversora AC/DC.

Este anteproyecto cuenta con cofinanciación del programa “Conectar Europa” de la Comisión Europea, a través de la concesión de una ayuda financiera comunitaria a los PIC en el ámbito de las redes transeuropeas de energía.

Este anteproyecto responde a la necesidad de un aumento de capacidad de intercambio entre España y Francia con objeto de disminuir el aislamiento de España frente al resto del sistema europeo, aumentar la seguridad del sistema, facilitar la integración de renovables en el sistema Ibérico y contribuir a que el Mercado Ibérico de la Electricidad forme parte del Mercado Interno de la Electricidad promovido por la Comisión Europea.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La nueva interconexión eléctrica por el Golfo de Bizkaia, supondrá un conjunto amplio de beneficios que demuestran claramente la necesidad de acometerla, ya que responde a expectativas a nivel europeo, tales como:

- Contribución a la seguridad y a la continuidad del suministro eléctrico en los sistemas interconectados, gracias a los intercambios de energía en caso de necesidad. Las interconexiones son el respaldo instantáneo más significativo a la seguridad de suministro.
- Aumento de la eficiencia de los sistemas interconectados. Con la capacidad que queda vacante en las líneas y que no va destinada a la seguridad de suministro, se establecen diariamente intercambios comerciales de electricidad aprovechando las diferencias de precios de la energía entre los sistemas eléctricos interconectados. Estos intercambios permiten que la generación de electricidad se realice con las tecnologías más eficientes fluyendo la energía desde donde es más barata hacia donde es más cara.
- Aumento de la competencia entre sistemas vecinos. Las importaciones de energía de otros países obligan a los agentes del propio país a tener propuestas más competitivas si quieren que sus ofertas resulten aceptadas, generando una reducción del precio de la electricidad a nivel mayorista.
- Proporcionan una mayor integración de energías renovables. A medida que aumenta la capacidad de interconexión, se maximiza el volumen de producción renovable que un sistema es capaz de integrar en condiciones de seguridad, dado que la energía renovable que no tiene cabida en el propio sistema se puede enviar a otros sistemas vecinos, en lugar de ser desaprovechada. Al mismo tiempo, ante la falta de producción renovable o problemas en la red, un alto grado de capacidad de intercambio permite recibir energía de otros países.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2 OBJETO Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

De conformidad con lo establecido en la referida Ley 24/2013 y en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, constituye el objeto del presente anteproyecto la Línea subterránea-submarina de transporte de energía eléctrica en 400 kV de corriente continua ±400 KV GATIKA – FRONTERA FRANCESA. A efectos administrativos este documento aporta los datos precisos para la obtención de la correspondiente resolución relativa a:

- Autorización administrativa previa

Conforme a lo establecido en la Ley 24/2013 y el Reglamento (UE) Nº 347/2013, resulta órgano sustantivo, para la obtención de las referidas autorizaciones, la Dirección General de Política Energética y Minas, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. La tramitación del expediente administrativo compete a la Dependencia de Industria y Energía de la Subdelegación del Gobierno en Bizkaia.

De acuerdo con lo previsto en La Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental y la Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental, la Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes y la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, el anteproyecto interconexión eléctrica debe someterse al Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental ordinaria para la formulación de la Declaración de Impacto Ambiental. A estos efectos, se ha elaborado el Estudio de Impacto Ambiental que contempla las siguientes instalaciones:

- Ampliación de la Subestación de GATICA 400/200 kV
- Línea subterránea-submarina en corriente continua a ±400 kV GATIKA-FRONTERA FRANCESA
- Estación Conversora alterna/continua de GATIKA 400 kV
- Modificación de la Línea aérea a 400 kV GATICA-AZPEITIA

La Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfica formulara la Declaración de Impacto Ambiental conjunta, de las referidas instalaciones.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Al tratarse esta instalación de la red de transporte de energía eléctrica, se hace constar que, a su vez, la presente solicitud deberá tramitarse expresamente en los correspondientes requerimientos de informes o condicionados a las administraciones con competencia urbanística y de ordenación del territorio, a los efectos de lo establecido en las disposiciones adicionales duodécima, segunda y tercera de la Ley 13/2003, de 23 de mayo, reguladora del contrato de concesión de obras públicas (BOE de 24-05-2003).

Al tratarse esta instalación de una red de transporte de energía eléctrica, se hace constar que, a su vez, este proyecto a los efectos de lo establecido en las disposiciones adicionales duodecima, segunda y tercera de la Ley 13/2003 de 23 de mayo, reguladora del contrato de concesión de obras públicas (BOE de 24-05-2003), deberá tramitarse ante las Administraciones con competencia urbanística y de ordenación del territorio, que emitirán los correspondientes requerimientos de informes y condicionados.

Asimismo, en el orden técnico, su objeto es informar de las características de la instalación proyectada, así como mostrar su adaptación a lo establecido en el Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3 TITULAR DE LA INSTALACIÓN

El domicilio Social del Titular es:

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U.

Paseo del Conde de los Gaitanes, 177
28.109 – Alcobendas (Madrid)

Y a efectos de notificación en:

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U.

Paseo del Conde de los Gaitanes, 177
28.109 – Alcobendas (Madrid)

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

La nueva interconexión entre Francia y España consiste en un doble enlace de Alta Tensión 400 kV en Corriente Continua (HVDC en sus siglas en inglés) con dos sistemas independientes y una potencia de 2 × 1000 MW de potencia, que conectará la futura estación conversora de Gatika, en el territorio histórico de Bizkaia, y la futura estación conversora de Cubnezais, situada al norte de la localidad de Burdeos, en Francia.

Las principales partes de que consta el enlace HVDC son:

- Estación conversora de Gatika formada por dos sistemas de conversión independientes CA/CC (alterna/continua) de 1000 MW cada uno.
- Estación conversora de Cubnezais formada por dos sistemas de conversión independientes CA/CC (alterna/continua) de 1000 MW cada uno.
- 4 cables subterráneos de corriente continua a ±400 kV para instalación en zanja (aproximadamente 13 km por territorio español).
- 4 cables submarinos de corriente continua a ±400 kV con una longitud total de unos 300 km, cada cable de potencia, salvo un corto tramo subterráneo para evitar el cañón submarino de Capbreton, para la interconexión con Francia (106,5 km en territorio marítimo español).
- 4 cables subterráneos de corriente continua a ±400 kV para instalación en zanja (aproximadamente 80 km por territorio francés).
- 2 cables de F.O. de comunicaciones de 48 fibras.

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTACIÓN CONVERSORA

La nueva estación conversora de Gatika, que no es objeto de este documento técnico, estará formada por dos sistemas de conversión independientes CA/CC (alterna/continua), de una potencia nominal de 1000 MW cada uno, basado en la tecnología VSC (*Voltage Sourced Converter*). Estos dos sistemas se conectarán a sendas calles del parque de 400 kV de la subestación de Gatica, instalación de RED ELÉCTRICA en configuración de interruptor y medio, objeto de otro proyecto, a la que se anexará dicha estación conversora.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Cada uno de estos dos sistemas de conversión CA/CC de 1000 MW cada uno (subdivididos, a su vez, en dos ramas o polos: ± 400 kV) están conectados a la subestación 400 kV Gatica en el parque de alterna a través de seis transformadores monofásicos (un banco de tres transformadores monofásicos para cada convertidor) y están conectados a los terminales de los cables de corriente continua, en el parque de continua, a través de doce reactancias conversoras (tres reactancias en serie por cada rama de cada uno de los dos convertidores), para alisado de la corriente en continua y limitación de la corriente de cortocircuito, y los correspondientes seccionadores con cuchillas de puesta a tierra para desconexión del sistema de continua.

En el parque de alterna se instalan, además, en paralelo al circuito principal, seis reactancias en conexión de estrella (tres por cada convertidor), para compensación de posibles asimetrías en continua y operación del sistema como intercambio puro de reactiva, y seis resistencias de preinserción con sus correspondientes seccionadores en paralelo (tres resistencias en serie por cada convertidor), para suavizar el arranque del sistema.

En la salida en continua de los convertidores, se instalan doce condensadores (tres condensadores en paralelo por cada rama de cada uno de los convertidores), para filtrado de altas frecuencias en continua.

Además, se instalarán seccionadores de puesta a tierra tanto en el lado de alterna como de continua de los convertidores.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA

- Sistema ..... Corriente continua
- Configuración ..... 2 enlaces independientes
- Tensión nominal ..... ±400 kV_{cc}
- Potencia nominal ..... 2x1000 MW
- Flujo de potencia ..... Bidireccional
- Factor de carga ..... 100 %
- Nº de enlaces 2
- Nº de cables totales 4
  - Cables subterráneos (enlaces 1 y 2):
    - Tipo de cable subterráneo ..... Cable unipolar de aislamiento seco (XLPE)
    - Temperatura de operación ..... 70 ºC
    - Sección del conductor:
      - Tramos sin perforación horizontal dirigida (PHD) o con 1 PHD por cada cable HVDC ..... 1800 mm^2 Cu
      - Tramos con 2 cables HVDC por cada PHD ..... 2200 mm^2 Cu
  - Cables submarinos enlace 1:
    - Tipo de cable submarino ..... Cable unipolar de aislamiento seco (XLPE)
    - Temperatura de operación ..... 70 ºC
    - Sección del conductor:
      - Tramo salida al mar (PHD profunda) ..... 1800 mm^2 Cu
      - Cable enterrado o protegido en roca ..... 1000 mm^2 Cu
  - Cables submarinos enlace 2:
    - Tipo de cable submarino ..... Cable unipolar de aislamiento en masa impregnada (MI)
    - Temperatura de operación ..... 55 ºC
    - Sección del conductor:
      - Tramos salida al mar (PHD profunda) ..... 2500 mm^2 Cu

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Cable enterrado o protegido en roca.....1400 mm^2 Cu

– Tipo de instalación:

- Estación conversora – Salida al mar .....Zanja con tubos hormigonados
- Salida al mar – frontera francesa:

o Fondo con sedimentos..... Cables directamente enterrados

o Fondo rocoso..... Cables en superficie protegidos mediante vertido de roca

– Tipo de conexión de las pantallas metálicas ..... Directamente a tierra

– Longitud aproximada:

- Tramo subterráneo..... 12,65 km aproximadamente
- Tramo submarino ..... 106,5 km aproximadamente

– Términos municipales afectados

- Excmo. Ayuntamiento de Gatika.....3.379 km
- Excmo. Ayuntamiento de Mungia …….....……0,578 km
- Excmo. Ayuntamiento de Maruri – Jatabe .....6.866 km
- Excmo. Ayuntamiento de Lemoiz .....2.241 km

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO

El doble enlace objeto del presente anteproyecto conectará la estación conversora de Gatika con la estación conversora de Cubnezais situada en Francia. En la parte española el trazado se dividirá en un tramo subterráneo y en un tramo submarino.

6.1 TRAZADO SUBTERRÁNEO

La línea estará formada por dos enlaces, que discurrirán cada uno por una canalización tubular hormigonada independiente, salvo en los tramos de perforación horizontal dirigida, en los que los cables van instalados en tubos de polietileno de alta densidad tipo PE100.

A diferencia de los anteproyectos de corriente alterna en los que la longitud entre cámaras de tiene una restricción debida a la tensiones que se inducen en la pantallas metálicas, en las líneas de corriente continua la distancia entre cámaras está limitada por motivos logísticos, ya sea capacidad de fabricación, dimensiones para el transporte, posibilidad de realización de las plataformas para poder descargar las bobinas y realizar el tendido; o por motivos de diseño del sistema de cables como esfuerzos máximos de tracción en el cable, esfuerzos máximos en el empalme, etc. Los tamaños máximos de bobinas varían entre los diferentes fabricantes, con longitudes que van desde 1 a 3 km.

Por este motivo, y debido además a la orografía compleja de este anteproyecto desde el punto de vista de un trazado subterráneo para cables de alta tensión, no se han fijado las ubicaciones de las cámaras de empalme, con el objeto de que sea el, o los contratistas adjudicatarios de cada uno de los dos enlaces quienes determinen la distancia entre las diferentes cámaras. De esta manera se pretende optimizar el número de cámaras de empalme y no construir más de las estrictamente necesarias, procurando de esta forma reducir las afecciones medioambientales y sociales. Del mismo modo, también se dejará en mano del contratista o contratistas adjudicatarios la decisión sobre la posición y el número de arquetas de telecomunicaciones a lo largo del trazado, ya que sus ubicaciones dependen de las de las cámaras de empalme. De esta forma se consigue igualmente minimizar el número de arquetas a lo largo del trazado.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Descripción del trazado subterráneo

La línea tendrá su origen en las botellas terminales de cable situadas dentro de la futura estación conversora de Gatika y circulará por el interior de los terrenos de la misma, por espacios habilitados para tal fin hasta su salida al exterior. A la salida de la estación conversora se abrirá una zanja, por el camino que bordea la subestación eléctrica existente de Gatika, dirección norte hasta llegar a las cercanías del campo municipal de fútbol de Gatika.

En ese punto, el trazado de la futura interconexión, tomará dirección noreste atravesando aproximadamente 300 metros de campo de cultivo, después girará 115 grados norte durante 65 metros y por último lo hará en dirección este otros 300 metros, antes de realizar el cruzamiento con la carretera BI-634. Dicho cruzamiento se realizará mediante el hincado de tubería cuyos pozos de trabajo y de salida se situarán antes y después de la carretera respectivamente.

Una vez pasada la carretera la línea continuará en zanja en dirección norte hasta encontrarse con el pozo de ataque de la primera perforación horizontal dirigida prevista, PHD-1, con la finalidad de salvar el cruce con el arroyo Ura. La longitud de la perforación es de aproximadamente 120 metros dirección norte, completamente ubicada en el municipio de Gatika. A la salida de la PHD-1 el trazado transcurrirá aproximadamente 240 metros por campo de cultivo hasta enlazar con el pozo de ataque de la PHD-2.

El pozo de ataque de la PHD-2 estará dentro del término municipal de Gatika para finalizar la segunda perforación horizontal dirigida en el término municipal de Mungia. La finalidad de la PHD-2 será salvar el cruce con el río Butrón, en dirección noroeste y con una longitud aproximada de 300 metros. El doble enlace continuará en zanja por campos de cultivo, unos 300 metros en dirección noroeste, hasta llegar al pozo de ataque de la tercera perforación horizontal dirigida, PHD-3. Dicha perforación tendrá una longitud aproximada de 300 metros y discurrirá en dirección noroeste para salvar el cruzamiento con el río Butrón, hasta finalizar en el inicio de un pequeño polígono industrial en el término municipal de Gatika.

La futura línea de interconexión hará entonces un pequeño giro hacia la derecha, en dirección noreste y continuará por la calle trasera y asfaltada del polígono industrial, durante aproximadamente 300 metros, para hacer un pequeño giro a la derecha en dirección norte, continuando 80 metros hasta encontrar al pozo de ataque de la cuarta perforación horizontal dirigida, PHD-4.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Dicha perforación tendrá una longitud aproximada de 500 metros y discurrirá en dirección noroeste para salvar el cruzamiento, por tercera vez, con el río Butrón, hasta finalizar en un campo de cultivo y orientación norte. El pozo de inicio estará ubicado en el término municipal de Gatika y el pozo final en el término municipal de Maruri-Jatabe.

Tras finalizar la perforación PDH-4, la línea realizará un giro de aproximadamente 45 grados y dirección oeste 150 metros primero, después dirección noroeste 140 metros para volver a girar en dirección norte otros 140 metros hasta llegar a un aparcamiento tras el que comenzará el pozo de ataque de la PHD-5. Todo este recorrido lo realizará por campo de cultivo. La finalidad de la PHD-5 será salvar el cruzamiento con la carretera BI-2120. Se prevé realizar una PHD de aproximadamente 180 metros en dirección noreste con inicio en el término municipal de Gatika y final en el término municipal de Maruri-Jatabe.

Una vez superada esta perforación la traza continuará en dirección noreste, aproximadamente 40 metros. En ese punto realizará un giro de 90 grados aproximadamente dirección oeste aproximadamente 90 metros hasta tomar un giro de 90 grados dirección norte y aproximadamente 90 metros hasta llegar al pozo de ataque de la PHD-6.

La futura PHD-6 tendrá una longitud aproximada de 450 metros dentro del término municipal de Maruri-Jatabe, La finalidad de esta perforación es evitar afectar la vegetación protegida que se encuentra sobre la traza de la misma y finalizará, prácticamente al final de la calle asfaltada de la urbanización y el inicio de la pista forestal existente.

Una vez superada la perforación, la futura interconexión efectuará un giro de 90 grados a la derecha para continuar la zanja por la pista forestal existente. Este tramo discurrirá por el término municipal de Maruri-Jatabe, hasta llegar a la bifurcación con el GR-123. En ese punto girará en dirección oeste para continuar la traza por el GR-123, hasta llegar a la intersección con la carretera, Maruri – Lemóiz, (BI-3117). El cruce se realizará con en zanja abierta y el trazado continuará por la pista forestal existente, camino de Ikelza, dirección lago Urbieta. Justo antes de que el trazado cruce la carretera BI-3117, la línea entra en el término municipal de Lemoiz, por el cual discurrirá hasta la salida al mar.

Finalmente, y pasadas las últimas casas, del camino forestal, la futura interconexión llegará al pozo de ataque previsto para la futura perforación horizontal dirigida de salida al mar (PHD-7), allí se instalarán las cámaras de empalme para la transición de los cables subterráneos a los submarinos. La finalidad de la PHD-7 es dar salida al mar a los cables del doble enlace. A lo largo de su trazado se cruza igualmente la carretera BI-3151.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La salida de la PHD se realiza en el mar, a una profundidad de 15 m y partir de este punto la línea continúa con un trazado submarino, hasta el límite fronterizo con Francia en el mar.

6.2 TRAZADO SUBMARINO

En el documento Nº 2 PLANOS se adjunta el plano 7983L002 “Planta y perfil Longitudinal” (hojas 40 y 41) donde se muestra el recorrido de los cables submarinos desde la salida al mar mediante la PHD 7 hasta el límite con la frontera francesa.

El trazado sigue un recorrido paralelo a la costa procurando no incrementar innecesariamente la longitud de la línea. La ruta está a su vez condicionada por el cruce del cañón submarino de Capbreton situado en la continuación del doble enlace en aguas francesas.

La batimetría del trazado presenta aguas de una profundidad reducida, alcanzando una profundidad máxima de 134 m alrededor del PK 89 del trazado, correspondiente a la zona donde el trazado se aproxima más al borde de la plataforma oceánica. Las pendientes son más fuertes en la primera parte del trazado debido a los afloramientos rocosos, llegando a valores puntuales máximos de hasta 34º, mientras que, en la parte final, se obtienen pendientes más suaves no rebasando en general los 5º. En cuanto a la geología superficial, la primera parte del trazado discurre por suelos predominantemente rocosos, intercalados con zonas arenosas y de sedimento grueso, mientras que su parte final se predominan los suelos de tipo arenoso-arcillosos.

Cada uno de los cables del enlace irá instalado de forma independiente y se mantendrá una distancia suficiente entre ellos para permitir el mantenimiento de los mismos respetando una separación entre ejes de cables de cada enlace y entre cables de diferente enlace que permita realizar los trabajos de reparación en caso de un incidente. En la ruta que sigue cada uno de los cables se buscará en la mediad de lo posible aprovechar al máximo las zonas de suelo con sedimentos, privilegiando las zonas en las que los cables se pueden proteger por enterramiento.

La perforación de salida al mar tiene una longitud aproximada de 1160 m, situando su punto de salida a una coa de -16 m bajo el nivel del mar, en suelo rocoso. Toda la primera parte del trazado submarino se desarrolla en un fondo marino de este tipo el cual no puede ser evitado, aunque la ruta elegida intenta minimizar el trazado sobre este tipo de suelo. Para ello el trazado busca la zona de fondo de sedimento situada frente a la playa de Bakio, si bien para posibilitar el tendido desde el barco cablero y para evitar un trazado muy paralelo a la costa

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

en aguas poco profundas, lo que dificultaría el tendido desde el barco y podría comprometer la protección del cable una vez instalado debido a la mayor incidencia de oleaje, se alejará el trazado de la costa en la dirección de la perforación hasta una profundidad de alrededor de 20,5 m, a unos 1500 m aproximadamente de la costa donde las condiciones para el tendido y la estabilidad de los cables una vez instalados son más favorables. Desde este punto la ruta buscará las zonas de sedimento grueso y gravas, las cuales son más propicias para la protección del cable por enterramiento. Una vez alcanzada esta zona más favorable el trazado se irá alejando de la costa hasta alcanzar una profundidad de unos 70 m, alrededor del PK 21 del trazado de la línea, coincidiendo con el final de la lengua de fondo marino de sedimento que se encuentra frente a la playa de Bakio y cuya existencia se debe al aporte de los distintos cursos de agua que confluyen en la ensenada de Bakio.

A partir de este punto del trazado submarino el fondo rocoso vuelve a ser inevitable en zonas extensas. Tras una primera zona de unos 4 km en la que el suelo rocoso aflora de forma constante, se vuelve a encontrar un fondo compuesto por arenas fina a medias sobre capas de gravas y arenas intermitentemente, en el que se producen afloramientos rocosos dispersos que en su mayor parte se podrán evitar trazando el recorrido de los cables por las zonas de sedimento, lo que explica que el trazado de los cables no se mantenga paralelo y equidistante a lo largo de diferentes zonas del trazado. El recubrimiento del sedimento no consolidado en esta zona es de unos 3 a 5 m de espesor.

A partir del PK 45, el suelo rocoso vuelve a predominar con presencia de canales estrechos de arenas finas a medias, arenas y gravas, y arcillas arenosas. A medida que se avanza en la dirección del trazado los afloramientos rocosos se intercalan con depósitos arenosos y arcilloso-arenosos de espesor variable hasta llegar al PK 59,5. A partir de este punto el fondo marino se vuelve predominantemente de naturaleza arcilloso-arenosa con espesores variables entre 1 y 5 metros de profundidad y afloramientos rocosos puntuales hasta que el trazado llega al límite fronterizo con Francia.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

7.1 CABLES

7.1.1 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Las características eléctricas generales de los cables del anteproyecto son las siguientes:

- Corriente ..... Continua
- Tensión asignada ..... ±400 kV_{cc}
- Tensión soportada a impulso tipo rayo ..... 840 kV
- Tensión soportada a impulsos de maniobra
  - Con igual polaridad que V_{cc} ..... 828 kV
  - Con polaridad opuesta a V_{cc} ..... 480 kV
- Intensidad mínima admisible en cortocircuito ..... ≥ 25 kA
- Duración del cortocircuito ..... 0,5 s

7.1.2 CABLE DE POTENCIA SUBTERRÁNEO

En el tramo subterráneo se instalará un cable de ±400 kV para corriente continua. El cable tendrá una sección de cobre de 1800 mm^2 en la mayor parte del recorrido terrestre, utilizándose cable de cobre de 2200 mm^2 en aquellos tramos que requieran una sección mayor para cumplir con el requerimiento de capacidad de transporte del enlace. Los cables dispondrán de una pantalla metálica de sección suficiente para soportar las corrientes de cortocircuito.

7.1.2.1 Composición

La composición general del cable se indica a continuación:

1. Conductor ..... Sección circular de cobre
2. Semiconductora interna ..... Capa extrusionada de material semiconductor
3. Aislamiento ..... Polietileno reticulado (XLPE) super clean
4. Semiconductora externa ..... Capa extrusionada de material semiconductor
5. Protección longitudinal contra el agua ..... Cinta hinchable semiconductora

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6. Pantalla metálica y protección radial contra el agua ..... Tubo de aluminio
7. Cubierta exterior Polietileno de alta densidad negro con capa exterior semiconductora

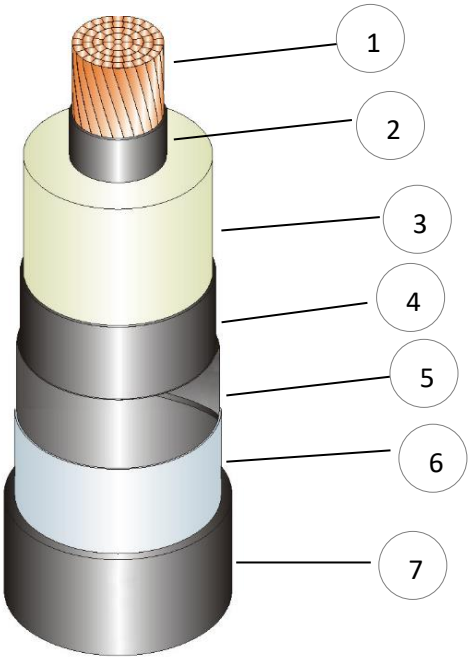


Ilustración 1: Cable HVDC terrestre con aislamiento XLPE

7.1.3 CABLE DE POTENCIA SUBMARINO

En el tramo submarino se instalarán cables de diferente tecnología de aislamiento en cada uno de los enlaces. El enlace 1 estará compuesto por cables de ±400 kV para corriente continua de aislamiento seco de polietileno reticulado (XLPE) al igual que el cable para el tramo terrestre. Los cables del enlace 2 serán cables de ±400 kV para corriente continua con aislamiento a base de masa impregnada (MI).

Para cada una de las tecnologías se instalarán cables de dos secciones diferentes, una para cumplir con la capacidad de transporte en la perforación horizontal dirigida de salida al mar, la cual requiere que el cable tenga una sección mayor debido a la elevada profundidad de enterramiento que se alcanza en la PHD, y otra para el resto del tramo submarino hasta alcanzar la frontera francesa. Además, los cables submarinos para las PHD tendrán un diseño con doble armadura para poder soportar los elevados esfuerzos de tiro a los que se verán sometidos durante el tendido a través de los tubos de la perforación.

Los cables de aislamiento seco pueden operar a una temperatura mayor que los de aislamiento con masa impregnada y por lo tanto requieren secciones de conductor menores.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Los cables submarinos de este anteproyecto tendrán las siguientes secciones y tipos de conductor y armadura en función de la tecnología de aislamiento:

- Enlace 1: Cables de aislamiento XLPE (temperatura de operación 70ºC)
  - Tramo en PHD: ..... Cable de cobre de 1800 mm^2 con doble armadura
  - Resto de tramo submarino: ..... Cable de cobre de 1000 mm^2 con simple armadura
- Enlace 2: Cables de aislamiento MI (temperatura de operación 55ºC)
  - Tramo en PHD: ..... Cable de cobre de 2500 mm^2 con doble armadura
  - Resto de tramo submarino: ..... Cable de cobre de 1400 mm^2 con simple armadura

7.1.3.1 Composición del cable submarino en aislamiento XLPE

La composición general del cable se indica a continuación:

1. Conductor .....Sección circular de cobre
2. Semiconductora interna ..... Capa extrusionada de material semiconductor
3. Aislamiento ..... Polietileno reticulado (XLPE)
4. Semiconductora externa ..... Capa extrusionada de material semiconductor
5. Protección longitudinal contra el agua..... Cinta hinchable semiconductora
6. Pantalla metálica..... Cubierta de aleación de plomo
7. Cubierta interior..... Cubierta extrusionada de polietileno semiconductor
8. Capa de acomodo..... Cintas semiconductoras de nylon
9. Armadura:
   - Tramo PHD (doble armadura):.....Doble capa de cables de acero
   - Resto de tramo submarino (simple armadura) ..Capa única de cables de acero
10. Cubierta exterior..dos capas de cintas de polipropilenos con impregnación bituminosa

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS1619596222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

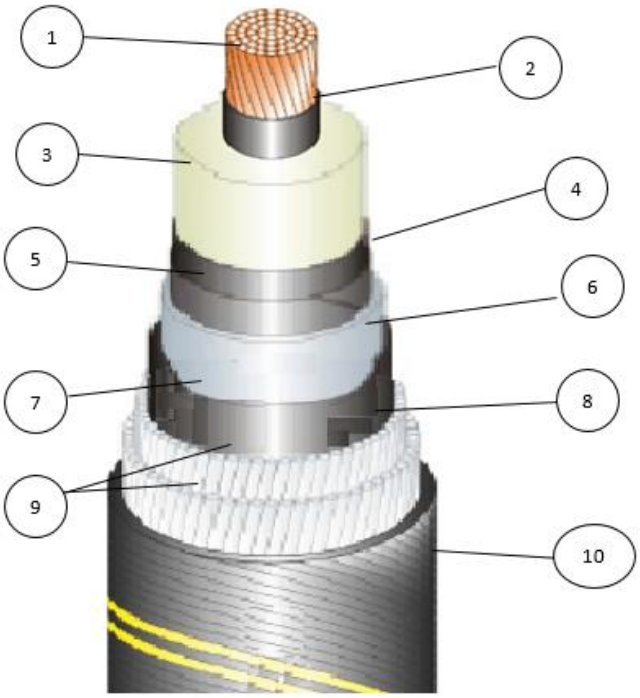


Ilustración 2: Cable submarino con aislamiento XLPE

7.1.3.2 Composición del cable submarino en aislamiento MI

La composición general del cable se indica a continuación:

1. Conductor .....Sección circular de cobre
2. Semiconductora interna ..... Papel carbón
3. Aislamiento ..... Cintas de papel impregnadas de compuesto viscoso
4. Semiconductora externa ..... Papel carbón
5. Pantalla metálica.....Tubo de plomo
6. Cubierta interior.....Cubierta extrusionada de polietileno semiconductor
7. Refuerzo ..... Cinta de acero galvanizado
8. Capa de acomodo..... Cintas semiconductoras de nylon
9. Armadura:
    - Tramo PHD (doble armadura):.....Doble capa de cables de acero
    - Resto de tramo submarino (simple armadura) ..Capa única de cables de acero
10. Cubierta exterior..dos capas de cintas de polipropilenos con impregnación bituminosa

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

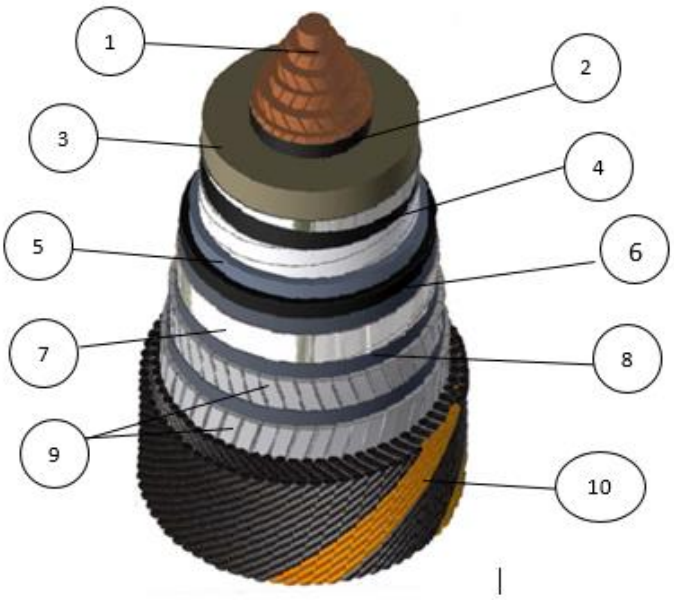


Ilustración 3: Cable HVDC submarino con aislamiento MI

7.2 EMPALMES

7.2.1 TRAMO SUBTERRÁNEO

Las características técnicas de los empalmes serán ser compatibles con los cables que unen, así como con el sistema subterráneo global y condiciones de operación de la instalación.

Los empalmes serán premoldeados con objeto de poder ser probados en fábrica previamente al montaje. Proporcionarán al menos las mismas características eléctricas y mecánicas que los cables que unen, teniendo al menos la misma capacidad de transporte, mismo nivel de aislamiento, corriente de cortocircuito, protección contra entrada de agua, protección contra degradación, etc.

Cada juego de empalmes se suministrará con todos los accesorios y pequeño material necesarios para su confección.

Se consideran dos tipos de empalme en función de si las pantallas metálicas de los cables se conectan a tierra —empalmes seccionados- o no —empalmes no seccionados. La puesta a tierra de las pantallas metálicas se realiza a través de une caja directa de conexión a tierra.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.2.1.1 Características eléctricas

Las características eléctricas de los empalmes son las mismas en ambos casos.

- Corriente ..... Continua
- Tensión asignada (U_0)..... ±400 kV_{cc}
- Tensión soportada a impulso tipo rayo..... 840 kV
- Tensión soportada a impulsos de maniobra
  - Con igual polaridad que U_0 ..... 828 kV
  - Con polaridad opuesta a U_0..... 480 kV
- Intensidad mínima admisible en cortocircuito ..... ≥ 25 kA
- Duración del cortocircuito.....0,5 s

7.2.1.2 Composición

- Tipo de empalme .....Con o sin interrupción de pantalla
- Cuerpo ..... Premoldeado

La composición de los empalmes sin interrupción de pantalla será:

1. Conexión de los conductores y electrodo de unión.
2. Cuerpo prefabricado de aislamiento del empalme.
3. Envolvente metálica del empalme.
4. Protección exterior del empalme.

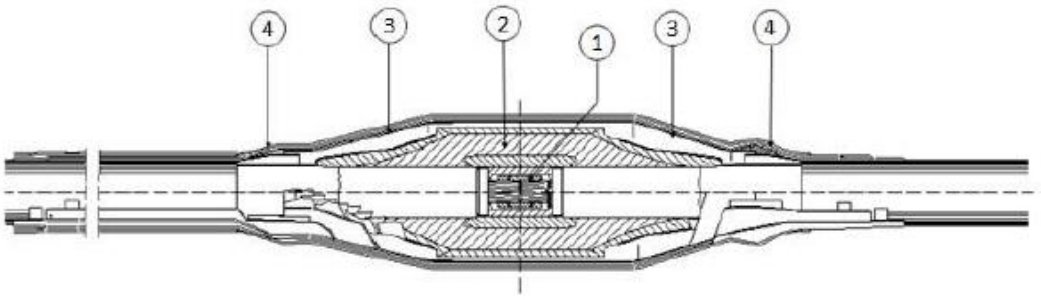


Ilustración 4: Empalme sin interrupción de pantalla

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La composición de los empalmes con interrupción de pantalla será:

1. Conexión de los conductores y electrodo de unión
2. Cuerpo prefabricado de aislamiento del empalme
3. Envolvente metálica del empalme
4. Seccionamiento de las pantallas
5. Cable concéntrico para unión de las pantallas metálicas del cable con la caja de conexión de pantallas
6. Protección exterior del empalme

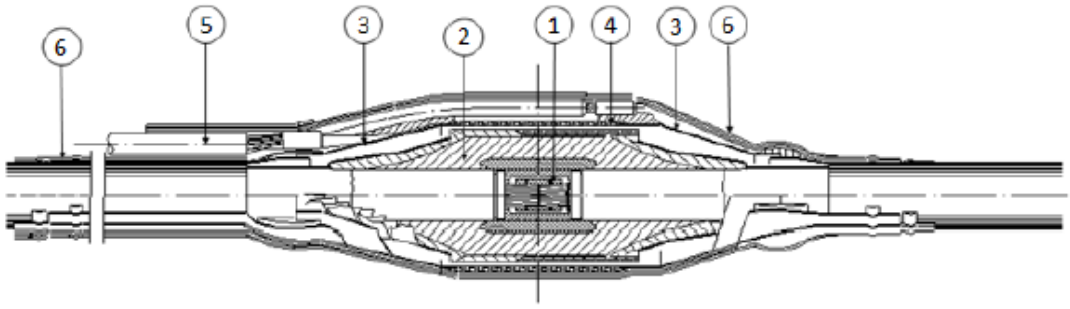


Ilustración 5: Empalme seccionado o con interrupción de pantalla

7.2.2 TRAMO SUBMARINO

7.2.2.1 Empalmes de campo

Son los empalmes requeridos para unir dos longitudes de suministro de cable, entendiendo por longitud de suministro aquella que se puede cargar en el carrusel del barco cablero o para unir tipos de cable de diferente sección, aunque con el mismo diseño de aislamiento.

En el trzado en aguas españolas del tramo submarino no se requerirán empalmes de campo puesto que la longitud de cable que se puede cargar en los barcos cableros de última generación permiten cubrir la disancia hasta el limite fronterizo con Francia.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.2.2.2 Empalmes en fábrica

Son los empalmes realizados en la planta de fabricación entre dos longitudes de cable antes de incorparar la armadura del cable, de forma que la sección final del cable que contiene el emplame queda armada de fomra continua, si ninguna discontinuidad de los cables de la armadura en la proximidad del empalme. Los empalmes en fábrica serán de tipo flexible, esto es, que se puede manipular con las mismas herramientas y tiene las mismas limitaciones de radios de curvatura y esfuerzos de tendido que el cable original. Su uso permite incrementar la longitud de cable para le transporte, la cual está limitada por motivos de fabricación.

En los empalmes flexibles el conductor será soldado con cobre y la unión tendrá el mismo diámetro que el conductor. Cada unión se revisará por rayos X, para comprobar la falta de vacíos o de uniones de baja calidad. Los conductores de diferente sección también se pueden unir y en estos casos habrá una suave transición desde un diámetro hasta el otro.

Las capas semiconductoras y el aislamiento se rehacen con el mismo material que el conductor. La pantalla del cable se reconstruye usando una funda de plomo, la cual se ajusta a la cubierta interna del cable.

El empalme finalizado tendrá las mismas propiedades eléctricas, térmicas y mecánicas que las especificadas para el cable.

En este anteproyecto se realizarán empalmes en fábrica entre longitudes de fabricación de cables idénticos para aumentar la longitud de suministro en el barco cablero y empalmes en fábrica con cambio de sección para unir el cable utilizado para las salidas al mar en perforación horizontal dirigida, el cual requiere una sección mayor, con el resto del cable submarino.

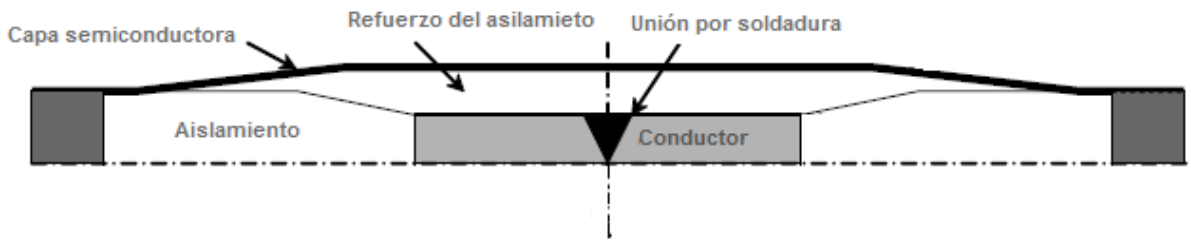


Ilustración 6: Empalme flexible

7.2.3 EMPALME DE TRANSICIÓN SUBMARINO-SUBTERRÁNEO

Son los empalmes realizados entre los cables submarinos y subterráneos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.2.3.1 CABLE SUBTERRÁNEO XLPE Y CABLE SUBMARINO XLPE

Cuando el tipo de aislamiento es idéntico en los cables subterráneos y submarinos el empalme de transición tiene las mismas características que los empalmes del tramo terrestres con la particularidad de que las armaduras del cable submarino se conectarán a tierra.

7.2.3.2 CABLE SUBTERRÁNEO XLPE Y CABLE SUBMARINO MI

En el caso de cables con aislamiento con diferente tecnología, no es posible hacer utilizar un cuerpo pre moldeado que se adapte a los dos tipos de aislamiento. En este caso se utilizarán dos terminales enfrentados con aislamiento en SF_6.

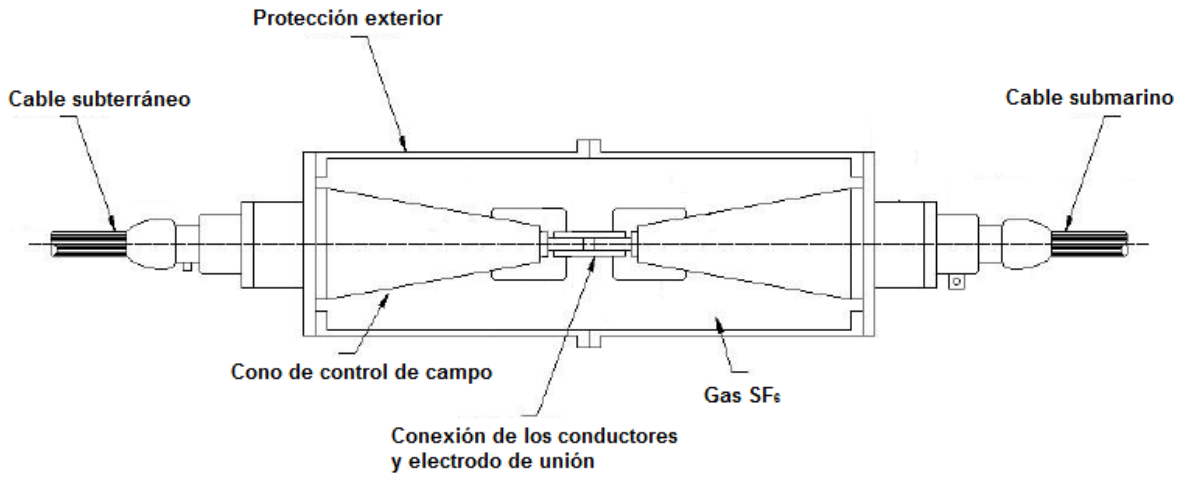


Ilustración 7: Empalme de transción entre cables XLPE y MI

7.3 TERMINALES

La conexión entre el cable y la futura estación conversora de Gatika se realizará mediante una botella unipolar por fase que se instalará en el interior de la estación conversora.

Las características técnicas de las botellas terminales serán compatibles con los cables en los que se instalen, así como con el sistema subterráneo global y condiciones de operación de la instalación.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.3.1 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

- Corriente ..... Continua
- Tensión asignada ..... ±400 kV_{cc}
- Tensión soportada a impulso tipo rayo ..... 840 kV
- Tensión soportada a impulsos de maniobra
  - Con igual polaridad que V_{cc} ..... 828 kV
  - Con polaridad opuesta a V_{cc} ..... 480 kV
- Intensidad mínima admisible en cortocircuito ..... ≥ 25 kA
- Duración del cortocircuito ..... 0,5 s

7.3.2 COMPOSICIÓN

Los terminales estarán constituidos por:

1. Vástago de conexión aérea
2. Deflector de tensión (aluminio)
3. Aislador exterior
4. Gas aislante de relleno
5. Cono premoldeado de control de campo
6. Base soporte (aluminio)
7. Anillo aislante
8. Boca de entrada de cable
9. Racor aislante
10. Manostato
11. Conexión toma de tierra

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

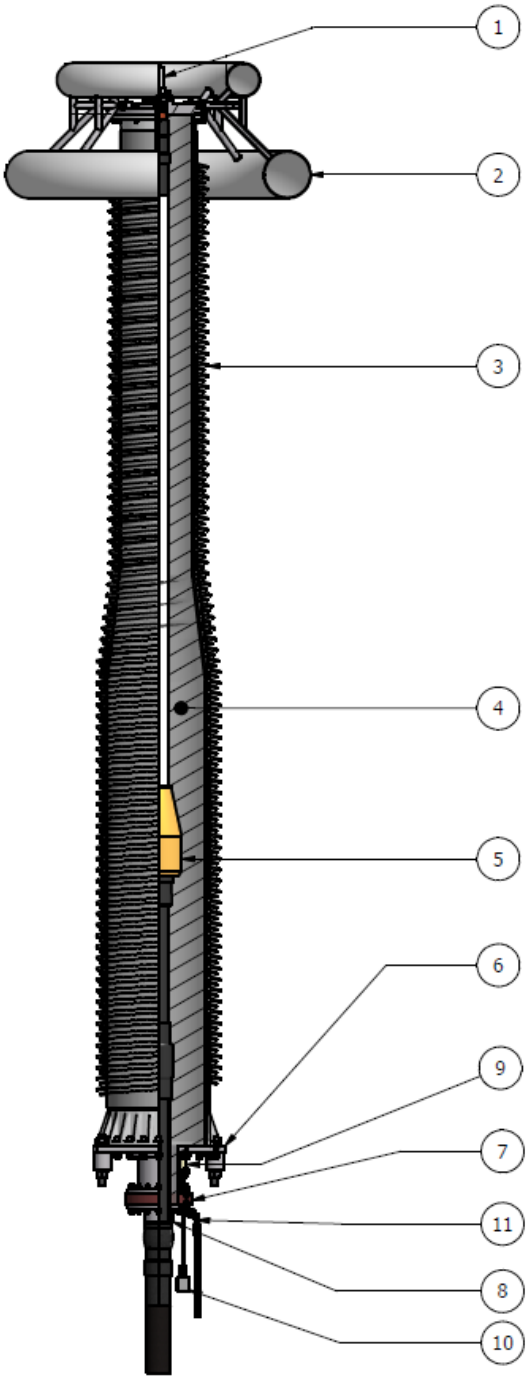


Ilustración 8: Botella terminal

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.4 PARARRAYOS

Con objeto de proteger los cables contra las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas se instalará una autoválvula o pararrayos en los extremos de los cables unipolares. La autoválvula será de óxido de zinc como elemento activo.

Las características exigidas serán como mínimo las mismas que para los terminales de exterior, disponiendo de la misma línea de fuga y de una corriente de descarga nominal de al menos 10 kA.

El aislador de la autoválvula será polimérico.

7.5 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

En lo referente al sistema del cable; se conectarán a tierra los siguientes elementos:

- Las pantallas metálicas de los cables en las botellas terminales y en los empalmes con puesta a tierra, así como en los empalmes de transición de cable subterráneo-submarino, estando las pantallas a tierra durante todo el tramo submarino.
- Todas las estructuras metálicas utilizadas para la instalación del cable en las paredes del túnel.
- La estructura metálica de los terminales del cable se conectará al sistema de puesta a tierra de la estación conversora.

7.5.1 CONEXIONADO DE PANTALLAS A TIERRA

En los terminales de la estación conversora se conectará la pantalla del cable de potencia al sistema de puesta a tierra de la instalación existente. Igualmente, en la cámara de empalme de transición entre cables subterráneos y submarinos se conectarán a tierra las pantallas de los cables, así como las armaduras metálicas de los cables submarinos.

Los cables de continua no presentan problemas por tensiones inducidas en las pantallas debido a las corrientes de circuito que puedan circular por ellos mismos, por lo que es suficiente conectarlos a tierra cada alrededor de 5 o 6 km con el objeto de poder dar un camino a tierra a posibles corrientes inducidas por la influencia de otros conductores de corriente alterna, permitir realizar tareas de mantenimiento y posibilitar la utilización de equipos de localización de faltas o monitorización en el caso de requerirse. La PaT se realizará en las

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

cámaras de empalme con seccionamiento de pantallas, entre las que se incluye la cámara de transición entre cable subterráneo y submarino.

7.5.2 CAJAS DE PUESTA A TIERRA

Las cajas de puesta a tierra dispondrán de una envoltura estanca a la humedad en chapa de acero inoxidable. Esta envolvente proporciona un grado de protección IP68 s/ EN 60529.

En el interior de las cajas las conexiones a tierra se realizarán mediante pletinas desmontables de cobre recocido.

El cable de tierra que conecta los empalmes con las cajas de puesta tierra no tendrá una longitud superior a 10 metros.

7.6 OBRA CIVIL SUBTERRÁNEA

7.6.1 CANALIZACIÓN

A lo largo del trazado subterráneo se alternarán dos tipos de canalización, correspondientes a la instalación de los cables en zanja hormigonada y la instalación en perforación horizontal dirigida (PHD).

7.6.1.1 Instalación tubular hormigonada

El tipo de canalización principal corresponde a una conducción en zanja con los cables entubados y los tubos embebidos en hormigón. Cada uno de los dos enlaces de que consta la línea subterránea se tenderá en una zanja independiente, separadas a una distancia variable a lo largo del trazado en función de los requerimientos del trazado, pero con una distancia máxima estimada de 5 m entre ejes de los enlaces.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

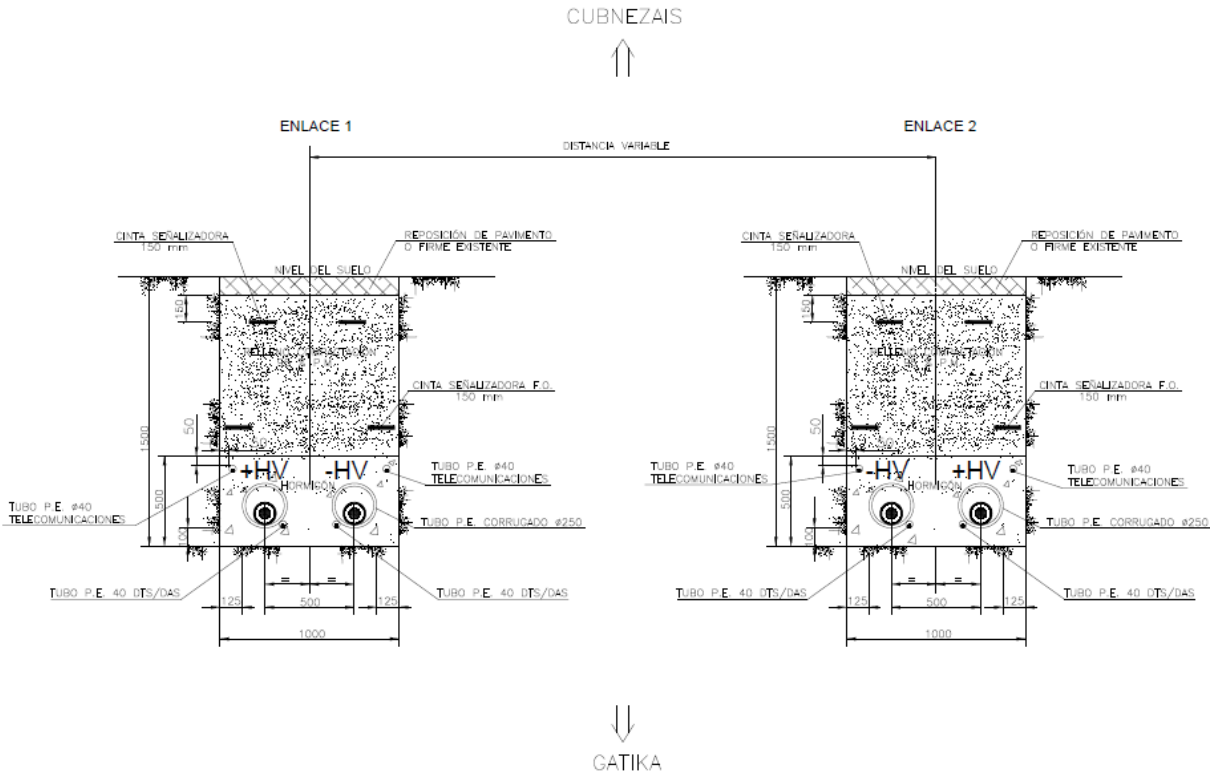


Ilustración 9: Zanja de la canalización

La zanja por la que discurrirán la línea subterránea será la indicada en el plano Nº 7983LSZ001 del documento Nº 3 Planos del presente anteproyecto. Cada una de las zanjas tendrá unas dimensiones de 1 m de anchura con una profundidad de 1,5 m.

Se instalarán en cada zanja los dos cables de potencia de un mismo enlace. Para el tendido de los cables de potencia se instalarán dos tubos por enlace de 250 mm de diámetro exterior. Los tubos serán tubos rígidos corrugados de doble pared fabricados en polietileno de alta densidad según ET140.

Para la colocación de los tubos se diseñará un separador brida de dimensiones adecuadas Los separadores se instalarán cada metro y en posición vertical de forma que el testigo del hormigón quede en su posición más elevada.

Para la instalación de los cables de fibra óptica necesarios para las comunicaciones entre las dos estaciones conversoras, en el testigo del separador existirán dos soportes preparados para sujetar los tubos de telecomunicaciones, de tal forma que se colocarán un tubo de polietileno de 40 mm de diámetro exterior cada soporte

Los tubos de telecomunicaciones serán de color exterior verde e interior blanco siliconado y estriado, espesor 3 mm y presión nominal 10 bar según ET203.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Los cambios de dirección del trazado del tramo subterráneo se intentarán realizar con radios de curvatura no inferiores a 12,5 m (50 veces el diámetro exterior del tubo) con motivo de facilitar la operación de tendido. Se deberá tener especial cuidado en la colocación de los tubos evitando rebabas y hendiduras producidas por el transporte de los mismos, realizando una inspección visual antes de montar cada tubo, desechando los tubos que presenten fisuras, aplastamiento o cualquier tipo de defecto.

Las uniones de los tubos deberán tener un sellado eficaz con objeto de evitar que a través de las mismas puedan penetrar materiales sólidos o líquidos procedentes de los trabajos a realizar durante la obra civil o posteriormente que pudieran dificultar el desarrollo normal de las operaciones de tendido de los cables (agua, barro, hormigón, etc.).

Durante el montaje de los tubos y siempre antes del hormigonado, se irá colocando en el interior de cada uno de los tubos de los cables de potencia y acompañamiento una cuerda guía continua entre cámaras de empalme, es decir, sin ningún tipo de nudo o unión. Esta cuerda será de ø ≥10 mm y carga de rotura ≥1850 kg para tubos destinados a cables de potencia. Los tubos de telecomunicaciones no precisarán de cuerda guía salvo en las perforaciones dirigidas que se instalará una cuerda guía de ø ≥6 mm y carga de rotura ≥500 kg. Deberá prestarse especial atención durante el proceso de unión de dos tubos contiguos para que estos hagan tope con la cara interior de la conexión y que la cuerda guía colocada en el interior de la canalización no quede enganchada con la misma.

Una vez colocados los tubos de los cables de potencia se procederá al hormigonado de los mismos hasta alcanzar la cota del inicio del soporte de los tubos de telecomunicaciones. Durante el vertido se emplearán los medios necesarios para que el hormigón penetre totalmente dentro del haz de tubos, dejando un prisma sin bolsas de aire o coqueras, no estando permitido el empleo de vibradores mecánicos salvo autorización expresa de RED ELÉCTRICA. Se deberá prestar especial atención en no verter hormigón directamente sobre los tubos para evitar deformarlos por efecto del impacto que causa la masa al caer desde el camión hormigonera.

Se evitará pisar los tubos durante las labores de instalación y hormigonado de los mismos. Asimismo, se evitará sujetar los tubos al suelo o entre ellos con alambre o cable metálico, estando permitido el empleo de cuerda o bridas de plástico para este cometido.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

A continuación, una vez fraguado el hormigón de los tubos de los cables de potencia, (mínimo 24 horas desde el hormigonado) se procederá a colocar los tubos de telecomunicaciones en los soportes de los separadores.

Una vez colocados los tubos de telecomunicaciones, se procederá al hormigonado de los mismos, sin pisar la canalización, vertiendo y sin vibrar el hormigón hasta alcanzar la cota de hormigón especificada según el plano nº 7983LSZ001 incluido en el Documento 3 - Planos.

Finalmente, tanto los tubos de los cables de potencia y los tubos de telecomunicaciones, quedarán totalmente rodeados por el hormigón constituyendo un prisma de hormigón que tiene como función la inmovilización de los tubos y soportar los esfuerzos de dilatación-contracción térmica o los esfuerzos de cortocircuito que se producen en los cables.

Una vez hormigonada la canalización se rellenará la zanja, en capas compactadas no superiores a 250 mm de espesor, con tierra procedente de la excavación cuando cumplan con el criterio mínimo de “terreno adecuado” y cuando estas permitan alcanzar el grado de compactación requerido del 95% P.M. (Proctor Modificado). Si las tierras extraídas no fuesen aptas para el relleno se realizará mediante tierra de préstamo. Dentro de esta capa de relleno, a una distancia de 250 mm del dado de hormigón, se instalarán las cintas de polietileno de 150 mm de ancho, indicativas de la presencia de cables eléctricos de alta tensión. Las cintas de señalización subterránea serán opacas, de color amarillo naranja vivo B532, según ET141.

Por último, se procederá a la reposición del pavimento o firme existente en función de la zona por la que transcurra la instalación.

La reposición de pavimentos y superficies no pavimentadas se realizará según las normas de los organismos, servicios afectados y de RED ELÉCTRICA, empleando material nuevo de las mismas características que el existente antes de realizar el trabajo.

Con carácter general la reposición de la capa asfáltica será como mínimo de 70 mm, salvo que los organismos, servicios y RED ELÉCTRICA indiquen otra cosa. Será de aplicación el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG3).

Las losas, losetas, mosaicos, etc. a reponer, serán iguales a las existentes antes del inicio de los trabajos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.6.1.2 Perforaciones horizontales dirigidas e hinca en el tramo subterráneo

La perforación horizontal dirigida es una técnica que permite la instalación de tuberías subterráneas mediante la realización de un túnel, sin abrir zanjas y con un control absoluto de la trayectoria de perforación.

Este control permite librar obstáculos naturales o artificiales sin afectar al terreno, con lo cual se garantiza la mínima repercusión ambiental al terreno.

En el plano nº 7983LSZ002 hoja 5 del Documento 3 - Planos, se incluyen las secciones de las perforaciones horizontales dirigidas.

Tabla 1: Descripción características PHD

P.H.D.	Longitud (m)	Descripción del cruce
1	114	Evita cruce en superficie y afección a la carretera BI-634
2	305	Evita cruce en superficie y afección al Rio Butron
3	260	Evita cruce en superficie y afección al Rio Butron
4	468	Evita cruce en superficie y afección al Butron/Molino
5	188	Evita cruce en superficie y afección a la carretera BI-2120
6	450	Evita cruce en superficie y afección a una arboleda protegida (HIC 91E0 prioritario)
7	1.161	Salida al mar, evita cruce en superficie y afección a la carretera BI-3151 y al acantilado costero existente

7.6.1.2.1 Procedimiento de hinca en el tramo subterráneo

El procedimiento de hinca consiste en el empuje de tramos de tramos de tubería mediante el golpeo de un martillo percutor situado en su parte posterior.

Los trabajos se inician con la instalación del equipo en el foso de ataque.

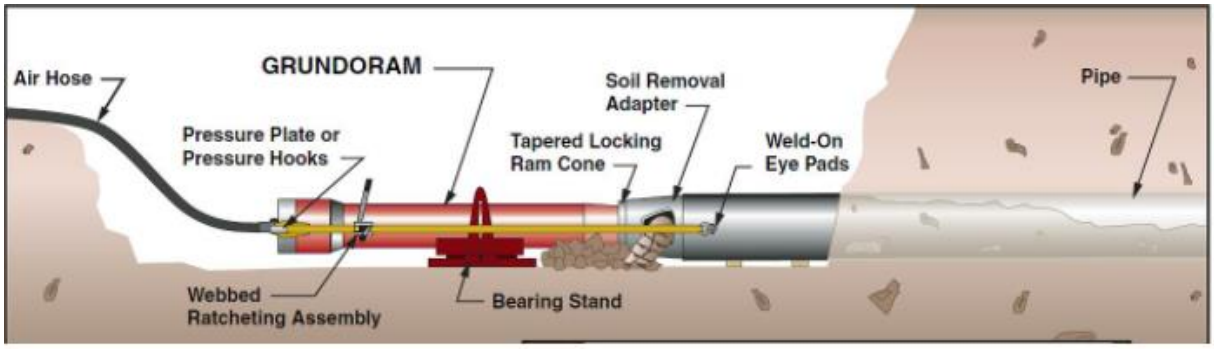
En primer lugar, se coloca la bancada con la alineación e inclinación que se desee lleve la tubería. Sobre la bancada se nivela la tubería y el topo (martillo neumático). La tubería está acoplada al topo mediante unos conos.

Martillo y tubería se encuentran ambos perfectamente acoplados y deslizan sobre el terreno a través de unas guías situadas en dirección del ataque.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

El martillo recibe el impulso neumático de un compresor, y se produce así, el desplazamiento de ambos elementos, forzando el hincado de la tubería en el terreno. El primer tramo de tubo está dotado de un aro de corte, que facilita la penetración del acero en el terreno.

La velocidad de avance dependerá de la consistencia de terreno y tamaño del topo. Una vez el primer tramo se ha introducido por completo, se desacopla el martillo neumático de la tubería, dejando las bancadas libres para bajar otro tramo de tubería.



Se baja y coloca el segundo tramo de tubería y se alinea y suelda con la tubería ya introducida. Se vuelve a acoplar el topo al nuevo tramo de tubería, y se repite el proceso, así sucesivamente con todos los tramos de tubería.

Cuando la tubería ha llegado a su punto de salida, se dan por concluidos los trabajos de hincado.

Ahora es necesario extraer el terreno que ha quedado alojado en el interior de la tubería metálica. Una vez que la tubería llega al punto final y se ha limpiado, concluye el proceso.

7.6.1.2.2 Procedimiento de perforación dirigida en el tramo subterráneo

La trayectoria de perforación se realiza a partir de arcos de circunferencia y tramos rectos. Sus principales características son las siguientes:

- El radio mínimo está condicionado por la flexión máxima de las varillas de perforación y por la flexibilidad del tubo. Para las secciones tipo de perforación horizontal dirigida normalizadas por REE el radio mínimo de curvatura será 250 m.
- El ángulo de ataque depende de la máquina de perforación, la profundidad y longitud de la perforación.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La perforación dirigida se puede ver como una secuencia de cuatro fases:

Fase 1: Disposición

La perforación puede comenzar desde una pequeña cata, quedando siempre la máquina en la superficie, o bien desde el nivel de tierra. En esta primera fase se determinarán los puntos de entrada y de salida de la perforación, ejecutando las catas si procede, y se seleccionará la trayectoria más adecuada a seguir.

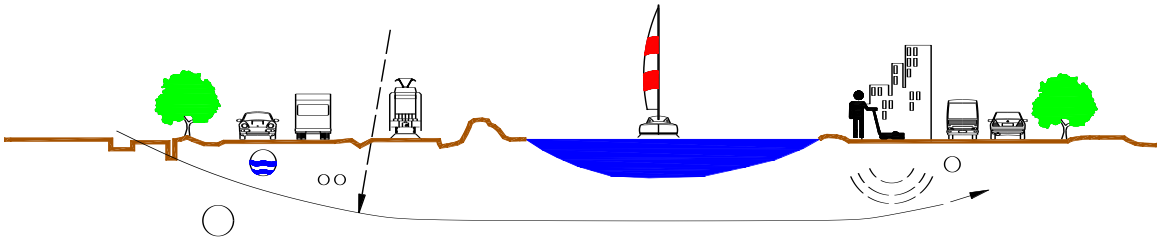


Ilustración 10: Fase 1 PHD - Disposición

Fase 2: Perforación piloto

Se van introduciendo varillas, las cuales son roscadas automáticamente unas a otras a medida que va avanzando la perforación. En el proceso se van combinando adecuadamente el empuje con el giro de las varillas con el fin de obtener un resultado óptimo.

Para facilitar la perforación se utiliza un compuesto llamado bentonita. Esto es una arcilla de grano muy fino que contiene bases y hierro. La bentonita es inyectada a presión por el interior de las varillas hasta el cabezal de perforación siendo su misión principal refrigerar y lubricar dicho cabezal y suministrar estabilidad a la perforación. En esta perforación piloto, la cabeza está dotada de una sonda, de manera que mediante un receptor se puede conocer la posición exacta del cabezal.

La perforación piloto se deberá realizar a la profundidad apropiada para evitar derrumbamientos o situaciones donde los fluidos utilizados pudieran salir a la superficie. La trayectoria se puede variar si fuese necesario debido a la aparición de obstáculos en la trayectoria marcada.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

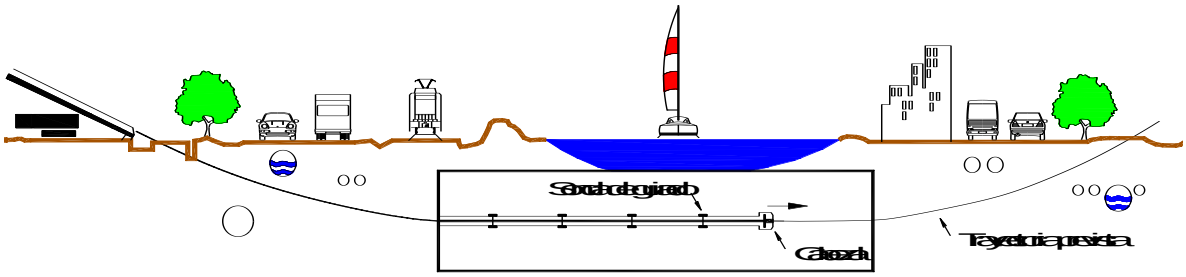


Ilustración 11: Fase 2 PHD - Perforación piloto

Fase 3: Escariado

Una vez hecha la perforación piloto se desmonta el cabezal de perforación. En su lugar se montan conos escariadores para aumentar el diámetro del túnel. Se hacen tantas pasadas como sea necesario aumentando sucesivamente las dimensiones de los conos escariadores, y así el diámetro del túnel.

Este proceso se realiza en sentido inverso; es decir, tirando hacia la máquina.

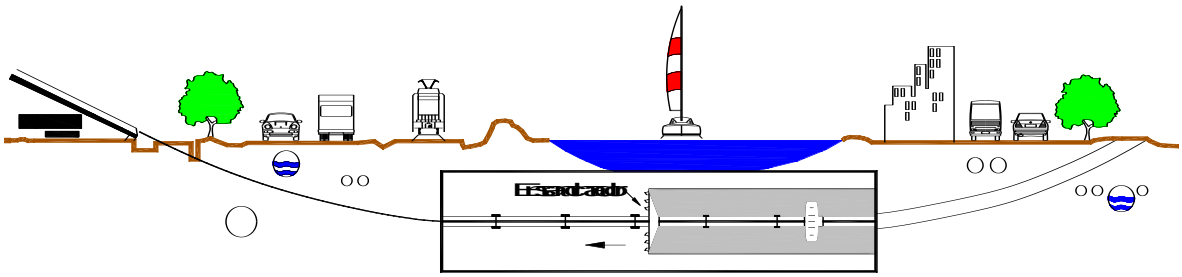


Ilustración 12: Fase 3 PHD - Escariado

Fase 4: Instalación del tubo

Finalmente se une la tubería, previamente soldada por termofusión en toda su longitud, a un cono escariador-ensanchador mediante una pieza de giro libre de modo que va quedando instalada en el túnel practicado.

Los tubos empleados serán de PEHD PE100 en color negro con bandas rojas según Especificaciones Técnicas del REE.

En el interior de cada tubo se instalará una cuerda de nylon de Ø10 mm.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

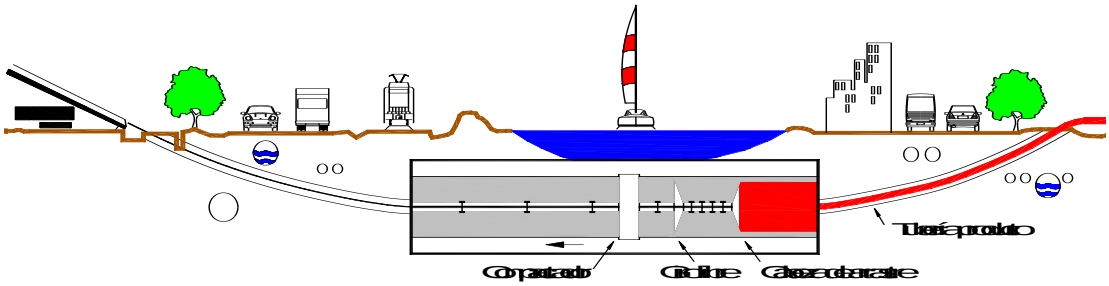


Ilustración 13: Fase 4 PHD - Instalación del tubo

7.6.1.3 Perforación horizontal dirigida de salida al mar

La PHD7 presenta un pozo de entrada terrestre y un pozo de salida marino. La perforación en la parte terrestre (pozo de entrada de la PHD7) se encuentra situada aproximadamente a 95 m sobre el nivel del mar, en un collado de la Central Nuclear de Lemoiz (nunca puesta en servicio), junto a los antiguos depósitos de agua de las instalaciones de la central.

La zona del pozo de salida de la perforación en la parte marina (zona de salida de la PHD7 al fondo marino) se sitúa en una zona con una profundidad aproximada de -16 m, zona de fondo rocoso irregular situada a 700 m del frente costero.

La superficie de ocupación temporal necesaria para la campa de trabajo de los equipos de perforación y de la maquinaria auxiliar será de 8.000 m^2.

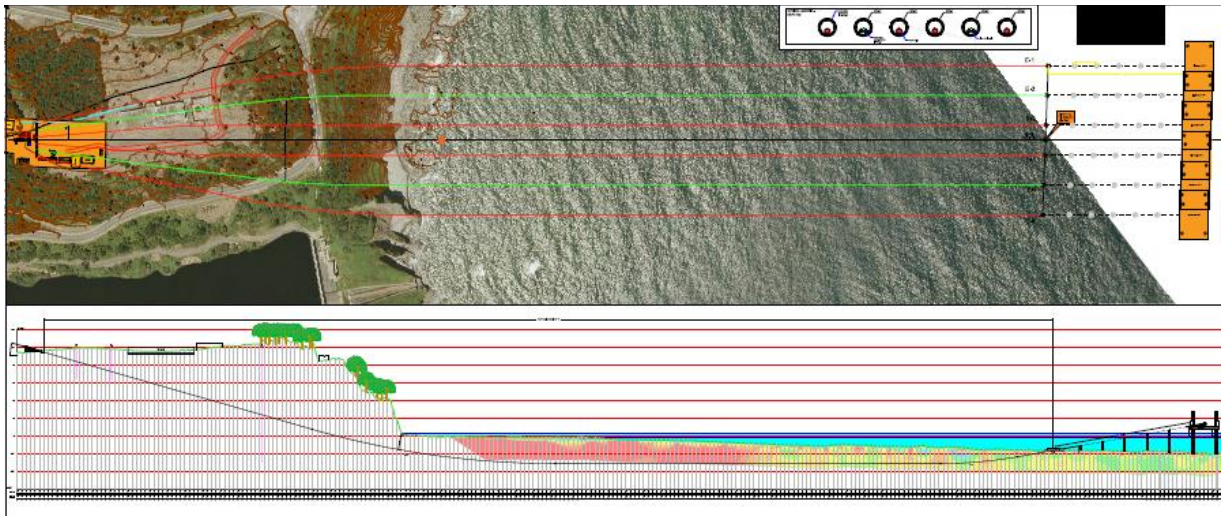


Ilustración 14: Perfil PHD salida al mar

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La finalidad de la PHD7 es dar salida al mar a los cables del doble enlace de corriente continua sin afectar a la carretera BI-3151 y al acantilado costero.

Debido a la gran diferencia de altura entre los puntos de entrada y salida de la perforación, a su elevada longitud, a que se encuentra ubicada en una zona rocosa y a que su punto de salida está en el mar, está perforación tendrá unas características constructivas diferentes a las perforaciones terrestres, si bien las fases para su ejecución serán esencialmente las mismas.

Punto de salida de cada perforación	UTM X	UTM Y	Z
E-1	511047.3	4809334.9	-17,6
E-2	511073.1	4809313.7	-16,8
E-3	511099.2	4809292.4	-16,9
E-4	511125.7	4809270.8	-16,7
E-5	511151.7	4809249.6	-16,2
E-6	511177.8	4809228.3	-15,5

Tabla 1. Puntos de salida de las PHD

En el plano nº 7983LSZ003 del Documento 3 - Planos se representa la sección de esta perforación, en la que utilizarán tubos de mayor diámetro que puedan soportar los esfuerzos de tiro durante la instalación y que, a la vez, proporcionen mayor holgura para el tendido de los cables submarinos. Por este mismo motivo los tubos de telecomunicaciones se instalarán en perforaciones independientes, estando los 4 tubos de cada enlace alojados en una vaina común.

Dada la peculiaridad de estas perforaciones de salida al mar y su elevada complejidad de ejecución se ha diseñado la vaina que recubre a los tubos de telecomunicaciones del mismo tamaño que los tubos para los cables de potencia. Esto permitirá poder utilizar estos tubos como sustitutos de los de potencia en el caso de que una avería futura obligue a instalar un nuevo tramo de cable y el tubo original quede inutilizable. De tal forma que la PHD7 estará compuesta por un total de 6 pozos de perforación con la finalidad de instalar por separado los 4 cables de potencia y los cables de fibra óptica.

En el punto de entrada de la perforación (en tierra), la separación entre las perforaciones será de 7,5 m. En el mar, la salida de cada una de las perforaciones estará separada 33 m. Cada uno de los pozos de perforación ira protegido por una tubería de Ø500 mm.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Esta configuración reduce el riesgo de deformación de la tubería cuando se coloquen los cables de alimentación y fibra óptica (tendido de los cables).

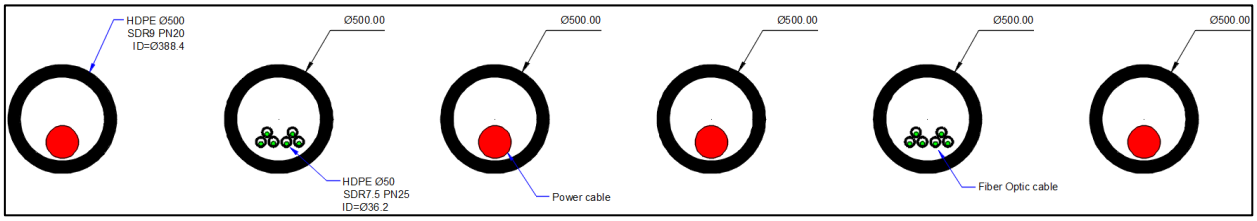


Ilustración 15: Configuración de las 6 perforaciones propuestas

7.6.1.3.1 Características del cable de potencia

Según el fabricante del cable de potencia durante el proceso de tendido se necesita un espacio libre entre el cable y la tubería fijado en 2,5 el diámetro del cable de alimentación. En el presente anteproyecto se considera: 150 mm x 2.5 = 375 mm.

El diámetro interior mínimo de las tuberías será entre 388 / 375 mm.

7.6.1.3.2 Características de las tuberías que recubrirán el agujero de la perforación

Las tuberías que recubrirían el agujero de perforación serán de HDPE (Polietileno de Alta Densidad). Las características principales de las mismas son las siguientes:

Diámetro exterior	500 mm	50 mm
Diámetro interior	388,4 mm	36,2 mm
Thickness	55,8 mm	6,9 mm
Material	HDPE	HDPE rc
PN	20	25
SDR	9	7,5
Available pull capacity	158,8 Tn	1,9 Tn
Supply w/coil (OD / H size)	OD.15m H:4m W:150Tn	

Tabla 1: Características de las tuberías

Los tubos tendrán unas dimensiones de 13 m de longitud. La soldadura de las tuberías se realizará según el estándar DVS-2207-1.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La zona propuesta para el almacenamiento y la soldadura de las tuberías necesarias para recubrir el agujero de la perforación estará situada en la carretera interior de las instalaciones de la central nuclear.

La ocupación prevista tendrá una anchura de unos 5 metros para facilitar la recogida de tuberías y el paso de la maquinaria. La salida al mar de las tuberías se realizará a través del pasadizo subterráneo situado al noroeste de la Central.

Para la ejecución de estas perforaciones se requerirá el uso de medios marinos que den soporte a los trabajos. Las elevadas fuerzas necesaria para realizar los trabajos de escariado, junto con la imposibilidad de poder recuperar las herramientas en el caso de que haya una rotura en le varillaje si se trabaja solo desde el lado de tierra, hacen necesaria la instalación de una plataforma tipo Jack Up en el mar.

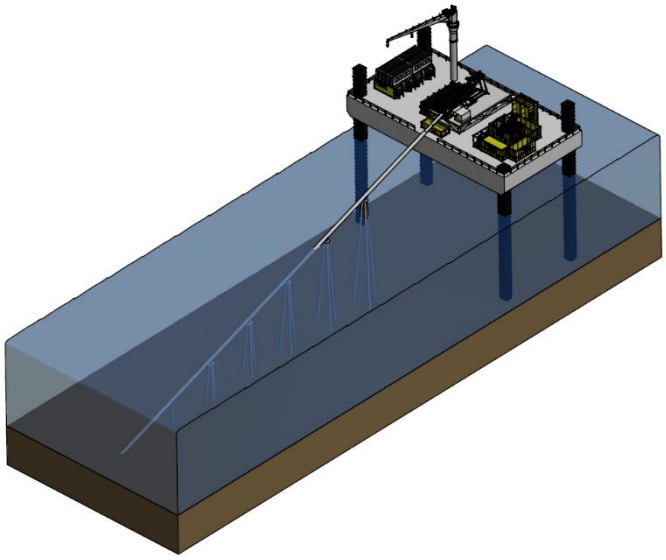


Ilustración 16: Plataforma tipo *Jack Up*

La perforación piloto se realizará desde tierra, de manera similar al caso de las perforaciones terrestres. En el punto de salida, debido a que se encuentra en una zona rocosa, será necesaria cierta adaptación del terreno para conseguir que la perforación salga en una zona uniforme. Para ello o bien se cortará la roca para eliminar las irregularidades o se verterá hormigón para conseguir el mismo efecto.

Para cada perforación la superficie a acondicionar será de aproximadamente 7 m de ancho, 23 m de largo (aproximadamente 160 m^2) para permitir tener una salida limpia y posibilitar el cambio de herramientas de trabajo y una profundidad variable, considerando una referencia

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

de altura de 4 m. Se llevará a cabo el rellenado del fondo con hormigón para corregir las irregulares existentes y conformar una superficie plana de salida de la perforación.

El volumen de material de cada perforación que se movilizará para preparar las 6 áreas de perforación será de 644 m^3.

La colocación de la plataforma permitirá realizar las operaciones de escariado tirando de la herramienta desde la máquina situada en tierra. Este método de trabajo, que es el mismo que se emplea en las perforaciones terrestres, permite recuperar la herramienta en el caso de rotura del varillaje durante la perforación. Además, el uso de una segunda máquina en la plataforma permite combinar los esfuerzos de tiro desde la parte terrestre con el par de empuje proporcionado por esta segunda máquina, lo que reduce los riesgos de rotura, a la vez que mejora los procesos de las operaciones de escariado, limpieza del túnel y facilita la preparación del tendido de los tubos.

Esta plataforma se situará a unos 150 m de la salida de cada perforación, a una cota batimétrica de entre -18 y -21 m, y tendrá unas dimensiones de unos 55,5 m x 32,3 m, suficiente para permitir la ubicación de la segunda máquina de perforación, así como para posibilitar el trabajo en unas condiciones seguras desde un punto de vista metoceánicos. Se deberá desplazar

La plataforma presenta 4 patas de unos 2,5-3 m de diámetro. La superficie de posado de las patas de la plataforma serán unos 5x5 m. Mediante un sistema hidráulico accionado por motores diésel, las patas de acero de la plataforma descienden de forma sincronizada (máx. 0,6 metros por minuto), hasta que se asientan en el fondo del mar. El sistema de anclaje se adaptará a las irregularidades del terreno, aterrizando con patas de base articuladas y, de ser necesario, inyectando hormigón a través de las propias patas para uniformizar el terreno. Una vez que la plataforma está elevada y soporta el peso de toda la estructura y el equipo sobre sus patas, será revisada por buzos o ROV, para asegurar que las patas están correctamente apoyadas en el fondo rocoso. Después de la comprobación, se realiza la elevación final de la plataforma.

Una vez finalizada cada perforación la plataforma se desplazará hasta la siguiente ubicación.

Adicionalmente a la instalación de la plataforma, puede ser necesaria la instalación de estructuras soportes ancladas al suelo entre el punto de salida de cada perforación y la plataforma para poder guiar y dar estabilidad al varillaje. Estos soportes se instalarían con una

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

separación de entre 25 y 30 m entre ellos, y requeriría igualmente acondicionar las irregularidades del fondo marino para su fijación al suelo.

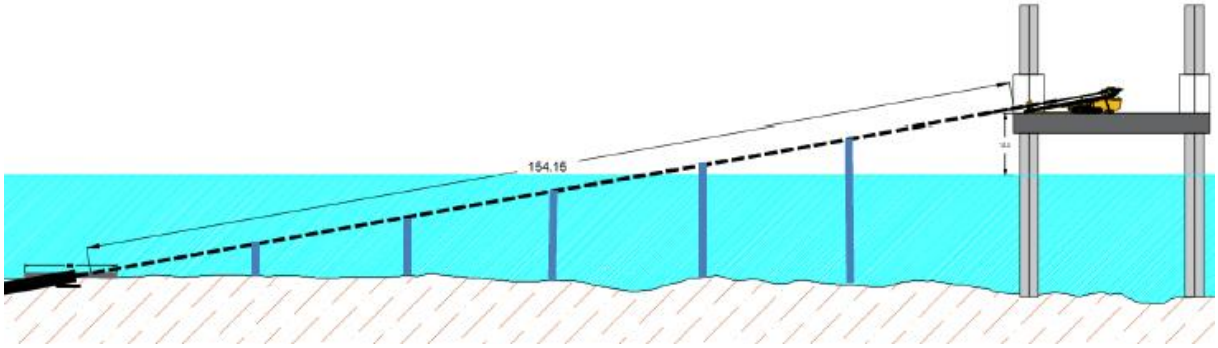


Ilustración 17: Detalle estructuras soporte y platafoma

Debido a que las perforaciones tienen su punto de salida en el mar, la bentonita usada en el proceso de perforación, una vez finalizada la perforación piloto, puede salir al mar, al igual que el material excavado.

Durante el proceso de la ejecución de la perforación piloto la mayor parte de la bentonita y del terreno excavado sale por el pozo de entrada de la perforación de la parte terrestre, Allí la bentonita es reciclada, de forma que puede ser reutilizada.

Durante las operaciones de escariado el túnel está abierto en ambos extremos y la cantidad de material y bentonita que sale al mar es mucho mayor. Debido a que el material a perforar es roca, es necesaria la utilización de un gran volumen de bentonita, por lo que la cantidad vertida al mar puede ser elevada. Por este motivo se ha planeado un sistema de recogida de la bentonita.

El sistema consistirá en adecuación de la zona de salida y la instalación de un recinto-contenedor para guiar y recoger en é la bentonita y el material excavado a la salida del túnel de la perforación. La bentonita será dragada hasta una embarcación situada en la superficie y se llevará a tierra para ser tratada.

7.6.2 CÁMARAS DE EMPALME

Tienen como objeto albergar los empalmes de los cables eléctricos de alta tensión en corriente continua. Las cámaras de empalme estarán enterradas, no serán accesibles desde el exterior y, una vez instalados los cables y confeccionados los empalmes, se rellenarán con arena

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

seleccionada de forma que en caso de defecto en un empalme esta absorba le energía liberada y minimice su impacto y se cubrirán con tapas de hormigón.

Las cámaras de empalme serán prefabricadas o de realización in-situ y cada una de ellas albergará únicamente empalmes del mismo enlace. Existirán dos tipos de cámaras de empalme, unas con puesta a tierra de las pantallas metálicas de los cables y otras en la que los empalmes que albergan no son seccionados y por tanto no es necesaria la realización de un anillo perimetral de tierras.

Las dimensiones exteriores aproximadas de las cámaras de empalme serán 2,4 m de ancho x 1 m de alto x 12,9 m de largo, estando situada su base a una profundidad de 2 m, conforme a los planos nº 7983LSC001 y nº 7983LSC002 del documento Nº 3 Planos del presente anteproyecto.

En cada una de las paredes cortas de la cámara existirán 2 huecos o pasamuros para la entrada de los tubos de diámetro 250 mm de los cables de potencia.

En la cámara se instalará una pletina de cobre estañado para la conexión a tierra de los soportes metálicos de los empalmes y para la puesta a tierra de los diferentes elementos que conforman la cámara.

En las cámaras con seccionamiento de pantallas, estas se comunicarán con la arqueta para la instalación de la caja de conexión de pantallas mediante 2 o 4 tubos en función de si la puesta a tierra se realiza a través de cables coaxiales o unipolares.

En el exterior de este tipo de cámaras se dispondrán dos dobles anillos perimetrales de tierra de cobre de 120 mm^2 colocados alrededor de la cámara, uno de ellos a la profundidad del fondo de la cámara y el otro a la profundidad de las tapas. Se dispondrán 4 insertos, unidos a la ferralla de la cámara, para unir a tierra la armadura metálica del hormigón.

En zonas donde el trazado presente fuertes pendientes a uno o ambos lados de la cámara de empalme, se instalarán unos módulos adicionales, llamados de *snaking*. a las mismas. Estos módulos pueden ser necesario en los dos lados de la cámara o solo en uno de ellos e irán también rellenos de arena. Su función es posibilitar dar a los cables una doble curvatura antes de entrar en la cámara gracias a la cual la arena pueda absorber los esfuerzos termomecánicos generados durante la operación del doble enlace, evitando que estos se transmitan al empalme. Estos módulos tienen unas dimensiones aproximadas de 2,2 m de

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ancho x 0,625 m de alto x 5,78 m de largo. La disposición de las cámaras de empalme con zona de *snaking* se muestra en los planos nº 7983LSC003 y nº 7983LSC004. La decisión sobre la necesidad o no de instalar estos módulos depende del suministrador del sistema del cable, en función de la longitud y sección de las bobinas y de la capacidad del diseño del empalme para soportar esfuerzos axiales.

Para limitar la ocupación del doble enlace en la zona de las cámaras de empalme, lo que es importante sobre todo en la zona más septentrional, donde el trazado discurre por caminos de un ancho limitado, se prevé la ubicación de las cámaras en forma contrapeada, es decir, que se sitúen las cámaras de ambos circuitos en paralelo una junto a la otra.

La cámara de transición entre cables subterráneos y submarinos será semejante a la cámara de empalme para puesta a tierra de las pantallas metálicas, con la particularidad que contará con un dispositivo de anclaje para la puesta a tierra de las armaduras de los cables submarinos. En función del fabricante del sistema del cable, podría ser necesario que la cámara de transición tenga unas longitudes ligeramente mayores.

Las bobinas de cables serán transportadas hasta las cámaras de empalme donde se realizarán plataformas adecuadas para permitir su ubicación y el tendido. En otras cámaras se realizarán plataformas más reducidas para el posicionamiento de las máquinas de tiro que podrán consistir en una simple compactación del terreno. En determinados casos las cámaras llevarán una plataforma para las bobinas en uno de sus extremos y en el otro una plataforma para la cámara de tiro.

Una vez construida o colocada la cámara de empalme en su sitio –según éstas sean de fabricación *in situ* o prefabricadas- se procederá a la conexión de los distintos tubos de la canalización con la cámara. Una vez embocados los tubos se procederá a su sellado.

Para finalizar estas tareas se rellenará el espacio entre la cámara y el terreno con un hormigón de limpieza tipo HM-12.5 hasta una cota de 300 mm por debajo de la cota del terreno.

Las cámaras de empalme no dejarán por sí mismas ningún registro sobre la superficie.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.6.3 ARQUETAS DE TELECOMUNICACIONES

Para poder realizar los empalmes de los cables de fibra óptica necesarios para las comunicaciones entre las subestaciones y como ayuda para el tendido de los mismos se requiere la instalación de arquetas de telecomunicaciones.

Las arquetas tendrán unas dimensiones de 815 m x 1425 x 1.200 mm.

Las arquetas sencillas se instalarán según la tabla adjunta:

Instalación arquetas sencillas telecomunicaciones	
Distancia (m) entre cámaras de empalme / cámara de empalme y subestación o cámara de empalme y apoyo transición aéreo-subterráneo	**Nº arquetas sencillas**
≤ 500	0
500 < x ≤ 1000	1
1000 ≤ x ≤ 1500	2

Tabla 1. Distancias para instalación de arquetas sencillas de telecomunicaciones

Las arquetas dobles se instalarán en cada cámara de empalme, al principio y al final de cada perforación dirigida, en las proximidades de los soportes metálicos de los parques tipo intemperie y en los puntos singulares del trazado, según proyectista de la instalación.

Los cables de telecomunicaciones no se deberán introducir en las cámaras de empalme de los cables de potencia para lo cual se realizará un desvío por fuera de la cámara de empalme desde la zanja conjunta de los cables de potencia y de los cables de telecomunicaciones hasta la arqueta doble de telecomunicaciones situada en las proximidades de la cámara de empalme.

La zanja tipo de telecomunicaciones para la conexión de los tubos de telecomunicaciones con las arquetas de telecomunicaciones se realizará según el plano nº 7983LST001 incluido en el Documento 3 - Planos.

Las arquetas serán según ET202 de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) o polipropileno reforzado con cargas minerales con nervaduras exteriores para soportar la presión exterior y según los planos nº 7983LST002 del Documento 3 - Planos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Las arquetas se emplearán como “encofrado perdido” rellenado sus laterales tanto paredes como solera con hormigón de 20 cm de espesor mínimo en las arquetas sencillas y 25 cm de espesor mínimo en las arquetas dobles. La pared de hormigón deberá ser continua desde el suelo hasta recoger el cerco de la tapa de fundición.

En la base de cada arqueta se dispondrá un hueco sumidero con forma circular de 150 mm de diámetro para facilitar el drenaje de las aguas que pueda recoger el conjunto. Debajo de la arqueta se dispondrá un dado de 500x500x500mm de tamaño de árido 20 mm para facilitar el drenaje.

Las arquetas dispondrán de las correspondientes tapas de fundición homologadas con el logotipo de RED ELÉCTRICA, según se trate de instalación en calzada (D-400) o acera (B-125), según se indica en la documentación constructiva.

Los tubos de telecomunicaciones entrarán en las arquetas en el punto medio de la cara menor y de forma perpendicular a ella, a una altura de 250 mm desde el suelo de la arqueta. El corte del prefabricado para la entrada de los tubos se realizará mediante corona de corte circular. En ningún caso se permitirá romper el prefabricado a golpes o por cualquier otro medio que no sea el anteriormente descrito.

Del mismo modo que para las cámaras de empalme, y con el mismo objetivo de optimización, será requerirá que sea el contratista de cada enlace quién proponga el número y localización de las arquetas de telecomunicaciones, tanto simples como dobles, en función de la longitud máxima de fabricación y la longitud máxima que sea capaz de tender por impulsión.

En todas las arquetas de telecomunicaciones, tanto sencillas como dobles, los tubos de telecomunicaciones quedarán en paso. Cuando sea estrictamente necesario los tubos de telecomunicaciones se podrán cortar en el interior de las arquetas, estando prohibido su corte en puntos intermedios entre arquetas, salvo autorización expresa de RED ELÉCTRICA. En aquellas arquetas en las que sea necesario realizar el corte de los tubos se realizará a 30 cm de la pared interior de la arqueta y se realizará su unión mediante los correspondientes manguitos o empalmes de unión normalizados que sean capaces de asegurar su estanqueidad.

Para asegurar que el enlace de telecomunicaciones se ha ejecutado convenientemente, se llevará a cabo entre tramos completos comprendidos entre arquetas dobles, un ensayo de

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

estanqueidad. Se hará taponando un extremo del tubo, ejerciendo por el otro extremo a través de un compresor de aire dotado de manómetro una presión interna de 7 bares durante 15 min.

Se considerará que el ensayo es apto si una vez estabilizada la presión inicial de ensayo, no se producen variaciones de la misma (o lo que es lo mismo, no se producen pérdidas de aire) durante los 15 minutos de monitorización posterior.

7.6.4 ARQUETAS ESTANCA PARA LA CAJA DE CONEXIÓN DE PANTALLAS

Están destinadas a albergar en su interior una caja de conexión de las pantallas de los cables eléctricos de alta tensión en corriente continua o caja de puesta a tierra. La arqueta será estanca e irá siempre situada contigua a una cámara que albergue empalmes con seccionamiento de pantallas.

La arqueta estará constituida por una pieza monobloque de dimensiones exteriores aproximadas 1850 x 1685 x 1950 mm (largo x ancho x alto) con una tapa estanca de acceso en su cubierta según plano nº 7983LSC005 del Documento 3 – Planos.

La arqueta dispondrá de suficientes pasamuros para embocar a los tubos que comunican con la cámara.

La tapa de acceso será estanca, cumplirá con una clase de carga D-400, será resistente a la corrosión para las condiciones atmosféricas que puedan darse en el lugar de instalación de las cámaras y permitirá la apertura y cierre sin esfuerzos mediante resortes a gas u otro procedimiento. Estará provista de un grabado antideslizante para evitar posibles accidentes e incluirá un sistema antirrobo a base de cerradura de seguridad.

La cota de paso útil de la tapa a la arqueta será de 1000 x 1000 mm.

En la pared trasera por el interior de la arqueta se dispondrán 4 carriles, 2 en vertical y 2 en horizontal, para la sustentación de la caja de conexión de pantallas.

La arqueta dispondrá de pates de material plástico cada 300 mm para facilitar el acceso a su interior. A 630 mm del suelo se dispondrá de un tramex por encima de los cables de conexión de pantallas y los cables de acompañamiento de forma que se pueda entrar en la arqueta sin interferir con ellos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Por la parte interna se instalará semiperimetralmente una pletina de cobre estañada a la que se conectarán el cable que va a la caja de conexión de pantallas y el cable que va a la pipa de la ferralla del cuerpo de la arqueta, así como todos los elementos metálicos del interior de la arqueta (soportes metálicos de sujeción del tramex, tapa de acceso a la arqueta, etc.).

En la arqueta se dispondrá de dos insertos de tierra para conectar la pletina interior con el anillo perimetral y de un inserto adicional para unir a tierra la armadura metálica del hormigón.

7.6.5 MANDRILADO

Una vez finalizada la obra civil, para comprobar que se ha realizado adecuadamente, se realizará el mandrilado en los dos sentidos de todos los tubos (tubos de los cables de potencia, y tubos de telecomunicaciones).

Para realizar dicho mandrilado se emplearán mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo, debiendo ser el diámetro de las esferas ≥85% y ≤ 90% del diámetro interior del tubo con menor diámetro interior existente en el tramo de canalización a mandrilar.

En aquellos casos en los que un mismo tramo conste de tubos de características diferentes (por ejemplo: cuando ese tramo conste de una perforación dirigida) deberá realizarse un mandrilado parcial en cada uno de los subtramos con los mandriles adecuados a las dimensiones interiores de los tubos de cada tramo, así como un mandrilado completo de todo el tramo utilizando en este caso un mandril cuyas dimensiones garanticen que el diámetro de las esferas sea ≥85% y ≤ 90% del diámetro interior del tubo con menor diámetro interior existente en el tramo de canalización a mandrilar.

Para los tubos de los cables de potencia las dimensiones de los mandriles se indican en el Documento 3 - Planos, en los planos nº 7983LSMA001.

La operación de mandrilado de los tubos de los cables de potencia se realizará según se describe a continuación:

- Tirando de la cuerda guía existente en los tubos se instalará en su interior un cable piloto de acero trenzado de diámetro ≥ 13 mm.
- En uno de los extremos de la canalización se conectará al cable piloto el conjunto antigiratorio+cepillo+mandril y en el otro extremo el cabrestante (o máquina de tiro que

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

disponga de registradora digital, como mínimo cada 5 m, de los esfuerzos de tiro y velocidad de tendido)

- A continuación, se realizará el tarado de la registradora digital, de tal forma que el origen de los registros coincida con el origen de la canalización entubada y el final del registro del tramo coincidirá con el final de la canalización entubada.
- El conjunto antigiratorio+cepillo+mandril deberá recorrer la totalidad de los tubos y deberá deslizarse por ellos sin aparente dificultad. El mandril deberá arrastrar a su vez un nuevo cable piloto de acero trenzado de diámetro ≥ 13 mm que permitirá extraer el mandril por el lado contrario en caso de quedar atrapado.
- Después se tirará del cable piloto instalando una cuerda guía de ø ≥10 mm y carga de rotura ≥1850 kg que sirva para el tendido posterior de los cables de potencia y acompañamiento.

No se permitirá el mandrilado de los tubos de los cables de potencia de tal forma que la cuerda guía arrastrase directamente al conjunto antigiratorio, cepillo y mandril. El esfuerzo durante el mandrilado deberá ser inferior a 750 kg de forma continuada, permitiendo valores de pico máximos de 1000 kg. Por tanto, el esfuerzo máximo de tiro de la máquina de tiro quedará limitado en ese valor.

La operación de mandrilado de los tubos de telecomunicaciones se realizará según se describe a continuación:

- El mandrilado se hará mediante impulsión neumática o “soplado” de un calibre con sonda entre arquetas dobles consecutivas.

Una vez realizado el mandrilado no será necesario dejar cuerda guía en el interior de los tubos excepto en los tramos de perforaciones dirigidas en los que se deberá instalar cuerda guía de ø ≥6 mm y carga de rotura ≥500 kg entre las arquetas dobles de telecomunicaciones situadas a ambos lados de la perforación.

7.6.6 SEÑALIZACIÓN LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

En los tramos de líneas subterráneas que discurren por entornos rurales o periurbanos se instalarán hitos de señalización según especificación técnica de RED ELÉCTRICA ET068.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.7 TENDIDO TRAMO SUBTERRÁNEO

El tendido de los cables de potencia consiste en desplegar los mismos a lo largo de la línea, pasándolos por los rodillos o tubos situados en la canalización. Antes de empezar el tendido de los cables habrá que limpiar el interior del tubo, asegurar que no haya cantos vivos, aristas y que los tubos estén sin taponamientos. Con este fin antes de iniciar el tendido de los cables se realizará un nuevo mandrilado de todos los tubos de la instalación.

Para realizar dicho mandrilado se emplearán mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo, debiendo ser el diámetro de las esferas ≥85% y ≤ 90% del diámetro interior del tubo con menor diámetro interior existente en el tramo de canalización a mandrilar.

En aquellos casos en los que un mismo tramo conste de tubos de características diferentes (por ejemplo: cuando ese tramo conste de una perforación dirigida) deberá realizarse un mandrilado parcial en cada uno de los subtramos con los mandriles adecuados a las dimensiones interiores de los tubos de cada tramo, así como un mandrilado completo de todo el tramo utilizando en este caso un mandril cuyas dimensiones garanticen que el diámetro de las esferas sea ≥85% y ≤ 90% del diámetro interior del tubo con menor diámetro interior existente en el tramo de canalización a mandrilar.

Para los tubos de los cables de potencia las dimensiones de los mandriles se indican en el Documento 3 - Planos, en los planos nº 7983LSMA001.

La operación de mandrilado de los tubos de los cables de potencia y acompañamiento se realizará según se describe a continuación:

- Tirando de la cuerda guía existente en los tubos se instalará en su interior un cable piloto de acero trenzado de diámetro ≥ 13 mm.
- En uno de los extremos de la canalización se conectará al cable piloto el conjunto antigiratorio + cepillo + mandril y en el otro extremo el cabrestante (o máquina de tiro que disponga de registradora digital, como mínimo cada 5 m, de los esfuerzos de tiro y velocidad de tendido)
- A continuación, se realizará el tarado de la registradora digital, de tal forma que el origen de los registros coincida con el origen de la canalización entubada y el final del registro del tramo coincidirá con el final de la canalización entubada.
- El conjunto antigiratorio + cepillo + mandril deberá recorrer la totalidad de los tubos y deberá deslizarse por ellos sin aparente dificultad. El mandril deberá arrastrar a su vez

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

un nuevo cable piloto de acero trenzado de diámetro ≥ 20 mm que permitirá extraer el mandril por el lado contrario en caso de quedar atrapado.

- Tirando de este último cable piloto de acero trenzado de diámetro ≥ 20 mm se instalará el cable de potencia en el interior de los tubos.

No se permitirá el mandrilado de los tubos de los cables de potencia o acompañamiento de tal forma que la cuerda guía arrastrase directamente al conjunto antigiratorio, cepillo y mandril. El esfuerzo durante el mandrilado deberá ser inferior a 750 kg de forma continuada, permitiendo valores de pico máximos de 1000 kg. Por tanto, el esfuerzo máximo de tiro de la máquina de tiro quedará limitado en ese valor.

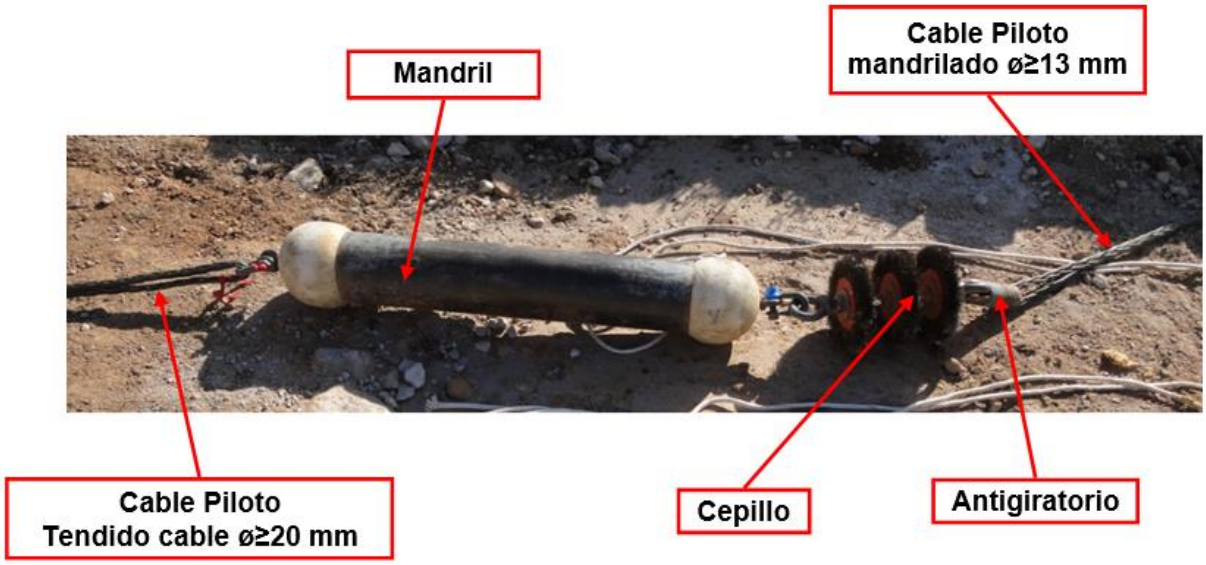


Ilustración 18: Conjunto antigiratorio-cepillo-mandril

El cable piloto para el mandrilado deberá ser de acero trenzado de diámetro ≥ 13 mm y el cable piloto para el tendido de los cables de potencia deberá ser de acero trenzado de diámetro ≥ 20 mm y carga de rotura mayor o igual al esfuerzo máximo de tiro permitido multiplicado por un coeficiente de seguridad de 3.

El cabezal de tiro debe tener forma de “ojiva” o “bala” con aristas redondeadas. Deberá soportar un esfuerzo de tiro al esfuerzo máximo de tiro permitido multiplicado por un coeficiente de seguridad de 1,5.

El cabezal de tiro se unirá al conductor del cable y no se permitirá un diseño de cabezal que transmita ningún esfuerzo sobre el resto de capas del cable.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La conexión entre el cabezal de tiro y el cable piloto se realizará a través de un dispositivo antigiro sin ningún otro elemento de conexión (grilletes, etc...).



Ilustración 19: Conexión entre cabezal de tiro y cable piloto

Igualmente, antes de empezar el tendido de los cables se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el mismo y así mismo poder asignar el extremo de la instalación desde donde se debe realizar el esfuerzo de tiro. En el caso de trazado con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente. Las bobinas se situarán alineadas con la traza de la línea. El ángulo de tiro del cable con la horizontal no será superior a 10º.

Si existiesen curvas o puntos de paso dificultoso, próximos a uno de los extremos de la canalización, es preferible situar la bobina en ese extremo a fin de que el coeficiente de rozamiento sea el menor posible.

El traslado de las bobinas se realizará mediante vehículo transportándose siempre de pie y nunca tumbadas sobre uno de los platos laterales. Las bobinas estarán inmovilizadas por medio de cuñas adecuadas para evitar el desplazamiento lateral. Tanto las trabas como las cuñas es conveniente que estén clavadas en el suelo de la plataforma de transporte. El eje de la bobina se dispondrá preferentemente perpendicular al sentido de la marcha.

En el caso de que la bobina esté protegida con duelas de madera, debe cuidarse la integridad de las mismas, ya que las roturas suelen producir astillas hacia el interior, con el consiguiente peligro para el cable.

El manejo de la bobina se debe efectuar mediante grúa quedando terminantemente prohibido el desplazamiento de la bobina rodándola por el suelo. La bobina se suspenderá mediante una barra de dimensiones suficientes que pase por los agujeros centrales de los platos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Las cadenas o sirgas de izado tendrán un separador por encima de la bobina que impida que se apoyen directamente sobre los platos.

Estará terminantemente prohibido el apilamiento de bobinas. El almacenamiento no se deberá hacer sobre suelo blando, y deberá evitarse que la parte inferior de la bobina esté permanentemente en contacto con agua. En lugares húmedos es aconsejable disponer de una ventilación adecuada, separando las bobinas entre sí. Si las bobinas tuvieran que estar almacenadas durante un período largo, es aconsejable cubrirlas para que no estén expuestas directamente a la intemperie.

Para realizar el tendido de los cables se empleará el sistema de tiro con freno y cabrestante. Tanto el cabrestante como la máquina de frenado deberán estar anclados sólidamente al suelo para que no se desplacen ni muevan en las peores condiciones de funcionamiento.

Los cabrestantes se utilizarán para tirar de los cables por medio de cables pilotos auxiliares y estarán accionados por un motor autónomo que deberá permitir el control de la velocidad de tendido y del esfuerzo de tiro. En la placa de características se indicará su fuerza de tracción. Dispondrá de rebobinadora para los cables piloto. También deberá disponer de dispositivo de parada automática y registrador digital de los esfuerzos de tiro y velocidad de tendido como mínimo cada 5 metros. Deberá cumplir con lo estipulado en el RD 1215/97, marcado CE o la legislación correspondiente en vigor. Antes del inicio de los trabajos, se procederá al calibrado del limitador de tiro, el cual se realizará en función de las tracciones a realizar. La máquina de tiro y su registrador digital deberá disponer del correspondiente certificado de calibración vigente.

La máquina de frenado estará compuesta por un sistema de gatos hidráulicos, eje soporte de bobina y dispositivo hidráulico de frenado. Los pies de soporte del eje deben estar dimensionados para asegurar la estabilidad de la bobina durante su rotación. El cable, al salir de la bobina, se mantendrá a la tensión mecánica suficiente para que no se produzcan flojedades y para que el cable no pueda adoptar radios de curvaturas inferiores el mínimo permitido. Deberá disponer de dinamómetro y el sistema de frenado deberá ser adecuado a la bobina a tender. Deberá cumplir con lo estipulado en el R.D. 1644/08 (marcado CE) o adecuación según RD 1215/97 o la legislación correspondiente en vigor. El dispositivo de frenado deberá ser reversible y actuar de cabrestante en caso de necesidad.

Cuando la bobina esté suspendida por el eje, de forma que pueda hacerse rodar, se quitarán las duelas de protección, de forma que ni ellas ni el útil empleado para desclavarlas puedan

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

dañar el cable, y se inspeccionará la superficie interior de las tapas para eliminar cualquier elemento saliente que pudiera dañar al cable (clavos, astillas, etc.).

Durante el tendido, en todos los puntos estratégicos, se situarán los operarios necesarios provistos de radioteléfonos y en disposición de poder detener la operación de inmediato. Los radioteléfonos se probarán antes del inicio de cualquiera de las operaciones de tendido.

A la salida de la bobina es recomendable colocar un rodillo de mayor anchura con protección lateral para abarcar las distintas posiciones del cable a lo ancho de la bobina. Para facilitar el tendido se considerará también la instalación de empujadores entre el carrete de la bobina y la entrada a los tubos, así como otros sistemas.

La extracción del cable se realizará por la parte superior de la bobina mediante la rotación de la misma, alrededor de su eje y en el sentido indicado por el fabricante.

Durante el tendido hay que proteger el cable de las bocas del tubo para evitar daños en la cubierta. Para conseguirlo se colocará un rodillo a la entrada del tubo, que conduzca el cable por el centro del mismo, o mediante boquillas protectoras.

Deberá comprobarse que en todo momento los cables se deslizan suavemente sobre los rodillos y tubos.

El desenrollado deberá ser lento, para evitar que las capas superiores penetren entre las inferiores debido a la presión con el consiguiente trabado del cable.

La extracción del cable, tirando del mismo, deberá estar perfectamente sincronizada con el frenado de la bobina. Al dejar de tirar del cable habrá que frenar inmediatamente la bobina, ya que de lo contrario la inercia de la bobina hará que ésta siga desenrollando cable, lo que llevará a la formación de un bucle.

Queda terminantemente prohibido someter al cable a esfuerzos de flexión que pueden provocar su deformación permanente, con formación de oquedades en el aislamiento y la rotura o pérdida de sección en las pantallas.

Se observará el estado de los cables a medida que vayan saliendo de la bobina con objeto de detectar los posibles deterioros.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Se deberá realizar un estudio de las tracciones necesarias para efectuar el tendido, con el fin de que, debido al trazado de la línea, no sea preciso sobrepasar las tracciones antes mencionadas.

Para disminuir el rozamiento, y por tanto el esfuerzo de tiro, se deberá poner grasa neutra en la cubierta exterior del cable, siguiendo las instrucciones del fabricante, antes de introducirlo en el tubo. Estará prohibido el tendido de cables por el interior de tubos sin aplicar grasa neutra.

En el caso de que las tensiones de tendido necesarias para tender el cable entre dos cámaras de empalme fueran superior a la tensión máxima de tiro que soportan los cables se deberán realizar entre las cámaras de empalme arquetas intermedias de ayuda al tendido para la instalación de empujadores que reduzcan las tensiones a las que se ven sometido los cables. En el documento nº 3 Planos del presente anteproyecto se adjuntan el plano nº INELLSV001 con el diseño tipo de la arqueta de ayuda al tendido para cada enlace. En el caso de que las arquetas sean provisionales, se les dará continuidad, una vez tendido el cable, mediante tubos cortados o medias cañas que, a su vez, serán hormigonados.

Se deberá limitar la máquina de tiro al esfuerzo de tiro máximo permitido. La velocidad máxima de tendido será 20 m/min. Será preciso vigilar en todo momento que no se produzcan esfuerzos laterales importantes con las aletas de las bobinas.

Se deberá tener especial cuidado cuando el tendido de la bobina llegue a su final, ya que se deberá tener previsto un sistema, que sujete la cola del cable y a la vez mantenga la tensión de tendido.

En el caso de temperaturas inferiores a 5 ºC, el aislamiento de los cables adquiere una cierta rigidez que no permite su manipulación. Así pues, cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 ºC no se permitirá realizar el tendido del cable.

Una vez instalado el cable, deben taparse las bocas de los tubos en las cámaras de empalme para evitar la entrada de gases, aguas o roedores, mediante un procedimiento de impermeabilización aprobado por RED ELÉCTRICA.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja, zonas de empalme y terminales, sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos. Lo mismo es aplicable al

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

extremo de cable que haya quedado en la bobina. Para este cometido, se deberán usar manguitos termoretráctiles.

Cuando dos cables vayan a ser empalmados sus puntas se tenderán hasta el final de la cámara de empalme para conseguir el suficiente solapamiento que permita realizar el empalme con seguridad, ya que al haber sido sometidas las puntas de los cables a un mayor esfuerzo, podrían haberse producido desplazamientos entre las capas que constituyen los cables.

7.8 TENDIDO TRAMO SUBMARINO

Después de la fabricación y ensayos en fábrica de los cables submarinos, éstos serán transferidos a grandes plataformas giratorias en las fábricas y desde allí se cargarán directamente a los carruseles de los barcos encargados del tendido.

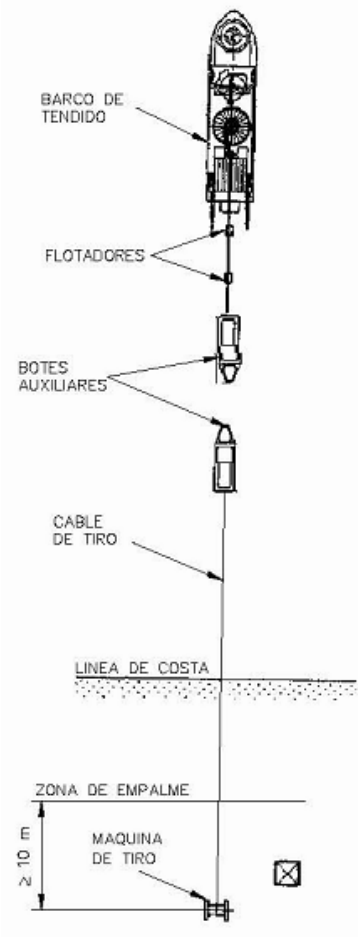
Los barcos estarán equipados con sistemas de posicionamiento GPS dinámicos para seguir exactamente las trayectorias prefijadas y mantenerse fijos cuando las condiciones del mar requieran suspender durante unas horas los trabajos de tendido.

Los cuatro cables de potencia serán tendidos individualmente. Uno de los cables de cada enlace se instalará junto con un cable de FO de Telecomunicaciones. Este cabe de FO se adosa al cable de potencia una vez ha abandonado el carrusel giratorio, justo antes de abandonar la cubierta del barco hacia el mar.

El método de tendido, a grandes rasgos, puede describirse como sigue. Para comenzar las operaciones de tendido el barco se situará lo más cerca posible de la costa en línea con la dirección de la ruta a seguir por los cables. El barco, para mantener la posición preestablecida sin necesidad de muertos o amarres, utilizará su propio sistema de posicionamiento dinámico.

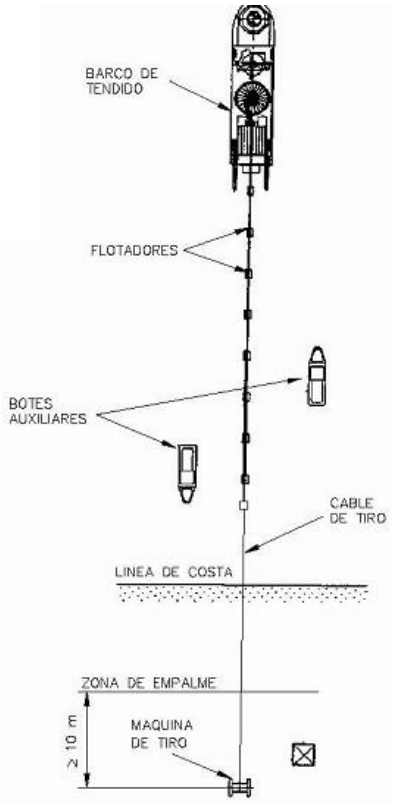
Cuando el barco esté situado correctamente, el cable submarino será lentamente descargado desde el barco con una serie de flotadores hinchables y tendido hacia la costa por medio de botes auxiliares. Por otro lado, se instalará una máquina de tiro en tierra, y se tenderá un cable piloto de tiro con ayuda de otro bote auxiliar. El número de botes auxiliares necesarios para realizar esta operación dependerá de las condiciones atmosféricas y la distancia de flotación necesaria.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

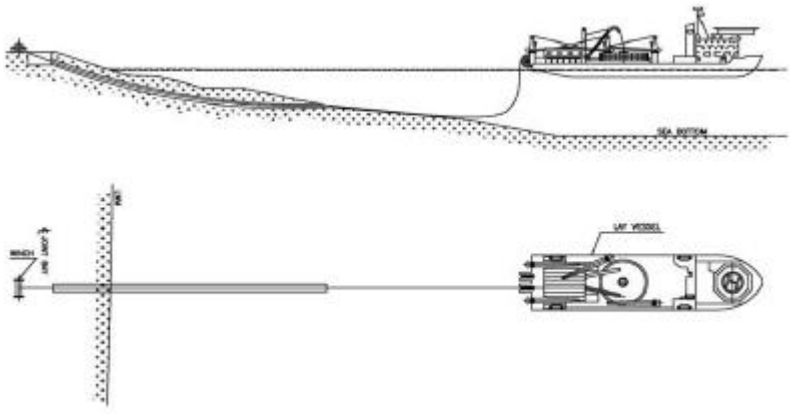


La llegada de los cables submarinos a tierra se realizará a través de perforaciones horizontales dirigidas. El cable piloto se introducirá en los tubos de las perforaciones horizontales dirigidas gracias a una cuerda guía de nylon que se dejará en el interior de los tubos a tal efecto y se conectará a la máquina de tiro. En el otro extremo será conectado al cabezal del cable submarino. Entonces se empezará a tirar del cable piloto hasta la máquina de tiro situada en tierra. Con la ayuda de buceadores especializados se introducirá el cable submarino en el interior del tubo de la perforación, mientras, simultáneamente, el barco va entregando más cable en los flotadores hinchables.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Finalizada la operación de tendido el cable será sumergido en el fondo del mar por los buceadores, quienes irán retirando los flotadores hinchables del cable y posicionándolo en el fondo del mar.



Una vez realizado el tendido en la zona de salida, el barco procede a recorrer la traza del cable correspondiente. En su avance el barco de tendido va depositando el cable en el fondo marino, siguiendo en todo momento la trayectoria prefijada. El cable se desenrolla desde la plataforma de almacenamiento del barco de forma paulatina y ajustada al avance del mismo. Abandona la plataforma siguiendo las poleas y guías dispuestas en la cubierta, se descuelga

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

por la popa y, formando una amplia curva, se deposita en el fondo del mar siguiendo la estela del navío. El peso del cable hace que se sitúe exactamente en la traza definida.

Para poder seguir en todo momento la trayectoria prefijada el barco está dotado de un sistema de posicionamiento dinámico. La navegación estará basada en el uso del DGPS (Diferencial Global Positioning System). El GPS es un sistema de medida de distancia donde el receptor, situado a bordo del barco de tendido, mide la distancia simultáneamente de todos los satélites GPS sobre el horizonte.

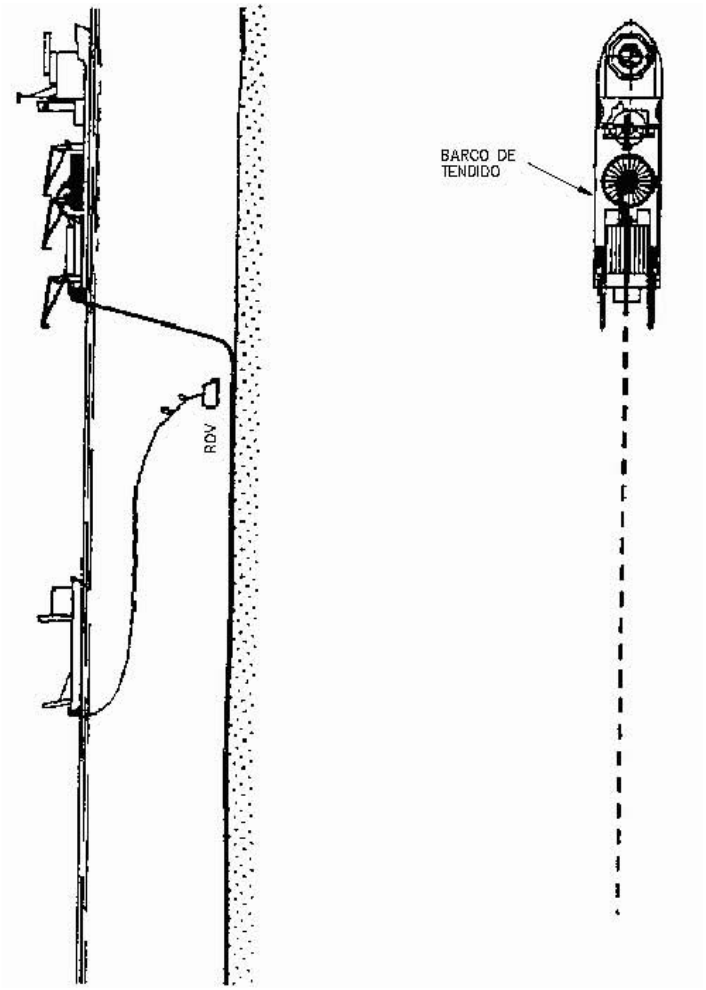
El tendido del cable estará basado en el perfil y en las características del fondo marino. Para ello se realizarán campañas de investigación marinas antes del tendido para confirmar los datos obtenidos en la fase de estudio del anteproyecto y tener en cuenta las posibles variaciones que hayan podido surgir en el fondo desde la realización de estos estudios. Con estos estudios se determinará los parámetros de tendido.

Para comparar estos valores precalculados y asegurar que el cable es depositado adecuadamente sobre el fondo marino según el trazado previsto, se monitorizará la siguiente información:

- Posicionamiento del barco de tendido.
- Velocidad y dirección del viento.
- Profundidad.
- Longitud del cable ya tendido.
- Velocidad de suministro del cable.
- Tensión del cable y ángulo de la bobina de tendido.
- Posicionamiento del cable en el lecho marino (*touch down monitoring, TDM)*
- Posición del vehículo de control remoto (ROV) que realiza el TDM.

En la monitorización del posicionamiento del cable en el lecho marino, TDM, se detecta el punto de contacto o posado del cable mediante un vehículo de control remoto. Esta monitorización permite controlar que no se apoye el cable sobre obstáculos aislados y que no se produzcan "*free spans*" o vanos libres entre apoyos del cable en irregularidades locales del fondo marino. El ROV operará desde el mismo barco cablero o desde un barco de apoyo independiente con su propio sistema de posicionamiento dinámico.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Este proceso de tendido se realizará de forma continua en todo el trazado submarino hasta la llegada a la frontera francesa.

7.9 PROTECCIÓN TRAMO SUBMARINO

Los cables serán protegidos en todo su recorrido. En función del tipo de suelo marino encontrado se escogerá el método de protección, dando preferencia a la protección del cable por enterramiento.

En los suelos de tipo arenoso, arcilloso-arenoso o de arcillas blandas o medias se utilizarán los métodos de protección denominados *jetting* y *ploughing*. En zonas con suelos de mayor dureza, como arcillas duras, así come en zonas cortas con afloramientos rocosos regulares se podrán utilizar zanjadoras mecánicas (*trenching)*. Finalmente, en áreas con suelo predominantemente rocoso, el cual es además en esta zona de alta dureza, el enterramiento deja de ser el método más adecuado y los cables se protegerán vertiendo roca sobre ellos, mediante la técnica conocida como *rock dumping*.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Jetting

Es un método de protección que se realiza posteriormente al tendido. Se utilizará un barco desde el que se manejará remotamente un vehículo submarino que descenderá hasta colocarse sobre el cable. El citado submarino irá provisto de un mecanismo de inyección de chorros de agua a alta presión, que licuará el terreno bajo y alrededor del cable, permitiendo que el cable se hunda a través de los sedimentos en suspensión hacia el fondo de la zanja según el mecanismo avanza hacia adelante. Cuando la máquina se haya desplazado suficientemente para que la presión del agua en la zanja sea la normal, los sedimentos en suspensión se asentarán en el fondo, solidificándose de nuevo y rellenando por sí mismos la zanja.

El vehículo submarino es dirigido desde la superficie, siendo manejados los controles del aparato desde el barco con el apoyo de las cámaras de las que está provisto. La alimentación del ROV y su se realiza desde un barco de apoyo.

Ploughing

Es un método de protección en el que el tendido y el soterramiento se realizan de forma simultánea. En él el cable se carga en la herramienta denominada *plough* (arado) la cual es depositada en el lecho marino desde el barco de tendido.

Una vez en el fondo el *plough* es remolcado y la reja penetra en el suelo marino hasta la profundidad de enterramiento a la cual la herramienta ha sido graduada. El cable se desenrolla de la plataforma del barco a la misma velocidad de avance de la herramienta y pasa a través del cuerpo del *plough* y de la guía para el soterramiento situada tras la reja, quedando enterrado a la profundidad objetivo. El surco creado por la herramienta se rellana posteriormente de forma natural. En función del tipo de terreno, por ejemplo, en arenas densas, el rendimiento de la herramienta se puede mejorar añadiendo inyectores de chorros de agua.

El *plough* es dirigido desde la superficie, siendo manejados los controles del aparato desde el barco con el apoyo de las cámaras de las que está provisto. La alimentación del equipo se realiza igualmente desde el barco de apoyo.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Trenching

Las zanjadores se depositan en el fondo del mar de manera similar a las herramientas para el *jetting* siendo este método también un método de enterramiento a ejecutar tras el tendido. En este método la zanjadora se coloca sobre la traza del cable y un mecanismo recoge el cable, lo eleva y lo pasa a su través por el hueco central del aparato para permitir el avance de la herramienta sobre el trazado del cable mientras realiza la zanja por medio de la cadena o discos de corte. Según avanza, la herramienta va introduciendo el cable en la zanja por medio de una guía situada en la parte trasera, la cual empuja el cable hacia el interior del surco creado.

El vehículo submarino es dirigido desde la superficie, siendo manejados los controles del aparato desde el barco con el apoyo de las cámaras de las que está provisto. La alimentación de la zanjadora se realiza igualmente desde el barco de apoyo.

Profundidad de enterramiento

Para todos estos métodos de protección, la profundidad de enterramiento de los cables se ha determinado a partir de los datos recabados en las investigaciones marinas realizadas, geofísica y geotécnica, y de los estudios de navegación y pesca, así como del hidrosedimentario. En función al tipo de suelo y del riesgo de daño por redes pesca de fondo o por el lanzamiento de anclas de los barcos que faenan en la zona la profundidad necesaria de protección de los cables varía, habiéndose fijado la profundidad nominal en fondos sedimentarios en 1 m.

Rock dumping

Este método consiste en depositar una capa de rocas pequeñas sobre el cable para formar una berma protectora. Es una técnica utilizada tradicionalmente en secciones cortas, para realizar cruzamientos con otros cables o tuberías, sin embargo, su uso se ha extendido para la protección longitudinal de los cables en los casos en los que el soterramiento no es posible debido a la presencia de suelos rocosos de elevada dureza.

Debido a la irregularidad del terreno su uso será necesario en algunos puntos tanto antes como después del tendido. Depositar roca anteriormente al tendido tiene como objeto crear una superficie lo más regular posible sobre la que luego posar los cables evitando que estos puedan quedar suspendidos en algunos puntos. El vertido de roca tras el tendido tiene como objeto formar una berma protectora sobre el cable.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

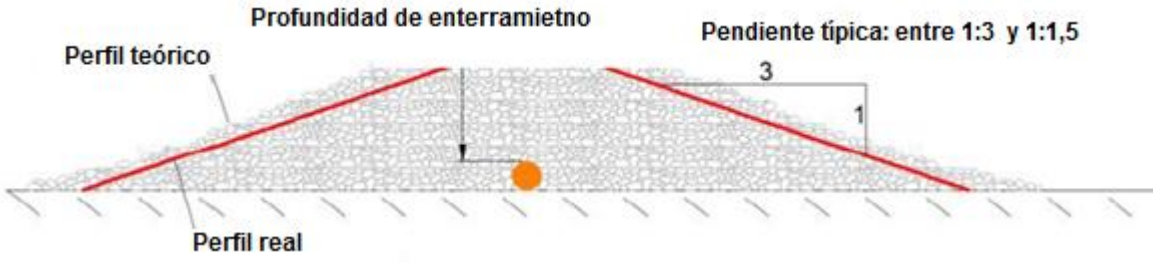


Ilustración 20: Sección típica de una berma para protección mediante *rock dumping*

Al igual que para los otros métodos de protección el diseño de la berma se realiza teniendo en cuenta los riesgos derivados de la pesca y de las anclas de las embarcaciones en la zona, así como las condiciones hidrodinámicas con el objeto de asegurar la estabilidad de la berma. Por este motivo se han definido tres tipos de berma según la zona del trazado:

Zona		Altura (m)	Anchura en la base (m)	Anchura en la cima (m)	Pendiente berma	Tamaño de roca (Dx = % de paso por apertura de tamiz de diámetro X)
PK inicial	PK final					
13,6	17	0,95	6,2	0,5	1:3	D_{10} = 105 mm D_{50} = 147 mm D_{90} = 185 mm
21	25	1,48	9,4	0,5	1:3	D_{10} = 45 mm D_{50} = 80 mm D_{90} = 125 mm
25	35	1,48	15,7	0,5	1:3	
35	53.6	2,54	8	0,5	1:3	
53.6	61	1,48	9,4	0,5	1:3	
Cruce gasoducto	PK 26,5	1,48	9,4	0,5	1:3	

Nota: En aquellos tramos dentro de estas zonas en los que los cables puedan ser protegidos por enterramiento, se privilegiará este tipo de protección frente al vertido de roca.

El vertido se realizará con la ayuda de barcos especiales capaces de transportar grandes cantidades de roca y que despliegan tuberías flexibles o mangueras hasta las proximidades del cable. La roca será vertida con precisión sobre el cable controlando la energía de impacto sobre el mismo estando el pie de la tubería controlado por impulsores.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

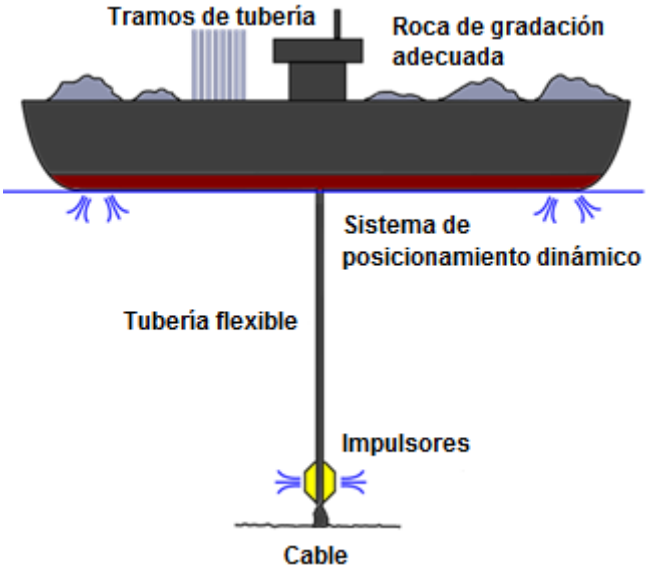


Ilustración 21: Esquema de vertido para *rcok dumping*

7.10 COMUNICACIONES

Se instalarán al menos un cable de FO independiente para telecomunicaciones para cada uno de los dos enlaces. Estos cables tendrán al menos 48 fibras de baja atenuación, de tipo monomodo y cumplirán con la recomendación ITU-T G.654.

7.10.1 TRAMO SUBTERRÁNEO

Para el sistema de comunicaciones se tenderán cables dieléctricos antirroedores que mantendrá el mismo trazado que el cable de potencia.

Estos cables irán alojados en los tubos de telecomunicaciones de diámetro 40 mm según se indica en el plano nº 7983LSZ001 del documento nº 3 Planos del presente anteproyecto.

7.10.2 TRAMO SUBMARINO

Para el sistema de comunicaciones los cables de FO se tenderán adosados a los cables de potencia de corriente continua.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.11 SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN

Para poder disponer de información del estado del doble enlace y permitir la prevención y localización de faltas se prevé la instalación de fibras ópticas dedicadas a tales efectos. Los cables de fibra óptica acompañarán a los cables de potencia y se instalarán lo más cerca posible a estos. En el tramo subterráneo se colocarán tubos de PE de 40 mm pegados a los tubos de los cables de potencia, según plano 7983LSZ001. En las perforaciones dirigidas los tubos para alojar las fibras se instalarán según plano 7983LSZ003. En el tramo submarino irán directamente adosadas a los cables de potencia.

La monitorización se realizará a través de un sistema de monitorización de temperatura y un sistema de monitorización acústica (DTS y DAS respectivamente, en sus siglas en inglés).

Las fibras estarán conectadas a un interrogador en cada extremo del doble enlace que será común para los dos sistemas. Ambos sistemas tienen un sistema de adquisición de datos similar consistente en la inyección de un pulso de luz a través de un láser en las fibras y el procesado de la señal retrodispersada

7.11.1 Sistema DTS

Este sistema permite conocer la temperatura de los cables en cada momento, permitiendo identificar puntos calientes y evitar de esta manera fallos en el doble enlace por sobrecalentamiento de los cables.

Procesa la retrodispersión tipo Raman o Brillouin. Para este enlace se prevé la utilización de un sistema basado en la retrodispersión tipo Brillouin dado que está mejor adaptada a la detección en enlaces de grandes longitudes.

7.11.2 Sistema DAS

Este sistema permite detectar posibles amenazas a los cables, como pueden ser excavaciones en la parte terrestre o anclas en la parte submarina, al captar las vibraciones producidas, lo que permite a su vez la localización de faltas.

Este sistema procesa la retrodispersión tipo Rayleigh, permitiendo utilizar el cable de fibra óptica como una matriz virtual de micrófonos que monitoriza las vibraciones a largo de toda la longitud del cable.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.12 SEÑALIZACIÓN

En los tramos de líneas subterráneas que discurren por entornos rurales o periurbanos se instalarán hitos de señalización según especificación técnica de REE ET068.

La ubicación definitiva de los hitos se realizará en la fase de construcción de la línea siguiendo los criterios indicados en la especificación técnica de REE ET068. Esta ubicación podrá ser acordada con el propietario de los terrenos por los que discurre la línea subterránea. En los planos de planta y perfil *As-Built* de la línea se indicará el punto exacto de ubicación del hito; acotándose las distancias mostradas en la placa de señalización posicionada en campo.

7.13 ENSAYOS

Debido a la singularidad del presente anteproyecto, y a la falta de experiencia de enlaces de este nivel de tensión con tecnología de aislamiento en XLPE, se exigirá realizar ensayos de precalificación y ensayos de tipo específicos para el anteproyecto, además de los ensayos en fábrica y los ensayos de puesta en servicio. Los ensayos están basados en la siguiente normativa internacional:

- IEC 60840: *Power cables with extruded insulation and their accessories for assigned voltages greater than 30 kV (Um = 36 kV) and up to 150 kV (Um = 170 kV) – Test methods and requirements*.
- IEC 62067 (2011) "*Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 kV (Um = 170 kV) up to 500 kV (Um = 550 kV) – Test method and requirements*".
- TB 496 *(April 2012): Recommendations for testing DC extruded cable systems for power transmission at a rated voltage up to 500 kV*.
- Electra 189 *(April 2000): Recommendations for tests of power transmission DC cables for a rated voltage up to 800 kV (review of the report published in Electra 72 of 1980)*.
- TB 623 *(June 2015): Recommendations for mechanical testing of submarine cables*.
- IEC 60228: *Conductors of insulated cables*.
- IEC 60060-1: *High-voltage test techniques - Part 1: Definitions and general requirements related to tests*.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- TB 622 (June 2015): *Recommendations for Testing DC Transition Joints for Power Transmission at a Rated Voltage Up To 500KV*.

7.13.1 Ensayos de precalificación

Son los ensayos destinados a demostrar el buen comportamiento termomecánico del sistema del cable a largo plazo.

Se deberán realizar ensayos de calificación solo se realizarán sobre los cables de aislamiento en XLPE, de los cuales hay poca o nula experiencia en el nivel de tensión de este anteproyecto. Los ensayos se realizarán de acuerdo a lo indicado en el TB496.

Existe, en cambio, amplia experiencia basada en aislamiento MI a niveles de tensión incluso superiores a los del presente anteproyecto., por lo que el comportamiento de esta tecnología se considera demostrado por la práctica.

El bucle de ensayo contará al menos con 100 metros de cable y al menos un accesorio de cada tipo, incluyendo empalmes en fábrica. La secuencia de los ensayos será la siguiente:

En el caso del empalme de transición entre el cable submarino tipo MI y el subterráneo tipo XLPE se deberá realizar un ensayo de calificación de acuerdo a lo indicado en el TB622.

7.13.2 Ensayos de tipo

Son los ensayos destinados a demostrar el buen funcionamiento del sistema del cable desde un punto de vista eléctrico y mecánico. Los ensayos se dividen en:

- Ensayos eléctricos
- Ensayos no eléctricos
- Ensayos especiales en accesorios

Los ensayos se realizarán de acuerdo a lo indicado en el TB496, TB 623, IEC 62067 y TB.622.

Se deberán realizar ensayos de tipo tanto para los sistemas de cables de las dos tecnologías de aislamiento. Además, se realizarán bucles independientes para los cables subterráneos y para los cables submarinos, realizando un bucle adicional para los diferentes tipos de empalmes de transición entre cables de la misma tecnología (entre cables de diferente

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

material de conductor y/o sección) y un bucle adicional para el empalme de transición entre el cable submarino tipo MI y el subterráneo tipo XLPE.

7.13.2.1 Bucle de ensayos para el sistema de cables subterráneo

El bucle de ensayos incluirá:

- Al menos 30 metros de cable subterráneo.
- Al menos empalme de cada tipo a utilizar.
- Dos terminales del mismo diseño de los que ese vayan a utilizar en el doble enlace.

7.13.2.2 Bucle de ensayos de tipo para el sistema de cables submarino

El bucle de ensayos incluirá:

- Al menos 30 m de cable submarino
- Al menos dos empalmes de confección en fábrica.
- Al menos un empalme de tipo reparación.

7.13.2.3 Bucle de ensayo para empalmes de transición

El bucle de ensayos incluirá, para el caso de tecnología de aislamiento XLPE tanto en la parte subterránea como en la parte submarina (enlace 1 de este anteproyecto):

- Al menos 10 metros de cable submarino y/o de cable subterráneo entre 2 accesorios.
- Al menos 1 empalme similar al de transición entre cable subterráneo XLPE y submarino XLPE
- Al menos 1 empalme de transición de cada tipo tanto para la parte submarina como para la parte subterránea

Para el caso de cables con aislamiento en MI en parte submarina (enlace 2), el bucle de ensayos para empalmes de transición incluirá, al menos:

- Al menos 10 metros de cable submarino entre 2 accesorios.
- Al menos 1 empalme de transición de cada tipo

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.13.3 Ensayos en fábrica

Asimismo, se efectuarán ensayos individuales en fábrica y de muestra sobre las bobinas fabricadas. Estos ensayos tienen como objeto asegurar que cada longitud de suministro o componente reúne las características especificadas y garantiza la calidad del producto.

La frecuencia de los ensayos será conforme a la siguiente tabla:

Tabla 1: Frecuencia de ensayos en fábrica

Referencia:	Frecuencia de ensayos
1	Ensayos a realizar sobre cada longitud de suministro
2	Ensayos a realizar sobre una muestra de cable tomada de cada longitud de fabricación.
3	Ensayos a realizar sobre cada terminal
4	Ensayos a realizar sobre cada empalme

Los ensayos a realizar se recogen en las siguientes tablas:

Tabla 1: Ensayos de rutina en cable subterráneo (XLPE)

Ensayo de rutina en cable subterráneo		
Ensayo	**Normativa**	**Referencia a la frecuencia de ensayo (véase** (Tabla_1)**)**
Ensayo de tensión	TB496 §5.1	1
Ensayo de cubierta	IEC 60229 (§.3.1)	1

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Tabla 2: Ensayos de rutina en cable submarino XLPE

Ensayos de rutina en cable submarino XLPE		
Ensayo	**Normativa**	**Referencia a la frecuencia de ensayo (véase** (Tabla_1)**)**
Ensayo de tensión	TB496 §5.1	1
Medida de la capacidad	IEC62067 §10.10	1
Medida TDR (*time domain reflectometry)*	TB496 §7.3	1

Tabla 3: Ensayos de muestra sobre cable XLPE

Ensayos de muestra en cable XLPE		
Ensayo	**Normativa**	**Referencia a la frecuencia de ensayo (véase** (Tabla_1)**)**
Examen del conductor	IEC.62067 §10.4	2
Medida de la resistencia eléctrica del conductor y pantalla	IEC.60228 §5.3 IEC.62895 §10.5	2
Medida del espesor del aislamiento y de la cubierta interna (para cable submarino) y de la cubierta (para cable subterráneo)	IEC.62067 §10.6	2
Medida del espesor de la pantalla metálica	IEC.62067 §10.7	2
Medida del diámetro	IEC.62067 §10.8	2
Ensayo de alargamiento en caliente en los aislamientos XLPE	IEC.62067 §10.9	2
Medida de la capacidad	IEC.62067 §10.10	2
Ensayos de tensión de impulso	TB 496 §6.1.9	IEC 62067 §10.2
Ensayo de penetración del agua	TB 496 §6.1.10	IEC 62067 §10.2
Medida de la resistividad de las pantallas semiconductoras	IEC.62067 §12.4.11	2
Medida de la resistividad radial de la cubierta interna semiconductora	De acuerdo con el protocolo del contratista	2

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Ensayos de muestra en cable XLPE		
Ensayo	**Normativa**	**Referencia a la frecuencia de ensayo (véase** (Tabla_1)**)**
Determinación de las propiedades mecánicas de los aislamientos antes y después del envejecimiento	IEC.62067 §12.5.2	2
Determinación de las propiedades mecánicas de la cubierta interna (cable submarino) y de la cubierta exterior (cable subterráneo) antes y después del envejecimiento	IEC.62067 §12.5.3	2
Ensayos en componentes de cables con una lámina de metal aplicada longitudinalmente	IEC.62067 Appendix F	2
Ensayo de contracción del aislamiento	IEC.60840 §12.5.16	2
Ensayo de contracción de la cubierta interna (cable submarino) y de la cubierta exterior (cable subterráneo)	IEC.60840 §12.5.17	2

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Tabla 4: Ensayos de rutina en cable submarino MI

Ensayos de rutina en cable submarino MI		
Ensayo	**Normativa**	**Referencia a la frecuencia de ensayo (véase** (Tabla_1)**)**
Medida del espesor del asilamiento	NF C 33-100 § 2-2-3-5	1
Verificación de las cintas	NF C 33-100 § 2-1-2-4	1
Medida del espesor de las capas semiconductoras	TB 496 §5.1	1
Medida del espesor de la cubierta interna	IEC.62067 §10.6	
Ensayo de tensión en CC (corriente continua)	IEC.62067 §10.6	1
Medida de la capacidad	IEC.62067 §10.10	1
Medida TDR (*time domain reflectometry)*	TB496 §7.3	1

Tabla 5: Ensayos de muestra en cable submarino MI

Ensayos de muestra en cable submarino MI		
Ensayo	**Normativa**	**Referencia a la frecuencia de ensayo (véase** (Tabla_1)**)**
Examen del conductor	IEC.62067 §10.4	2
Medida de la resistencia eléctrica del conductor y pantalla	IEC.62067 §10.5	2
Medida del espesor de la pantalla metálica	IEC.62067 §10.7	2
Medida del diámetro	IEC.62067 §10.8	2
Medida de la capacidad	IEC.62067 §10.10	2
Medida de la resistividad de las pantallas semiconductoras	IEC.62067 §12.4.9	2
Medida de la resistividad radial de la cubierta interna semiconductora	De acuerdo con el protocolo del contratista	2

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Ensayos de muestra en cable submarino MI		
Ensayo	**Normativa**	**Referencia a la frecuencia de ensayo (véase** (Tabla_1)**)**
Determinación de las propiedades mecánicas de la cubierta	IEC.62067 §12.5.3	2
Ensayo de contracción de la cubierta interna	IEC.60840 §12.5.17	2
Medida del espesor de la pantalla	IEC.62067 §10.7	2
Medida del diámetro	IEC.62067 §10.8	2

Tabla 6: Ensayos de rutina en terminales

Ensayos de rutina en terminales		
Ensayo	**Normativa**	**Referencia a la frecuencia de ensayo (véase** (Tabla_1)**)**
Ensayo de tensión en CC (corriente continua)	TB 496 § 5.1	3
Ensayo de tensión en CA (corriente alterna)	TB 496 § 5.2.1 (Según protocolo de ensayos de laboratorio)	3
Medida de descargas parciales	TB 496 § 5.2.1/ IEC TS 62478 (Según protocolo de ensayos de laboratorio)	3

Tabla 7: Ensayos de rutina en empalmes de fábrica

Ensayos de rutina en empalmes de fábrica		
Ensayo	**Normativa**	**Referencia a la frecuencia de ensayo (véase** (Tabla_1)**)**
Ensayo de tensión en CC (corriente continua)	TB 496 § 5.1	4
Ensayo de tensión en CA (corriente alterna)	TB 496 § 5.2.1	4

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Ensayos de rutina en empalmes de fábrica		
Ensayo	**Normativa**	**Referencia a la frecuencia de ensayo (véase** (Tabla_1)**)**
	(Según protocolo de ensayos de laboratorio)	
Medida de descargas parciales	TB 496 § 5.2.1 (Según protocolo de ensayos de laboratorio)	4
Comprobación de la reconstitución del aislamiento	Según protocolo de ensayos de laboratorio (rayos X,…)	4
Comprobación del conductor y la pantalla	Según protocolo de ensayos de laboratorio (rayos X, rayos gamma, …)	4

Tabla 8: Ensayos de rutina en empalmes premoldeados

Ensayos de rutina en empalmes premoldeados		
Ensayo	**Normativa**	**Referencia a la frecuencia de ensayo (véase** (Tabla_1)**)**
Ensayo de tensión en CC (corriente continua) en el cuerpo premoldeado	TB 496 § 5.1	4
Ensayo de tensión en CA (corriente alterna) en el cuerpo premoldeado	TB 496 § 5.2.1 (Según protocolo de ensayos de laboratorio)	4
Medida de descargas parciales	TB 496 § 5.2.1 (Según protocolo de ensayos de laboratorio)	4

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.13.4 Ensayos de puesta en servicio

Para comprobar que todos los elementos que constituyen la instalación (cable, empalmes, terminales, etc.) se han fabricado e instalado correctamente se deberá someter a cada enlace a una tensión continua de polaridad negativa de valor -1,45xV_{cc} durante 1 hora, de acuerdo con el TB496.

Asimismo, se realizará el ensayo de rigidez dieléctrica de la cubierta exterior del cable, para comprobar que no ha sido dañada accidentalmente durante el transporte, almacenamiento, manipulación o tendido del cable de acuerdo con la IEC 60229.

Se realizará adicionalmente una medida TDR (*time domain reflectometry*) para obtener información del enlace a nivel de ingeniería.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

8 ACCESOS

En este apartado vamos a describir las diferentes opciones de acceso y los condicionantes a tener en cuenta para el acceso a la zona de acopio de las bobinas con los vehículos especiales tipo góndolas.

A falta de unas especificaciones concretas se exponen a continuación algunos valores que podrían ser de aplicación en cuanto a pendientes, aunque será necesario analizar las distintas ubicaciones para proyectar actuaciones lo más optimizadas posibles.

- Características preliminares de las bobinas:
  - Ancho: 2,5 m
  - Ø= 4,50 m
  - Peso = 40 t.
- Pendientes máximas para el transporte con vehículos tipo góndola y características de bobinas:
  - Firme con zahorra artificial: < 10%
  - Firme con rodadura de hormigón o camión de tiro: 10-16%
  - Firme con rodadura de hormigón y camión de tiro: 17-22%

Con estas premisas vamos a analizar los problemas de acceso que nos vamos a encontrar considerando diferentes opciones de acceso, aunque los valores anteriores dependerán finalmente de las características de las bobinas, así como del estado y calidad del firme, así como del radio y ángulo en curvas.

Para ello, en el esquema siguiente se puede observar la situación de las zonas de acopio y los posibles puntos de accesos a las diferentes ubicaciones.

Hay que recordar que las pendientes que se obtienen de la pista actual sin considerar ninguna actuación son:

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Tramo 5+600(PHD-6) -7+940:
  - 3 zonas de acopio.
  - Pendientes máximas del 17,3% aunque de tramos puntuales y cortos.
- Tramo 7+940-8+440:
  - Sin zonas de acopio.
  - Tramo con pendientes entre el 10,3-17,25% en tramo continuo de 500 m.
- Tramo 8+440-9+160:
  - 1 zona de acopio.
  - Sin pendientes excesivas <10%.
- Tramo 9+160-10+170
  - 1 zona de acopio.
  - Pendientes de -10% al -14,88%.
- Tramo 10+170-10+740 ctra. BI-3117
  - Sin zonas de acopio.
  - Pendientes del hasta 32,4%. Inviable para el acceso con góndolas.
- Tramo 10+740 ctra. BI-3117-12+540 PHD-7
  - 2 zonas de acopio.
  - Pendientes del -10,6% al -14,7% y algún tramo del +13%.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

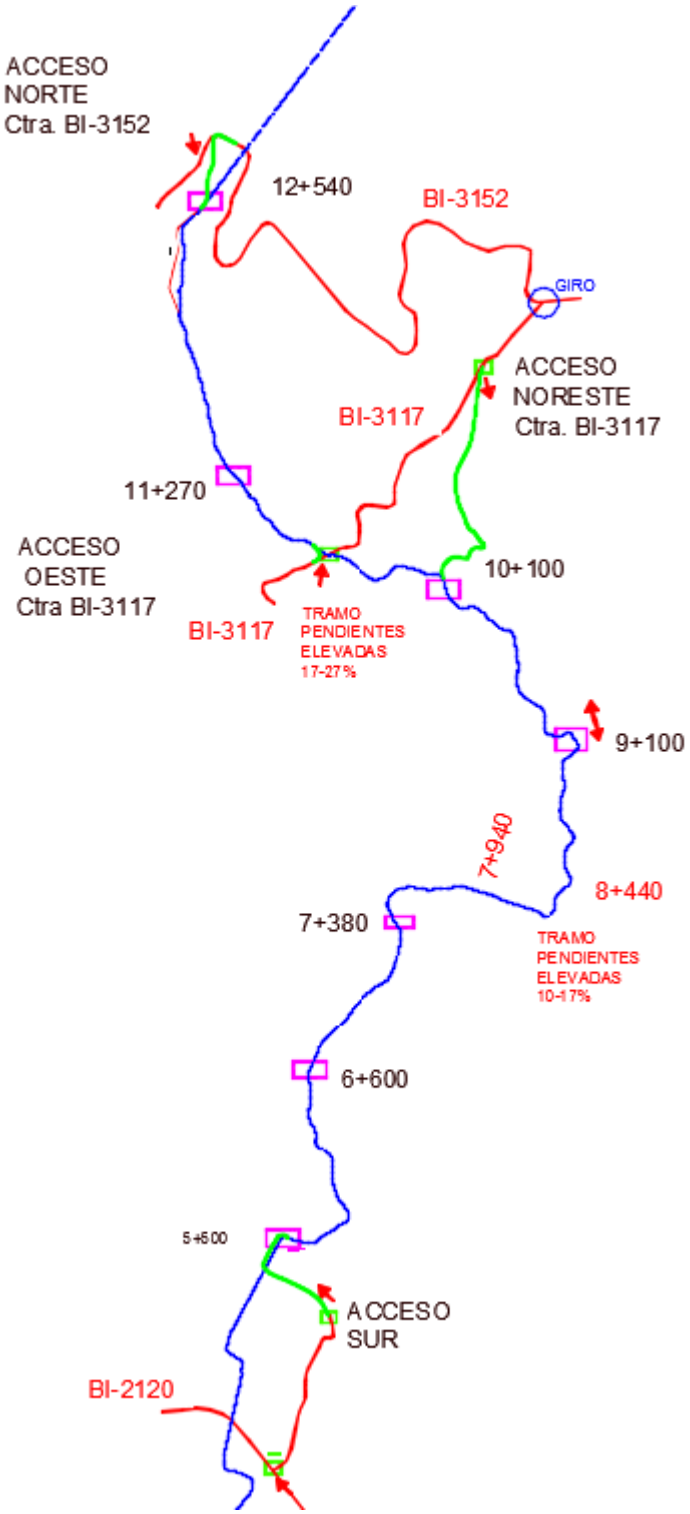


Ilustración 22: Esquema de situación de zonas de acopio y posibles accesos del tramo PP. KK 5+500-12+540 PHD-7

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

El planteamiento preliminar de acceso a las distintas zonas de acopio es el siguiente:

- **Acceso sur**: Acceder desde el sur por la Carretera BI-2120, viales de la urbanización y utilizar la pista forestal para acceder a las posiciones 5+500, 6+600 y 7+380.
- **Acceso noreste:** Por la carretera BI-3117 y la pista forestal, hasta las posiciones 9+100 y 10+100. Para acceder desde la carretera BI-3117 implica realizar un cambio de sentido en una intersección existente con la carretera BI-3152 y proyectar una mejora de la pista forestal de unos 1.100 m.
- **Acceso oeste:** Por la carretera BI-3117, camino existente hasta las posiciones 11+270 y 12+540. Requiere de un nuevo acceso provisional que permita el giro desde la carretera BI-3117 al camino.
- **Acceso norte:** Por la carretera BI-3152 aprovechando un acceso existente al edificio de bombeo situado junto a PDH-7. En cualquier caso, será necesario la conexión con la carretera y proyectar un nuevo trazado por la zona oeste al edificio de bombeo.

Condicionantes generales:

- La utilización de la pista forestal por los transportes especiales supone haber finalizado la ejecución de las zanjas y la capa de rodadura del camino existente con un firme adecuado a las pendientes finalmente proyectadas, con zahorra artificial u hormigón.
- En las zonas de las cámaras de empalme será necesario realizar el tapado de la cámara y reposición del firme para permitir el paso de los transportes. Una vez finalizado el paso de los trasportes, será necesario destapar las cámaras para realizar el tendido y una vez finalizado este proceso será necesario volver a tapar y rellenar.
- Con el planteamiento de accesos descrito se evitaría pasar por el tramo de pendientes elevadas entre el P.K. 7+940-8+440 que además presenta curvas de radio reducido y por el tramo de 27,4% de pendientes en el entorno del 10+170-10+740.
- Con el acceso noreste se facilita la entrada a la zona de la pista forestal por el norte en el caso que esté interrumpido el paso por la ejecución de las obras por la zona sur.
- Igualmente, con el acceso norte y acceso oeste se facilita el acceso por el norte y por el sur del tramo 10+740- PHD-7.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

8.1 ACCESO SUR

Este acceso se plantea por el sur utilizando la carretera BI-2120, paso por la urbanización y conexión con pista forestal a partir del 5+500.

Condicionantes:

El acceso sur presenta pendientes elevadas con valores máximos que oscilan entre 15% al 21% en la zona previa a la zona de acopio del p.k. 5+500, que se suma a la localización de dos curvas a derechas con un radio de 25m y otra radio 20 m.

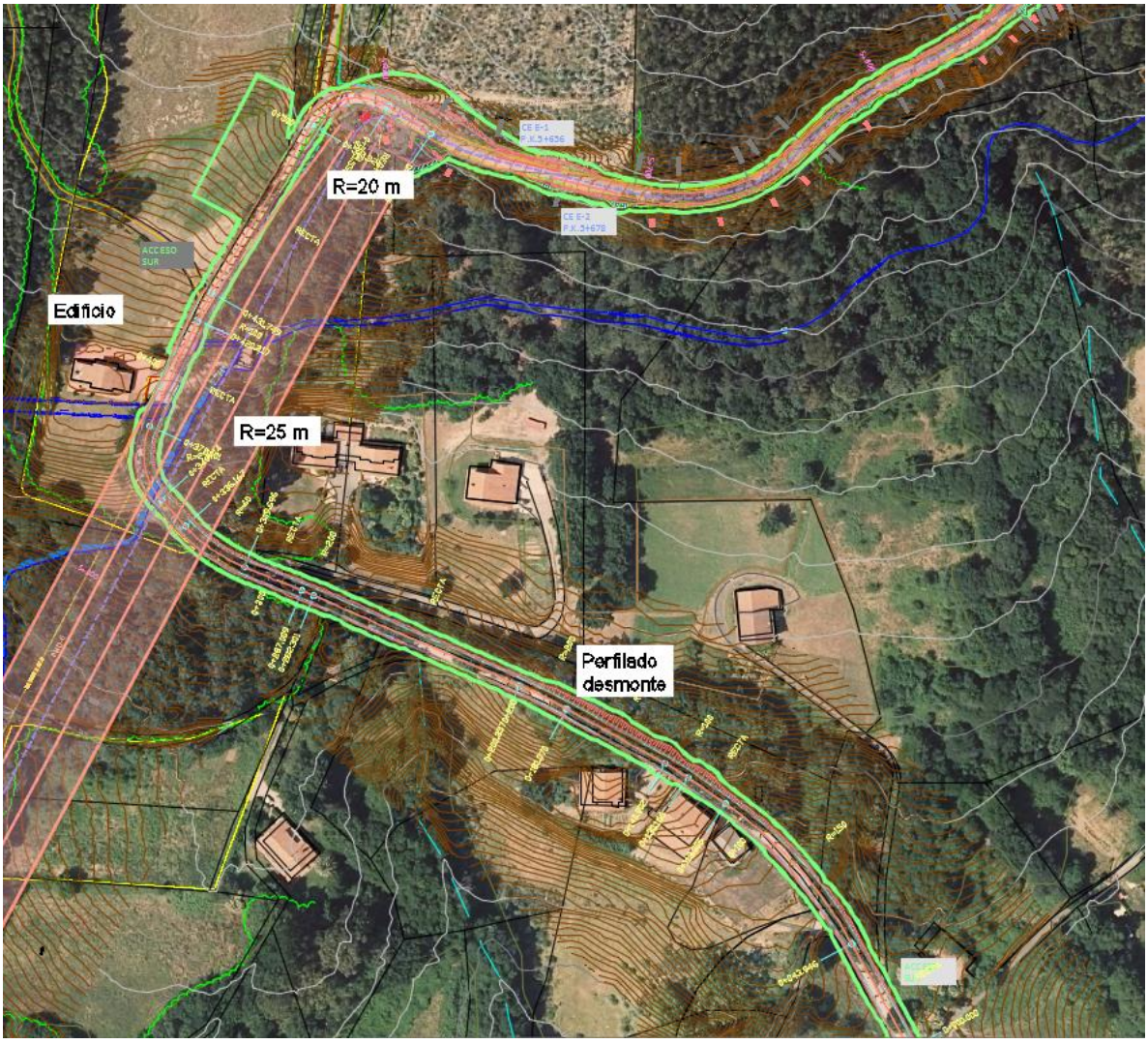


Ilustración 23. Acceso sur en verde (presenta curvas de radio 25 m y 20 m en rampa del 15-21%)

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Actualmente el acceso está hormigonado, pero para permitir el paso de las góndolas habría que ampliar el acceso a 5 m, esto supone el desmonte y perfilados de taludes en el margen derecho y es necesario desplazar y ampliar el camino por el margen derecho, principalmente en la curva de radio 25 m para evitar afectar al edificio existente situado en el margen izquierdo. También sería necesaria la adaptación de algunos acuerdos verticales.

8.2 ACCESO NORESTE

Esta opción supone entrar por la carretera BI-3117 a la pista forestal y desde dicho camino llegar a la traza de la interconexión a la altura del p.k. 10+100. Esto supone proyectar un acondicionamiento del camino existente de unos 1.100 m de longitud, con pendientes máximas del 13-14%, con firme de hormigón en las zonas que lo requieran y con mejoras de curvas en la zona próxima a la traza de la interconexión. También presentan algunas zonas con curvas de radio 11-15 m que será necesario ampliarlas con un ancho de hasta 7,5 m para permitir el paso de los transportes.

Además, como el ángulo de entrada entre la carretera y el camino es pequeño, será necesario contemplar un giro o cambio de sentido si los transportes vienen por la carretera BI-3117. Dicho giro se podría plantear en la intersección con la carretera BI-3152 situado a unos 370 m al noreste de la conexión.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

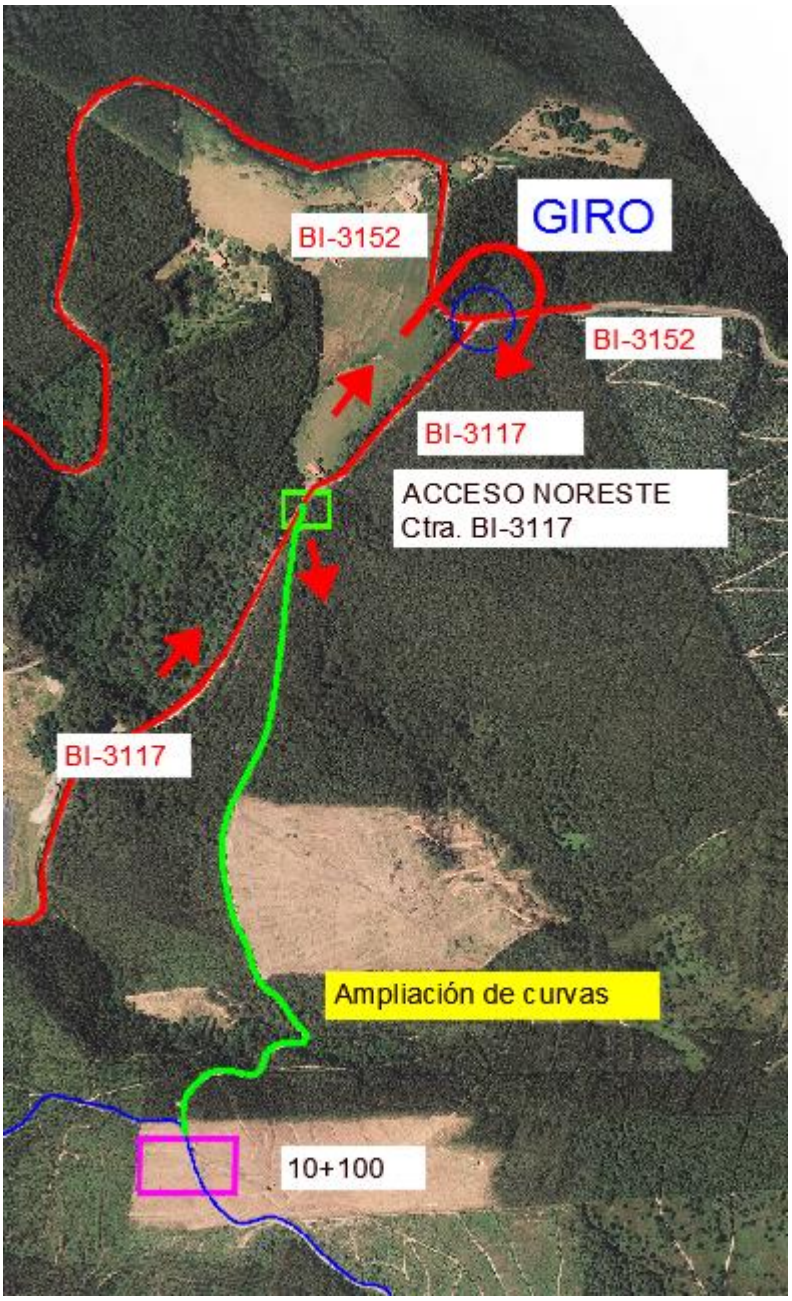


Ilustración 24. Acceso noreste con el acondicionamiento del camino existente en 1.100 m.

Una vez sobrepasado la zona de ampliación de curvas, se accedería sin problemas a la plataforma de acopio del 10+100 y 9+110, esto implicaría acondicionar la zona de pendiente de 14,88% en el tramo del 9+510-9+600 y del 12,27% en el tramo 9+960-10+000.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

8.3 ACCESO OESTE

Este acceso se realizaría por la carretera BI-3117, hasta las zonas de acopio situada en el P.K. 11+270. Requiere de un nuevo acceso provisional que permita el giro desde la carretera BI-3117 al camino existente por donde discurre la zanja y suponiendo que los transportes vienen desde el oeste por la carretera BI-3117.

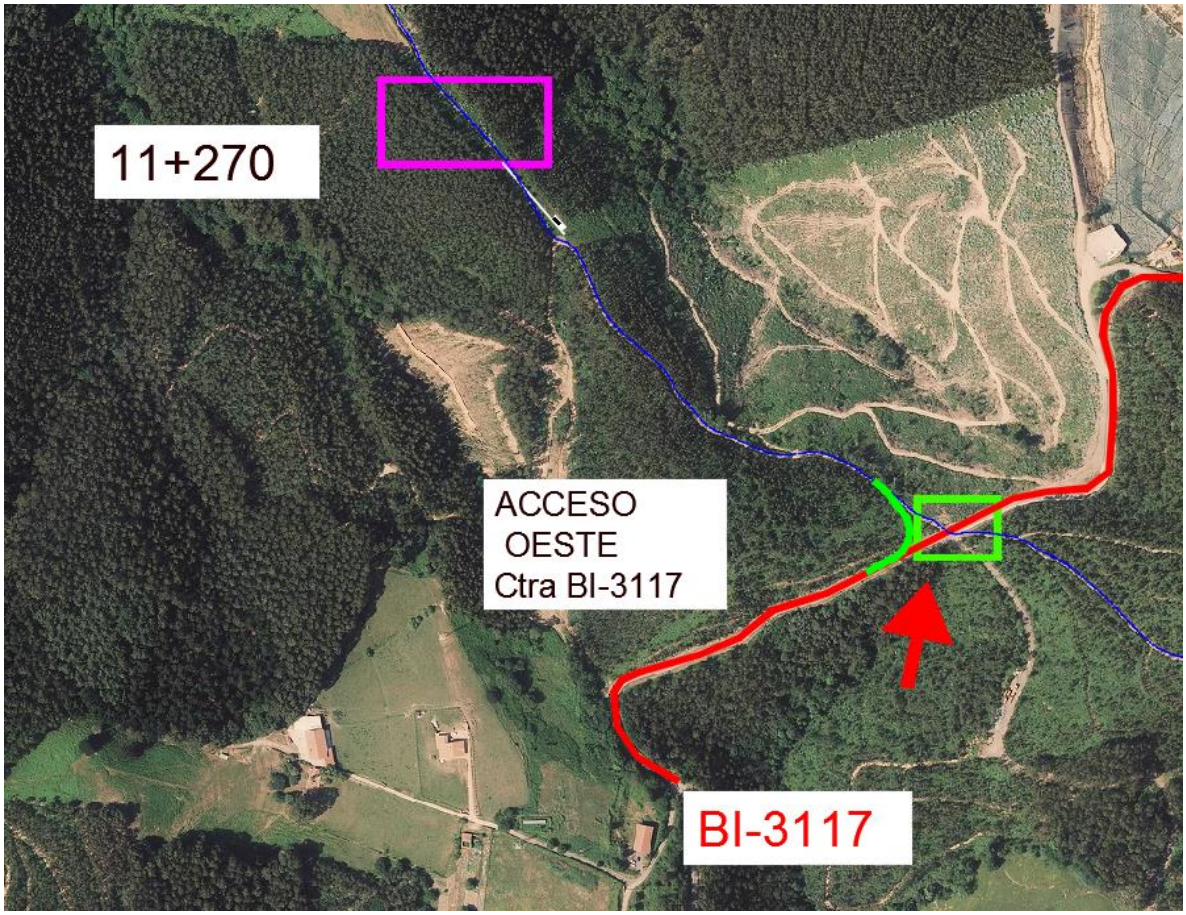


Ilustración 25. Acceso oeste desde la Carretera BI-3117

Las pendientes en este tramo son descendentes con valores que rondan -13,55% y -13,78%, que habría que acondicionar considerando firme de hormigón.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

8.4 ACCESO NORTE

Este acceso se realizaría por la carretera BI-3117 y posteriormente por la carretera BI-3152, bordeando el embalse de Urbieta, para acceder por el acceso existente a las instalaciones del casetón de bombeo. Desde este punto se bordearía el edificio del casetón de bombeo por el oeste hasta llegar a la zona de acopio al inicio de PHD-7 en el p.k. 12+540.

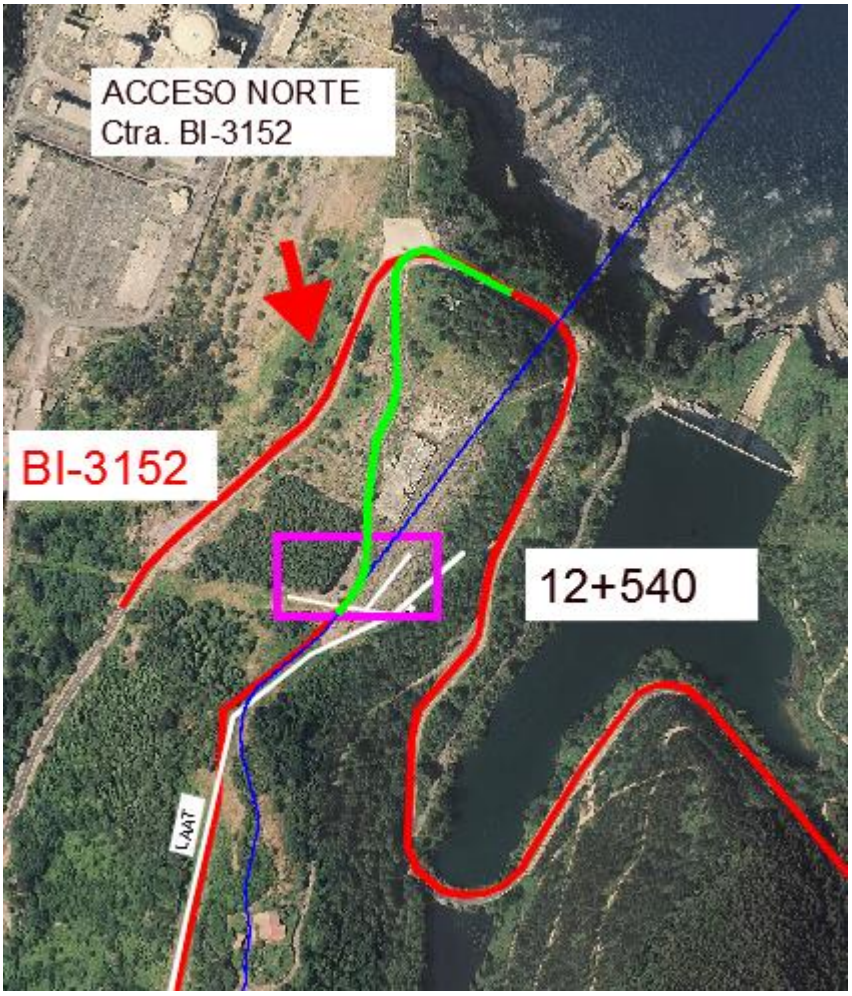


Ilustración 26. Acceso norte desde la Carretera BI-3152

La conexión entre el acceso actual y la carretera BI-3152 es muy estricto, para permitir el paso de los transportes será necesario proyectar un acuerdo vertical que permita la adecuada conexión y como consecuencia es necesario establecer una pendiente del +15% en recta para reducir el desmonte. Una vez superado el tramo de conexión las pendientes son más suaves con alguna zona puntual del 11,2%.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

9 CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

9.1 NORMAS GENERALES SOBRE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

Los cables cruzarán por debajo de las instalaciones existentes en la medida de lo posible.

En la siguiente tabla se indican las condiciones que deben cumplir los cruzamientos y paralelismos de los cables subterráneos con otros servicios, en los distintos casos particulares:

Instalación afectada	Tipo de afección	Condiciones
Otros cables de energía eléctrica: Líneas de BT y líneas de AT	Cruce	≥ 25 cm entre cables de energía eléctrica. Siempre que sea posible, se procurará que los cables de alta tensión discurran por debajo de los de baja tensión
	Paralelismo	≥ 25 cm entre cables de energía eléctrica
Cables de telecomunicación	Cruce	≥ 20 cm entre cables de energía eléctrica y telecomunicaciones. Distancia del punto de cruce al empalme ≥ 1 m
	Paralelismo	≥ 20 cm entre cables de energía eléctrica y telecomunicaciones
Agua	Cruce	≥ 20 cm entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua. Empalmes y juntas a ≥ 1 m del punto de cruce
	Paralelismo	20 cm entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua. Empalmes y juntas a ≥ 1 m del punto de cruce. Distancia mínima ≥ 20 cm en proyección horizontal. Entre aristas importantes de agua y cables eléctricos ≥ 1 m, La canalización de agua por debajo del nivel de los cables eléctricos
Gas	Cruce	Será función de la presión de la instalación y de la existencia o no de protección suplementaria. En el caso más desfavorable ≥ 40 cm. Empalmes y juntas a ≥ 1 m
	Paralelismo	Será función de la presión de la instalación y de la existencia o no de protección suplementaria. En el caso más desfavorable ≥ 40 cm. Empalmes y juntas a ≥ 1 m
Saneamiento de pluviales y fecales	Cruce	Se procurará pasar los cables por encima de las alcantarillas.
	Paralelismo	-
Calles y carreteras	Cruce	Canalización entubada hormigonada. ≥ 0,8 m desde la parte superior del tubo a la rasante del terreno. Siempre que sea posible cruce perpendicular al eje del vial
	Paralelismo	-
Ferrocarriles	Cruce	Canalización entubada hormigonada. ≥ 1,1 m desde la parte superior del tubo a la cara inferior de la traviesa. Siempre que sea posible cruce perpendicular al eje del ferrocarril
	Paralelismo	-

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

En paralelismo se procurará evitar que los cables eléctricos queden en el mismo plano vertical que el servicio afectado.

Deberán tenerse en cuenta los condicionantes de cada Ayuntamiento, así como las condiciones establecidas por cada organismo afectado.

9.2 RELACIÓN CORRELATIVA DE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

La relación de servicios afectados por cruzamientos y paralelismos con la línea de transporte eléctrica y de comunicaciones será:

Tabla 9: Relación de servicios afectados por cruzamientos**CRUZAMIENTO Nº**	**SERVICIOS CRUZADOS**
1.1-1	Canalización Gas Pk 0 + 991 m
1.1-2	Canalización Gas PK 1 + 483m
1.1-3	Canalización de Gas Pk 1 + 635 m
1.1-4	Canalización de alumbrado Pk 1 + 848m
1.1-5	Canalización de pluviales Pk 1 + 849m
1.1-6	Ctra. BI-364 Pk 1 + 847m a pk 1 + 860 m
1.1-7	Río Butron Pk 2 + 060m a Pk 2 + 084m
1.1-8	Río Butron Pk 2 + 502m a Pk 2 + 607m
1.1-9	Río Butron Pk 3 + 139m a Pk 3 + 180m
1.1-10	Saneamiento Pk 3 + 189m
1.1-11	Canalización de pluviales Pk 3 + 464m
1.1-12	Saneamiento Pk 3 +464m
1.1-13	Canalización Iberdrola BT Pk 3 + 467m
1.1-14	Canalización Iberdrola MT Pk 3 + 467m
1.1-15	Telefónica Pk 3 + 2468m
1.1-16	Saneamiento Pk 3 + 471m
1.1-17	Canalización de pluviales Pk 3 + 474m
1.1-18	Canalización de pluviales Pk 3 + 495m
1.1-19	Abastecimiento Ura Pk 3 + 510m
1.1-20	Telefónica Pk 3 + 516m
1.1-21	Canalización de pluviales Pk 3 + 518m
1.1-22	Saneamiento Pk 3 + 527m
1.1-23	Canalización de pluviales Pk 3 + 538m
1.1-24	Canalización de pluviales Pk 3 + 555m
1.1-25	Telefónica Pk 3 + 652m
1.1-26	Canalización de pluviales Pk 3 + 6660m

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

1.1-27	Saneamiento CABB Pk 3 + 748m
1.1-28	Camino Pk 3 + 778m a Pk 3 + 788m
1.1-29	Río Butron Pk 3 + 940m a Pk 3 + 972m
1.1-30	Canalización Gas Pk 3 + 988 m
1.1-31	Camino Pk 3 + 994m a Pk 4 + 012m
1.1-32	Carretera Pk 4 + 085m a Pk 4 + 168m
1.1-33	Saneamiento Municipal Pk 4 + 292m
1.1-34	Arroyo Pk 4 + 417m
1.1-35	Abastecimiento Udalsareak Pk 4 + 652m
1.1-36	Ctra. BI-2120 de Pk 4 + 817m – Pk 4 +828m
1.1-37	Abastecimiento Udalsareak Pk 4 + 927m
1.1-38	Abastecimiento Udalsareak Pk 5 + 363m
1.1-39	Abastecimiento Udalsareak Pk 5 + 370m
1.1-40	Abastecimiento Udalsareak Pk 5 + 406m
1.1-41	Abastecimiento Udalsareak Pk 5 + 410m
1.1-42	Abastecimiento Udalsareak Pk 5 + 600m
1.1-43	Abastecimiento Udalsareak Pk 5 + 607m
1.1-44	Arroyo Zaldizuri Pk 9 + 279m
1.1-45	Ctra. BI-3117 Pk 10 + 847m a Pk 10 + 854m
1.1-46	Red desconocida Pk 12 + 168m
1.1-47	Red desconocida Pk 12 + 220m
1.1-48	Canalización Iberdrola MT Pk 12 + 231m
1.1-49	Tubería desconocida Pk 12 + 360m
1.1-50	Tubería desconocida Pk 12 + 420m

Tabla 10: Relación de servicios afectado por paralelismos

PARALELSMO Nº	SERVICIOS AFECTADOS
1.1-1	Canalización Gas Pk 1 + 000 m a Pk 1 + 195m
1.1-2	Abastecimiento Pk 11 + 155 m a Pk 11 + 630m

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

10 RELACIÓN DE MINISTERIOS, ORGANISMOS O EMPRESAS DE SERVICIO PÚBLICO O SERVICIOS DE INTERÉS GENERAL, EN LA PARTE QUE LA INSTALACIÓN PUEDA AFECTAR A BIENES Y DERECHOS A SU CARGO

Los organismos y entidades que se prevé se verán afectados por la nueva línea eléctrica son:

- AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD AÉREA (AESA)
- AGENCIA VASCA DEL AGUA (URA)
- CAPITANÍA MARÍTIMA DE BILBAO
- CAPITANÍA MARÍTIMA DE PASAIA
- CENTRO TECNOLÓGICO EXPERTO EN INNOVACIÓN MARINA Y ALIMENTARIA (A.Z.T.I.)
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL CANTÁBRICO
- DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN EL PAÍS VASCO
- DEMARCACIÓN DE COSTAS DEL PAÍS VASCO
- DIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL DE LA VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE DEL GOBIERNO VASCO
- DIRECCIÓN DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DE LA VICECONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y POLÍTICA ALIMENTARIA DEL GOBIERNO VASCO
- DIRECCIÓN DE CULTURA DEL DEPARTAMENTO DE EUSKERA Y CULTURA. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- DIRECCIÓN DE DESARROLLO INDUSTRIAL DE LA VICECONSEJERÍA DE INDUSTRIA DEL GOBIERNO VASCO
- DIRECCIÓN DE DESARROLLO RURAL Y LITORAL Y POLÍTICAS EUROPEAS DE LA VICECONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y POLÍTICA ALIMENTARIA DEL GOBIERNO VASCO
- DIRECCIÓN DE ENERGÍA, MINAS Y ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL DE LA VICECONSEJERÍA DE INDUSTRIA DEL GOBIERNO VASCO
- DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS Y DESARROLLO TERRITORIAL DEL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO Y TERRITORIAL. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- DIRECCIÓN DE PATRIMONIO CULTURAL DE LA VICECONSEJERÍA DE CULTURA DEL GOBIERNO VASCO
- DIRECCIÓN DE PATRIMONIO NATURAL Y CAMBIO CLIMÁTICO DE LA VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE DEL GOBIERNO VASCO

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- DIRECCIÓN DE PESCA Y ACUICULTURA DE LA VICECONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y POLÍTICA ALIMENTARIA DEL GOBIERNO VASCO
- DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, URBANISMO Y REGENERACIÓN URBANA DE LA VICECONSEJERÍA DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL DEL GOBIERNO VASCO
- DIRECCIÓN DE PUERTOS Y ASUNTOS MARÍTIMOS DE LA VICECONSEJERÍA DE INFRAESTRUCTURAS Y TRANSPORTES DEL GOBIERNO VASCO
- DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA Y ESTRATEGIA DE LA VICECONSEJERÍA DE TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD DEL GOBIERNO VASCO
- DIRECCIÓN GENERAL DE BELLAS ARTES Y PATRIMONIO CULTURAL DEL MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTE
- DIRECCIÓN GENERAL DE LA MARINA MERCANTE
- DIRECCIÓN GENERAL DE PROMOCIÓN EMPRESARIAL Y DESARROLLO ECONÓMICO DEL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO Y TERRITORIAL. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- E.V.E (ENTE VASCO DE LA ENERGÍA)
- ENAGAS
- FEDERACIÓN COFRADÍAS DE PESCADORES BIZKAIA
- FEDERACIÓN COFRADÍAS DE PESCADORES GIPUZKOA
- FEDERACIÓN NACIONAL DE COFRADÍAS DE PESCADORES
- IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA S.A.U.
- INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA-IEO
- INSTITUTO HIDROGRÁFICO DE LA MARINA
- PUERTOS DEL ESTADO
- SECCIÓN DE ORDENACIÓN TERRITORIAL DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y COHESIÓN DEL TERRITORIO. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- SECRETARIA DE ESTADO DE DEFENSA
- SECRETARÍA DE ESTADO DE ENERGÍA
- SERVICIO DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO AMBIENTE. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- SERVICIO DE DESARROLLO RURAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO AMBIENTE. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- SERVICIO DE FAUNA CINEGÉTICA Y PESCA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO AMBIENTE. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622 2MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- SERVICIO DE GESTIÓN AMBIENTAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO AMBIENTE. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- SERVICIO DE HIDROLOGÍA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO AMBIENTE. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- SERVICIO DE MONTES DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO AMBIENTE. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- SERVICIO DE PATRIMONIO NATURAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO AMBIENTE. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- SERVICIO DE PLANEAMIENTO URBANÍSTICO DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y COHESIÓN DEL TERRITORIO. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA.
- SUBDELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN BIZKAIA
- SUBDELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN GIPUZKOA
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE ACUERDOS Y ORGANIZACIONES REGIONALES DE PESCA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS PESQUEROS
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE ACUICULTURA Y COMERCIALIZACIÓN PESQUERA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENACIÓN PESQUERA Y ACUICULTURA
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE SOSTENIBILIDAD DE LA COSTAS Y DEL MAR
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL.
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE FOMENTO DEL DESARROLLO RURAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL Y POLÍTICA FORESTAL
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN INTEGRADA DE DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y TECNOLOGÍA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO NATURAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA FORESTAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL Y POLÍTICA FORESTAL
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS PESQUEROS DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS PESQUEROS
- SUBDIRECCIÓN GENERAL PARA LA PROTECCIÓN DE LA COSTA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE SOSTENIBILIDAD DE LA COSTAS Y DEL MAR

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- SUBDIRECCIÓN GENERAL PARA LA PROTECCIÓN DEL MAR DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE SOSTENIBILIDAD DE LA COSTAS Y DEL MAR
- SUBSECRETARÍA DE FOMENTO
- VICECONSEJERÍA DE TRANSPORTES DEL GOBIERNO VASCO
- AYUNTAMIENTO DE BAKIO (inicialmente no afectado por el proyecto)
- AYUNTAMIENTO DE LAUKIZ (inicialmente no afectado por el proyecto)
- AGENCIA VASCA DE TURISMO (BASQUETOUR)
- ALNITAK. MARINE RESERACH CENTRE
- ASOCIACIÓN AGRARIA EHNE BIZKAIA
- ASOCIACIÓN ASTONDOPUNTA
- ASOCIACIÓN CENTAUREA
- ASOCIACIÓN CULTURAL EGUZKIZALEAK
- ASOCIACIÓN DE ARMADORES DE BUQUES DE GIPUZKOA (GARELA)
- ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE PESCA DE BACALAO (ARGUIBA-ARBAC)
- ASOCIACIÓN DE MEDIANOS Y PEQUEÑOS PESQUEROS AL FRESCO NORTE Y NOROESTE DE ESPAÑA (NORPESC)
- ASOCIACIÓN DE ORGANIZACIONES DE PRODUCTORES DE PESCA DEL CANTÁBRICO
- ASOCIACIÓN EGUZKI
- ASOCIACIÓN ESPITZU
- ASOCIACIÓN LANIUS
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE ARMADORES DE BUQUES ATUNEROS CONGELADORES (ANABAC)
- ASOCIACIÓN NATURALISTA TXIPIO BAI
- ASOCIACIÓN ORNITOLÓGICA LANIUS
- ASOCIACIÓN TALAIA
- ASOCIACIÓN TXIRPIAL
- ASOCIACIÓN VASCA DE AMIGOS DE LOS DELFINES Y BALLENAS (PAÍS VASCO) (EIBE)
- AYUNTAMIENTO DE BAKIO
- AYUNTAMIENTO DE LAUKIZ
- BIZKAIA EUSKAL NEKAZARIEN BATASUNA (ENBA)
- BUTROIK BIZIRIK
- CÁMARA DE COMERCIO, INDUSTRIA Y NAVEGACIÓN DE BILBAO
- CENTRO PARA EL AHORRO Y DESARROLLO ENERGÉTICO Y MINERO, S.A. (CADEM)

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- CICLO INTERNACIONAL DE CINE SUBMARINO DE SAN SEBASTIÁN
- CÍRCULO DE EMPRESARIOS VASCOS (CEV)
- COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE BIZKAIA
- CONFEBASK - CONFEDERACIÓN EMPRESARIAL VASCA
- CONFEDERACIÓN EMPRESARIAL DE BIZKAIA (CEBEK)
- CONSEJO SUPERIOR DE COOPERATIVAS DE EUSKADI
- CONSORCIO DE AGUAS BILBAO
- CULTURA - OCIO - TURISMO (AKTUAL)
- EGUZKI TALDE EKOLOGISTA
- EKOLOGISTAK MARTXAN BIZKAIA
- EKOLOGISTAK MARTXAN GIPUZKOA
- EUDEL (ASOCIACIÓN DE MUNICIPIOS VASCOS)
- FEDERACIÓN DE COOPERATIVAS AGRO-ALIMENTARIAS DE EUSKADI
- FUNDACIÓN INSTITUTO DE TRANSPORTE Y COMERCIO
- GREENPEACE
- IHOBE - SOCIEDAD PÚBLICA DE GESTIÓN AMBIENTAL
- INGENIERÍA SIN FRONTERAS DEL PAÍS VASCO
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA - IGME
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y EL AHORRO DE LA ENERGÍA-(IDAE)
- INSTITUTO VASCO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGRARIO (NEIKER TECNALIA)
- IZATE ASOCIACIÓN MEDIOAMBIENTAL
- NATUR-ASOCIACIÓN EUSKALHERRIA.
- OFICINA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO
- ORGANIZACIÓN DE PRODUCTORES DE PESCA DE ALTURA DEL PUERTO DE ONDARROA (OPPAO)
- ORGANIZACIÓN DE PRODUCTORES DE PESCA DE BAJURA DE GUIPÚZCOA (OPEGUI)
- ORGANIZACIÓN DE PRODUCTORES DE PESCA DE BAJURA DE VIZCAYA (OPESCAYA)
- ORGANIZACIÓN DE PRODUCTORES DE TUNIDOS CONGELADOS (OPTUC)
- ORGANIZACIÓN ECOLOGISTA OCEANA
- SAGARRAK EKOLOGISTA TALDEA
- SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE
- SEO/BIRDLIFE

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- SOCIEDAD CONSERVACIÓN VERTEBRADOS (SCV)
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CETÁCEOS (SEC)
- SOCIEDAD PARA EL ESTUDIO Y LA CONSERVACIÓN DE LA FAUNA MARINA (AMBAR ELKARTEA)
- UNIÓN DE SILVICULTORES DEL SUR DE EUROPA (USSE)
- WWF/ADENA

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622 2MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

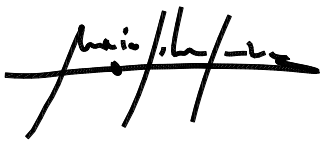
11 RELACIÓN DE AYUNTAMIENTOS

COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TERRITORIO HISTÓRICO DE BIZKAIA

- AYUNTAMIENTO DE GATIKA
- AYUNTAMIENTO DE LEMOIZ
- AYUNTAMIENTO DE MARURI – JATABE
- AYUNTAMIENTO DE MUNGIA

Madrid, abril de 2021
La Ingeniera Industrial



María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº4123/3353

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



ANTEPROYECTO

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA - FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA

LÍNEA SUBTERRÁNEA - SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400 kV

GATIKA – FRONTERA FRANCESA

DOCUMENTO 2
CÁLCULOS

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS16195962 22MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

DOCUMENTO Nº 2 CÁLCULOS

1 INTRODUCCIÓN 3

2 CÁLCULOS ELÉCTRICOS 3

2.1 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN RÉGIMEN PERMANENTE 3

2.2 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN CORTOCIRCUITO 12

2.3 CÁLCULO DEL CAMPO MAGNÉTICO 15

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622 2MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

1 INTRODUCCIÓN

Este documento contiene los cálculos eléctricos de la línea a ±400 kV_{cc} de enlace entre estaciones conversoras del anteproyecto de interconexión eléctrica Golfo de Bizkaia.

2 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Los cálculos eléctricos realizados son:

- Intensidad máxima admisible en régimen permanente
- Intensidad máxima admisible en cortocircuito
- Campo magnético

En corriente continua no se inducen corrientes en las pantallas metálicas, por lo que no se realiza el cálculo de tensiones inducidas que sí se realiza en los enlaces de corriente alterna.

2.1 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN RÉGIMEN PERMANENTE

Para calcular la intensidad máxima admisible en servicio continuo se tendrán en cuanta los siguientes parámetros:

- La temperatura de operación de los conductores
- La resistencia óhmica longitudinal de los componentes conductores del cable
- La resistencia térmica radial de los componentes no metálicos del cable
- La resistencia térmica del medio que rodea al cable
- La temperatura ambiente que se adopta para los cálculos.

Las características de los cables se incluyen en el Documento 1: Memoria. Las dimensiones y profundidades de las canalizaciones (zanja y perforaciones dirigidas) se incluyen en el Documento 3: Planos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622 2MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Tabla 1: Secciones de conductor

Tramo	Conductor	Aislamiento
Subterráneo-zanja	Cu 1800 mm^2	XLPE
Subterráneo-perforaciones dirigidas PH1 a PH6	Cu 1800 mm^2	XLPE
Subterráneo-submarino: perforación dirigida PH7	Circuito 1: Cu 1800 mm^2	XLPE
	Circuito 2: Cu 2500 mm^2	MI
Submarino	Circuito 1: Cu 1000 mm^2	XLPE
	Circuito 2: Cu 1400 mm^2	MI

En todos los casos, se ha empleado para el cálculo de la corriente en régimen permanente la norma IEC 60287 equivalente a la UNE 21144, “Cálculo de la intensidad admisible en los cables aislados en régimen permanente (factor de carga 100%)”.

Se debe tener en cuenta que, con respecto al cálculo en corriente alterna, en corriente continua no se consideran las pérdidas en el dieléctrico ni se producen el efecto piel ni el efecto de proximidad. Las pérdidas dieléctricas sólo se aplican a cables de corriente alterna. Los efectos de proximidad y piel son efectos inductivos asociados a la variación del campo magnético que se produce en corriente alterna. Igualmente, no existen pérdidas en la pantalla debido a que no se inducen corrientes en la misma.

La intensidad se deduce de la expresión para el calentamiento de un cable por encima de la temperatura ambiente:

$$I = \sqrt{\frac{(\vartheta - \vartheta_{amb}) \cdot 1000}{R \cdot (T_1 + T_2 + T_4)}}$$

Siendo:

I Intensidad del conductor ..... A

ϑ Temperatura del conductor ..... °C

ϑ_{amb} Temperatura ambiente ..... °C

T_1 Resistencia térmica por unidad de longitud entre conductor y la pantalla ..... K.m/W

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

T_2 Resistencia térmica por unidad de longitud entre la pantalla y la cubierta exterior del cable ……K.m/W

T_4 Resistencia térmica por unidad de longitud entre la superficie del cable y el medio ambiente.....K.m/W

R Resistencia del conductor en corriente continua, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio .....Ω/m

Cálculo de R:

$$R = R_0 \cdot \left[1 + \alpha_{Cu} \cdot (\vartheta - 20)\right]$$

Siendo:

R_0 resistencia del conductor en corriente continua a 20ºC .....…

α_{cu} coeficiente de variación a 20°C de la resistividad en función de la temperatura, por K

T temperatura máxima de servicio del conductor .....…

Cálculo de las resistencias térmicas:

T_1 se calcula para cada una de las capas comprendidas entre el conductor y la pantalla metálica con la fórmula más abajo expuesta; a continuación, se suman los diferentes valores.

T_2 se calcula para cada una de las capas comprendidas entre la pantalla metálica y la superficie del cable mediante la fórmula más abajo expuesta; luego se suman los diferentes valores.

$$T_{in} = \frac{\rho_{tn}}{2\pi} \ln\left(\frac{Dn}{dn}\right)$$

Siendo:

ρ_{tn} resistividad térmica del material.....K.m/W

D_n diámetro sobre la capa considerada ..... mm

d_n diámetro bajo la capa considerada ..... mm

Y la capacidad de transporte en corriente continua se calcula como:

$$P = 2 \cdot U_{cc} \cdot I_{max}$$

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Donde

Imax intensidad máxima admisible .....A

Ucc Tensión continua…….400 kV

2.1.1 Cálculo de la máxima intensidad admisible del circuito en zanja

Características de la instalación:

- Tipo de instalación ..... Zanja con tubos hormigonados
- Número de circuitos en servicio 2
- Distancia entre ejes de circuitos..... 2 m
- Configuración de los cables ..... Capa
- Distancia entre ejes de los cables..... 500 mm
- Profundidad de eje de los tubos ..... 1,32 m

  …….....(excepcionalmente 2,5 m en cruzamientos)
- Temperatura del suelo ..... 25 °C
- Resistividad térmica del suelo ..... 1 K·m/W
- Resistividad térmica del hormigón ..... 0,85 K·m/W

Cálculo de R:

$$R = R_0 \cdot \left[1 + \alpha_{Cu} \cdot (\vartheta - 20)\right]$$

Siendo:

R_0 resistencia del conductor en corriente continua a 20ºC..... 0,0101 Ω/km

α_{cu} coeficiente de variación a 20°C de la resistividad en función de la temperatura, por K ..... 0,00393 K^{-1}

T temperatura máxima de servicio del conductor..... 70 °C

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Cálculo de las resistencias térmicas:

T_1 se calcula para cada una de las capas comprendidas entre el conductor y la pantalla metálica con la fórmula más abajo expuesta; a continuación se suman los diferentes valores.

T_2 se calcula para cada una de las capas comprendidas entre la pantalla metálica y la superficie del cable mediante la fórmula más abajo expuesta; luego se suman los diferentes valores.

$$T_{in} = \frac{\rho_{tn}}{2\pi} \ln\left(\frac{Dn}{dn}\right)$$

Siendo:

ρ_{tn} resistividad térmica del material.....K.m/W

D_n diámetro sobre la capa considerada ..... mm

d_n diámetro bajo la capa considerada ..... mm

Tabla 2: Resistividades térmicas materiales-tramo zanja

Material	ρ_{tn} (K.m/W)
XLPE	3,5
Cubierta HDPE	3,5

Tabla 3: Resistividades térmicas-tramo zanja

Resultados (K.m/W)	
T_1	0,375
T_2	0,053

T_4 comprende cuatro partes:

- La resistencia térmica entre el cable y el tubo de polietileno $T4_1$
- La resistencia térmica del tubo de polietileno $T4_2$
- La resistencia térmica exterior al tubo $T4_3$
- La resistencia térmica mutua $T4_m$

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Tabla 4: Resistividades térmicas entorno- tramo zanja

Resultados (K.m/W)	
$T4_1$	0,278
$T4_2$	0,076
$T4_3$	1,174
$T4_m$	0,06
T4	**1,59**

Los resultados del cálculo de la intensidad máxima admisible en régimen permanente son los siguientes:

Tabla 5: Resultados- tramo zanja

Resultados tramo zanja	
Temperatura conductor	70 °C
Temperatura ambiente	25 °C
$\Delta\theta$	45°C
R	0,012 Ω/km
T1	0,375 K.m/W
T2	0,053 K.m/W
T4	1,59 K.m/W
Intensidad máxima por circuito	**1362 A**
Potencia máxima por circuito	**1090 MW**

2.1.2 Cálculo de la intensidad máxima admisible en las perforaciones horizontales dirigidas.

El cálculo de la intensidad máxima admisible en las perforaciones horizontales dirigidas (PHD) depende de la configuración de la perforación, de la profundidad necesaria y de la distancia entre los cables, por lo que cada perforación lleva un cálculo independiente.

La configuración de las perforaciones dirigidas es la incluida en el Documento 3: Planos

El cálculo se basa, al igual que en el tramo en zanja, en la norma IEC 60287 equivalente a la UNE 21144. Los cálculos, consideran las resistencias térmicas adicionales debidas a los tubos y vainas empleados para hacer las perforaciones dirigidas.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Dado que la profundidad y la configuración de la perforación están impuestas por los requerimientos constructivos se ha calculado para cada caso las corrientes máximas admisibles en cada caso, de forma que se verifique que en ningún caso se supera la temperatura máxima admitida por el material (70ºC para XLPE, 55ºC para MI).

Las hipótesis utilizadas en los cálculos son:

- Temperatura del suelo ..... en función de la profundidad

Tabla 6: Temperaura suelo en función de profundidad

Profundidad de los cables	Temperatura del suelo
< 5 m	25ºC
5 m < prof < 10 m	22ºC
10 m < prof < 15 m	20ºC
> 20 m	18ºC

- Resistividad térmica del suelo ..... 1 K·m/W

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para cada una de las perforaciones, considerando la temperatura máxima admisible en el material (70ºC para XLPE).

Tabla 7: Corrientes máxima admisible en las perforaciones PH1 a PH6

P.H.D. nº	Prof. –m–	Separación entre cables –m–	Imax. Admisible -A-
1	14,33	14	1451
2	19,9	14	1408
3	22,76	14	1385
4	25	14	1369
5	9,8	7,5	1400
6	31	14	1333

En el caso de la perforación dirigida PH7 de salida al mar, hay que considerar distintas temperaturas máximas admisibles para los cables de los circuitos 1 y 2:

- Circuito 1: XLPE, tª máxima 70ºC
- Circuito 2: MI, tª máxima 55 ºC

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Tabla 8: Corrientes máximas admisible en la perforación PH7

P.H.D. nº	Circuito nº	Prof. –m–	Separación entre cables –m–	Imax. Admisible -A-
7	1	90	30	1321
7	2	90	30	1317

2.1.3 Cálculo de la intensidad máxima admisible en el tramo submarino

El cálculo se basa, al igual que en los tramos en zanja y perforaciones, en la norma IEC 60287 equivalente a la UNE 21144.

Las hipótesis utilizadas en los cálculos son:

- Profundidad de los cables ..... 1 m
- Temperatura del agua ..... 17°C
- Resistividad térmica del agua ..... 0,75 K·m/W

Cálculo de R:

$$R = R_0 \cdot \left[1 + \alpha_{Cu} \cdot (\vartheta - 20)\right]$$

Circuito 1: Cable XLPE, Cu 1000 mm²

R_0 resistencia del conductor en corriente continua a 20ºC..... 0,0176 Ω/km

α_{cu} coeficiente de variación a 20°C de la resistividad en función de la temperatura, por K ..... 0,00393 K^{-1}

T temperatura máxima de servicio del conductor..... 70 °C

R resistencia del conductor en corriente continua a 70ºC..... 0,02106 Ω/km

Circuito 2: Cable MI, Cu 1400 mm²

R_0 resistencia del conductor en corriente continua a 20ºC..... 0,0129 Ω/km

α_{cu} coeficiente de variación a 20°C de la resistividad en función de la temperatura, por K ..... 0,00393 K^{-1}

T temperatura máxima de servicio del conductor..... 55 °C

R resistencia del conductor en corriente continua a 70ºC..... 0,01467 Ω/km

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Cálculo de las resistencias térmicas:

T_1 se calcula para cada una de las capas comprendidas entre el conductor y la pantalla metálica con la fórmula más abajo expuesta; a continuación se suman los diferentes valores.

T_2 se calcula para cada una de las capas comprendidas entre la pantalla metálica y la superficie del cable mediante la fórmula más abajo expuesta; luego se suman los diferentes valores.

$$T_{in} = \frac{\rho_{tn}}{2\pi} \ln\left(\frac{Dn}{dn}\right)$$

Siendo:

ρ_{tn} resistividad térmica del material.....K.m/W

D_n diámetro sobre la capa considerada ..... mm

d_n diámetro bajo la capa considerada ..... mm

Tabla 9: Resistividades térmicas materiales-tramo submarino

Material	ρ_{tn} (K.m/W)	
	Circuito 1	Circuito 2
Aislante	XLPE: 3,5	MI 6
Capa de acomodo	6	6
Cubierta	6	6

Tabla 10: Resistividades térmicas -tramo submarino

Resultados (K.m/W)		
	Circuito 1	Circuito 2
T_1 – entre conductor y pantalla	0,503	0,595
T_2 – entre pantalla y armadura	0,067	0,082
T_2 – entre armadura y exterior del cable	0,063	0,0684

T_4 es la resistencia térmica del medio que rodea a los cables

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Tabla 11: Resistividad térmica entorno-tramo submarino

Resultados (K.m/W)		
	Circuito 1	**Circuito 2**
T_4	0,75	0,76

Los resultados del cálculo de la intensidad máxima admisible en régimen permanente son los siguientes:

Tabla 12: Resultados -tramo submarino

Resultados tramo submarino		
	Circuito 1	**Circuito 2**
Temperatura conductor	70 °C	55 °C
Temperatura ambiente	17 °C	17 °C
$\Delta\theta$	53°C	38°C
R	0,02106 Ω/km	0,01467 Ω/km
T1	0,503 K.m/W	0,595 K.m/W
T2	0,129 K.m/W	0,082 K.m/W
T4	0,75 K.m/W	0,76 K.m/W
Intensidad máxima por circuito	**1348 A**	**1311 A**
Potencia máxima por circuito	**1079 MW**	**1049 MW**

En todos los casos la capacidad de transporte es superior a la requerida para el enlace.

2.2 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN CORTOCIRCUITO

2.2.1 Intensidad máxima admisible en cortocircuito en el conductor

La corriente de cortocircuito admisible en el conductor se calcula según la Norma IEC 60949 equivalente a la UNE 21192, teniendo en cuenta la hipótesis adiabática y utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{ad}^2 t = K^2 S^2 \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)$$

Siendo:

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

I_{ad} Corriente de cortocircuito admisible ..... A

t Duración del cortocircuito ..... s

K Constante de la naturaleza del metal del conductor ..... A s½/mm²

S Sección nominal del conductor ..... mm²

θ_f Temperatura final ..... °C

θ_i Temperatura inicial ..... °C

β Valor inverso del coeficiente de variación de la resistencia del metal del conductor a 0ºC ..... K

Tabla 13: Icc máxima en conductor

Resultados Icc máxima en conductor				
	Cu 1800, XLPE	**Cu 1000, XLPE**	**Cu 1400, MI**	**Cu 2500, MI**
θ_i	70°C	70ºC	55ºC	55ºC
θ_f	250°C	250ºC	250ºC	250ºC
S	1800 mm²	1000 mm²	1400 mm²	1400 mm²
K	226 A s½/mm²	226 A s½/mm²	226 A s½/mm²	226 A s½/mm²
β	234,5 K	234,5 K	234,5 K	234,5 K
t	0,5 s	0,5 s	0,5 s	0,5 s
I_{ad}	**391 kA**	**217 kA**	**321 kA**	**573 kA**

2.2.2 Intensidad máxima admisible en cortocircuito en la pantalla

La corriente de cortocircuito admisible en la pantalla se calcula según la Norma IEC 60949 equivalente a la UNE 21192, teniendo en cuenta la hipótesis adiabática y utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{ad}^2 t = K^2 S^2 \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)$$

Siendo:

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

I_{ad} Corriente de cortocircuito admisible .....A

t Duración del cortocircuito ..... s

K Constante de la naturaleza del metal de la pantalla..... A s½/mm²

S Sección nominal de la pantalla ..... mm²

θ_f Temperatura final..... °C

θ_i Temperatura inicial ..... °C

β Valor inverso del coeficiente de variación de la resistencia del metal de la pantalla a 0ºC .....K

Tabla 14: Icc máxima en pantalla

Resultados Icc máxima en pantalla				
	Cu 1800, XLPE Pantalla aluminio	**Cu 1000, XLPE Pantalla plomo**	**Cu 1400, MI Pantalla plomo**	**Cu 2500, MI Pantalla plomo**
θ_i	62°C	51ºC	40ºC	48ºC
θ_f	250°C	200ºC	200ºC	200ºC
S	374 mm²	881 mm²	912 mm²	1051 mm²
K	148 A s½/mm²	41 A s½/mm²	41 A s½/mm²	41 A s½/mm²
β	228 K	230 K	230 K	230 K
t	0,5 s	0,5 s	0,5 s	0,5 s
I_{ad}	**55 kA**	**33 kA**	**36 kA**	**40 kA**

2.2.3 Intensidad máxima admisible en la armadura

La corriente de cortocircuito admisible en la armadura se calcula según la Norma IEC 60949 equivalente a la UNE 21192, utilizando la misma fórmula que en los apartados anteriores.

Tabla 15: Icc máxima en armadura

Resultados Icc máxima en armadura			
	Cu 1000, XLPE	**Cu 1400, MI**	**Cu 2500, MI**
θ_i	48,2ºC	38ºC	47ºC

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Resultados Icc máxima en armadura			
	Cu 1000, XLPE	**Cu 1400, MI**	**Cu 2500, MI**
θ_f	200ºC	200ºC	200ºC
S	1235 mm²	1235 mm²	1402 mm²
K	78 A s½/mm²	78 A s½/mm²	78 A s½/mm²
β	202 K	202 K	202 K
t	0,5 s	0,5 s	0,5 s
I_{ad}	**94 kA**	**98 kA**	**107 kA**

En todos los casos la corriente de cortocircuito es superior a la requerida.

2.3 CÁLCULO DEL CAMPO MAGNÉTICO

El campo magnético producido por una línea eléctrica formada por cables aislados depende de:

- Intensidad que circula por las partes metálicas de los cables.
- Distancia entre los cables que conforman la línea.
- Distancia del punto de cálculo a los cables que conforman la línea

Las características de la línea y las hipótesis de cálculo utilizadas son las siguientes:

Tabla 16: Hipótesis de cálculo para CM

Tensión nominal	± 400 kVcc[1]
Frecuencia	0 Hz
Disposición conductores	Zanjas independientes y perforaciones dirigidas en tramo subterráneo Cables independientes en tramo submarino, enterrados a 1 m
CdT nominal por enlace	1.035 MW (1293 A por cable)

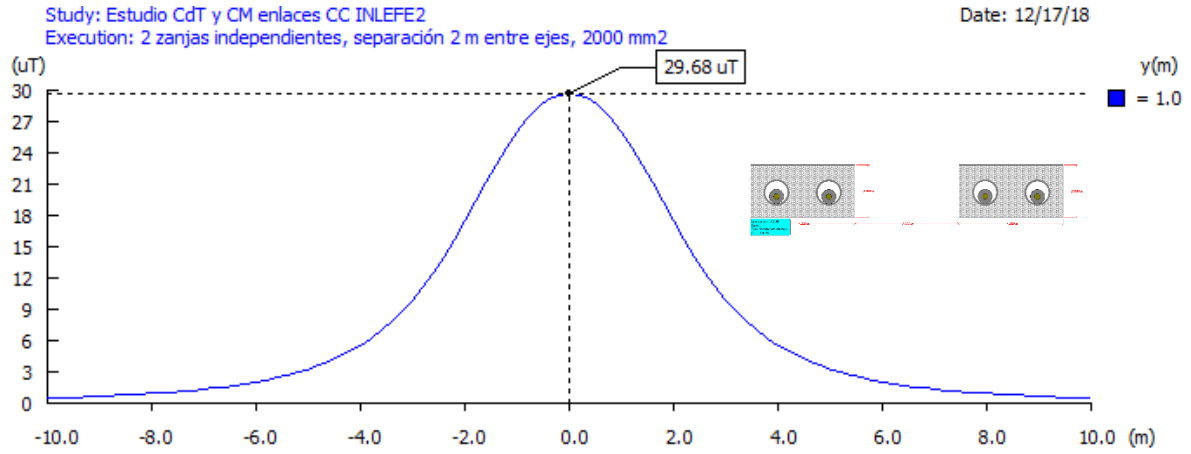
[1] *Este dato no interviene en el cálculo*

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.3.1 Cálculo magnético en zona terrestre-zanja

En la siguiente figura se muestran los niveles de campo magnético a 1 metro sobre el la superficie del terreno:

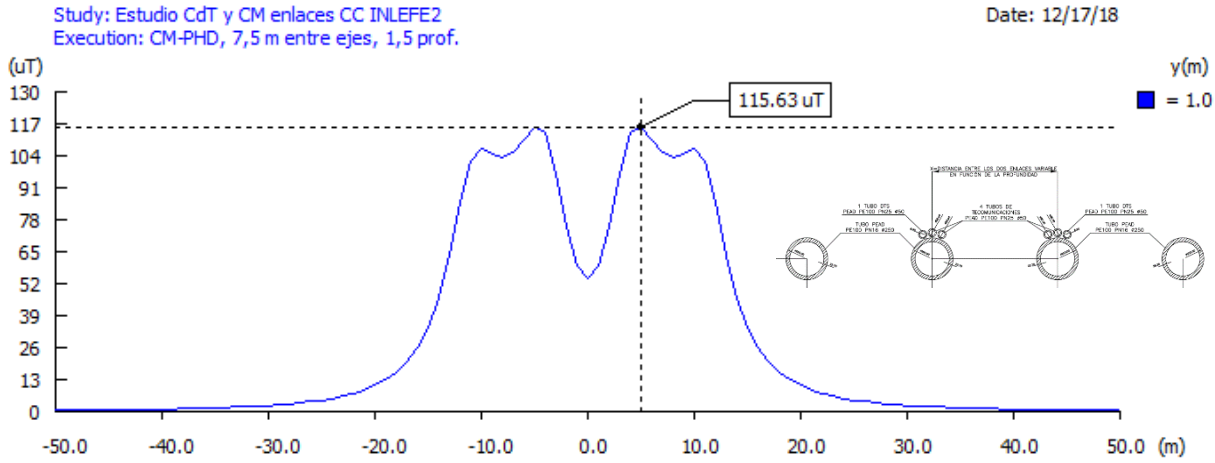
Ilustración 1: Niveles de campo magnético a 1 metro sobre el nivel del terreno. Zanja



2.3.2 Campo magnético en zona terrestre-perforaciones dirigidas

En las perforaciones dirigidas, el punto de mayor campo magnético es el de la entrada a la perforación donde la profundidad es menor. En la siguiente figura se muestran los niveles de campo magnético a 1 m sobre la superficie del terreno a la entrada de las perforaciones:

Ilustración 2: Niveles de campo magnético a 1 metro sobre el nivel del terreno. Zona entrada perforaciones dirigidas



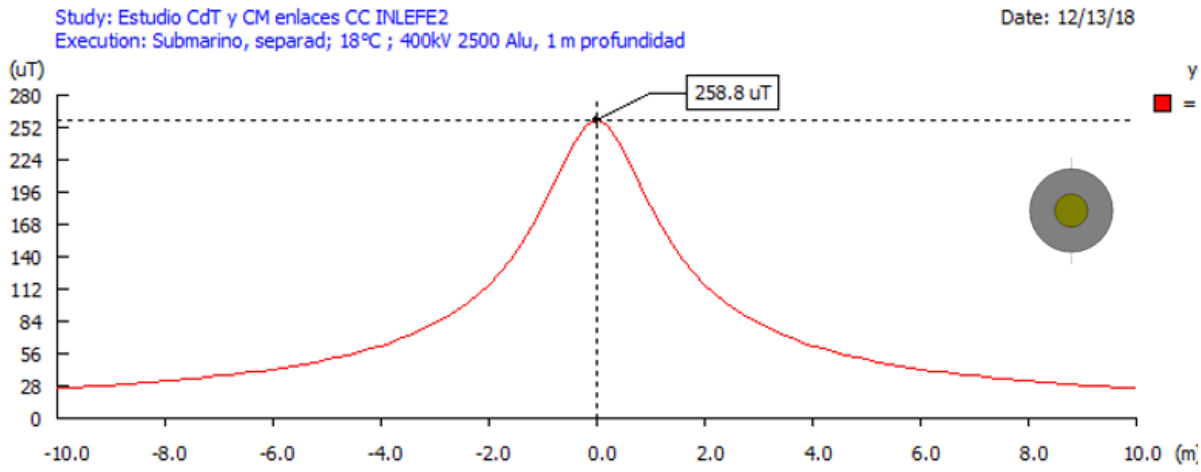
2.3.3 Campo magnético en zona submarina

En el tramo submarino se ha calculado el campo magnético provocado por un cable considerando que los demás están suficientemente lejos como para no influir. Esta es la

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

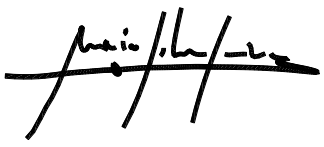
situación más desfavorable desde el punto de vista de campo magnético puesto que la corriente en un sentido no se ve compensada por la corriente circulando en sentido contrario. En la siguiente figura se muestran los valores de campo magnético sobre la superficie del suelo marino en dichas condiciones:

Ilustración 3: Niveles de campo magnético sobre la superficie del fondo marino. Cables independientes



Todos los valores anteriormente mostrados son muy inferiores a los niveles de referencia (40.000 µT)

Madrid, abril de 2021
La Ingeniera Industrial



María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº4123/3353

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ANTEPROYECTO

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA - FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA

LÍNEA SUBTERRÁNEA - SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400 kV GATIKA – FRONTERA FRANCESA

DOCUMENTO 3

PLANOS

DOCUMENTO Nº 3 PLANOS

Este documento consta de 55 páginas con los planos indicados:

	Nº DE PLANO	EDICIÓN	FECHA
1. SITUACIÓN			
PLANO DE SITUACIÓN	7983S001		03-21
2. PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA			
PLANO DE PERFIL Y PLANTA (39 Hojas)	7983L002		03-21
3. PLANOS DETALLE OBRA CIVIL			
ZANJA HORMIGONADA	7983LSZ001		12-20
ZANJA PARA ENTRONQUE CON PERFORACIÓN DIRIGIDA	7983LSZ002		12-20
SECCIÓN PERFORACIÓN DIRIGIDA TERRESTRE (HOJA 1 DE 2)	7983LSZ003		12-20
SECCIÓN PERFORACIÓN DIRIGIDA SALIDA AL MAR (HOJA 2 DE 2)	7983LSZ003		12-20
CÁMARA DE EMPALME CON P.AT. ENLACE 1 (HOJA 1 DE 2)	7983LSC001		12-20
CÁMARA DE EMPALME CON P.AT. ENLACE 2 (HOJA 2 DE 2)	7983LSC001		12-20
CÁMARA DE EMPALME SIN P.AT. ENLACE 1 (HOJA 1 DE 2)	7983LSC002		12-20
CÁMARA DE EMPALME SIN P.AT. ENLACE 2 (HOJA 2 DE 2)	7983LSC002		12-20
CÁMARA DE EMPALME CON SNAKING ENLACE 1 (HOJA 1 DE 2)	7983LSC003		12-20
CÁMARA DE EMPALME CON SNAKING ENLACE 2 (HOJA 2 DE 2)	7983LSC003		12-20
ARQUETA ESTANCA PARA INSTALACIÓN DE LA CAJA DE CONEXIÓN DE PANTALLAS	7983LSC004		12-20
4. PLANOS DETALLE TELECOMUNICACIONES			12-20
ZANJA TIPO FIBRA ÓPTICA PARA DERIVACIONES A ARQUETA	7983LST001		12-20
ARQUETA FIBRA ÓPTICA	7983LST002		12-20

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

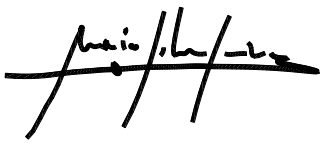
5. SOPORTES

MONTAJE TERMINALES CABLE	7983LSS001	12-20

6. VARIOS

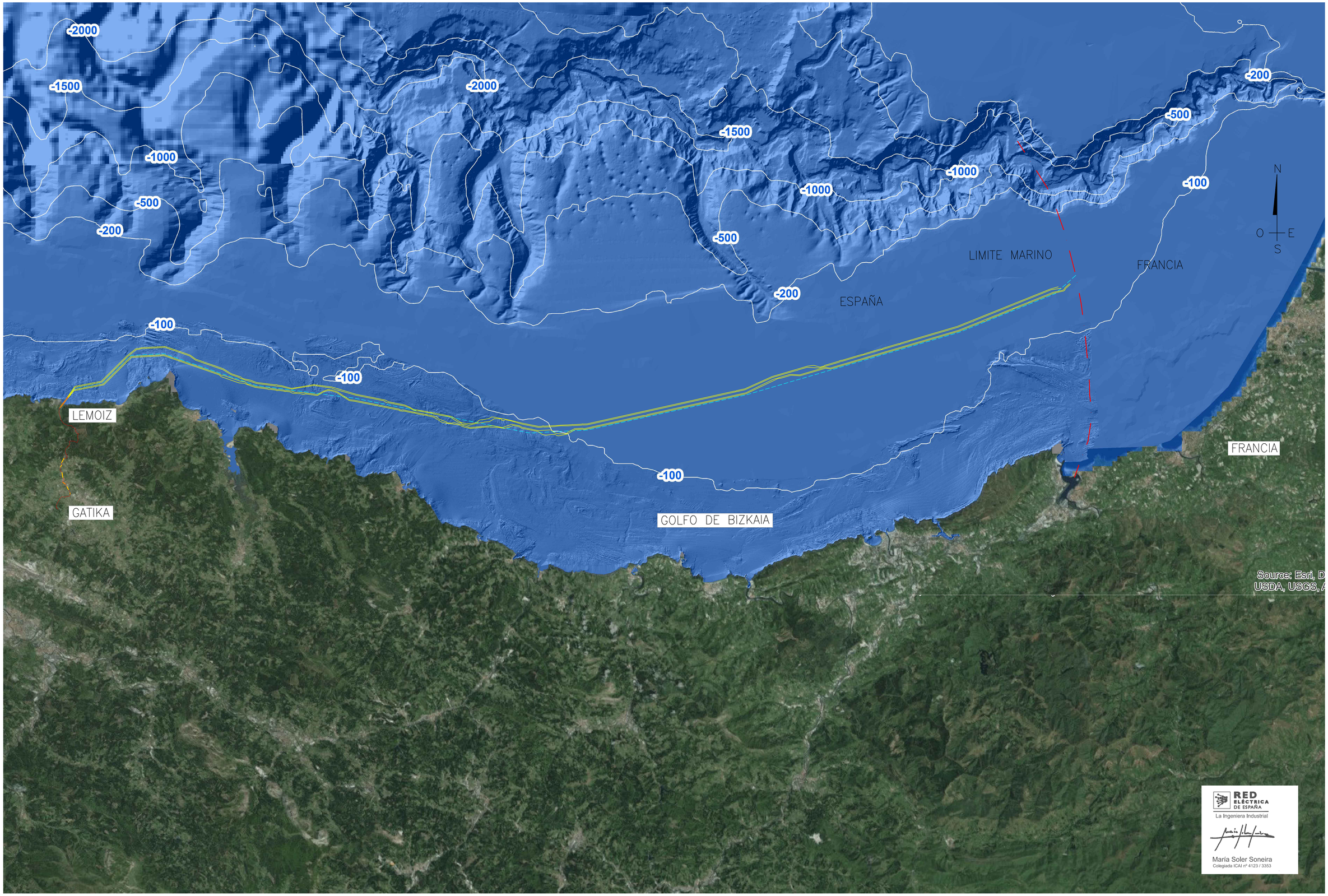
MANDRIL PARA TUBO DE ∅250 mm	7983LSMA001	12-20
MANDRIL PARA TUBO DE ∅ 40 mm	7983LSMA002	12-20
ARQUETA AYUDAL AL TENDIDO	7983LSV001	12-20

Madrid, abril de 2021
La Ingeniera Industrial



María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº4123/3353

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

LEYENDA

- TRAZADO EN ZANJA INTERCONEXIÓN ESPAÑA – FRANCIA
- TRAZADO P.H.D. INTERCONEXIÓN ESPAÑA – FRANCIA
- TRAZADO SUBMARINO INTERCONEXIÓN ESPAÑA–FRANCIA

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N
A	03–2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12/2020	V.G.L	
VERIFICADO	12/2020	S.M.M.	
APROBADO	12/2020	M.S.S.	

ESCALA : 1/125000

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

SITUACIÓN

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:
Nº 7983S001
Hoja 01 de 01

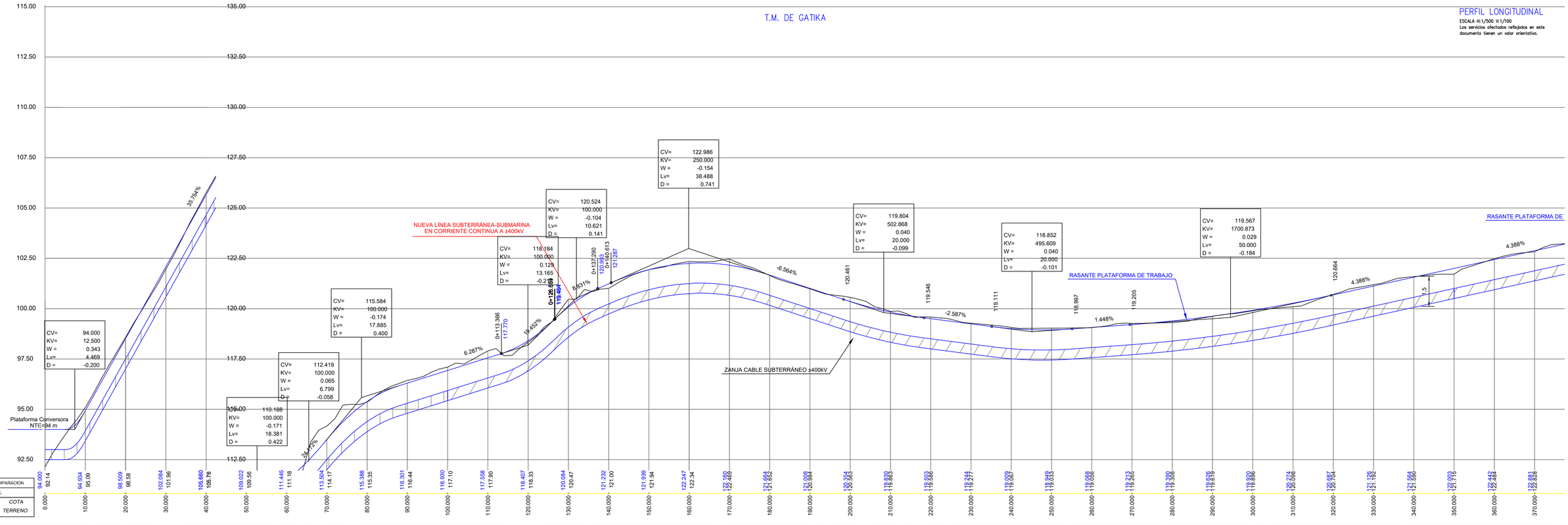
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº 119421 - Fecha: 23/12/2020 - Trabajo profesional colegiado
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1915552230A1m7 OdA
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.cdc.icai.es/verificacion-de-documentos

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

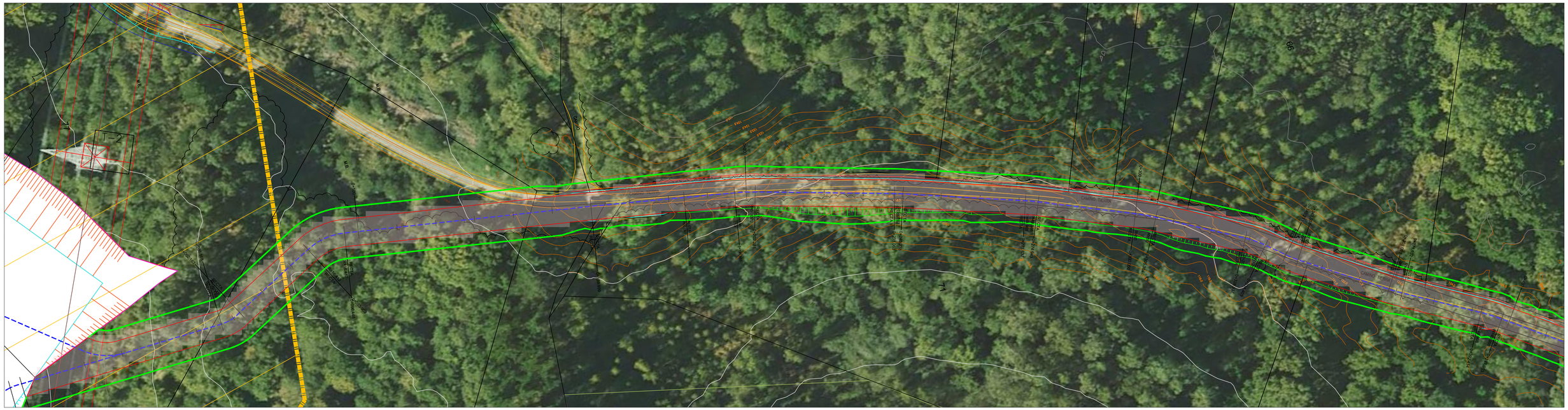
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

T.M. DE GATIKA



PLANO DE COMPARACION	
P.K.	
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO

P.K.	COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO
0.000	94.000	92.14
10.000	94.634	95.09
20.000	98.509	98.58
30.000	102.084	101.96
40.000	105.660	105.76
50.000	109.022	109.56
60.000	111.445	111.18
70.000	113.504	114.17
80.000	115.388	115.35
90.000	116.301	116.44
100.000	116.930	117.10
110.000	117.558	117.90
120.000	118.407	118.33
130.000	120.084	120.47
140.000	121.232	121.00
150.000	121.939	121.94
160.000	122.247	122.34
170.000	122.460	122.460
180.000	121.664	121.652
190.000	121.088	120.904
200.000	120.354	120.363
210.000	119.830	119.883
220.000	119.563	119.563
230.000	119.344	119.277
240.000	119.098	119.067
250.000	118.933	118.933
260.000	119.088	119.058
270.000	119.213	119.263
280.000	119.392	119.308
290.000	119.626	119.619
300.000	119.880	119.880
310.000	120.274	120.088
320.000	120.687	120.704
330.000	121.126	121.162
340.000	121.564	121.560
350.000	122.003	121.713
360.000	122.443	122.484
370.000	122.881	122.828

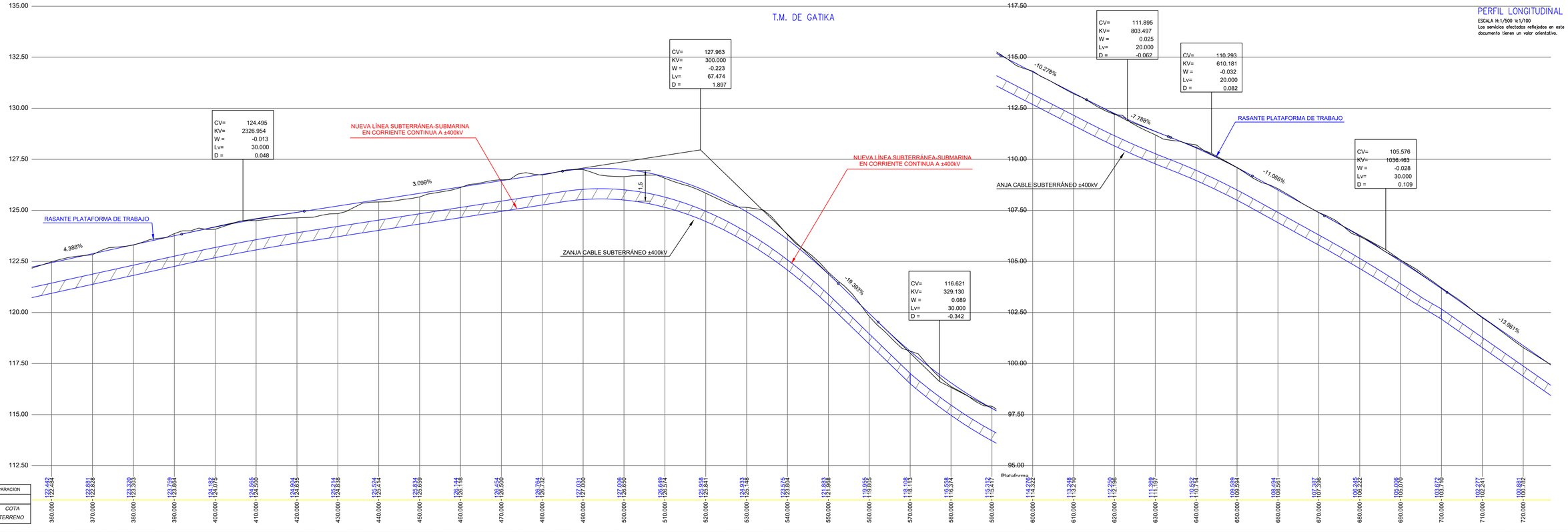

T-1
T-2
CAMINO TIERRA
CAMINO TIERRA
CAMINO TIERRA

T.M. DE GATIKA

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



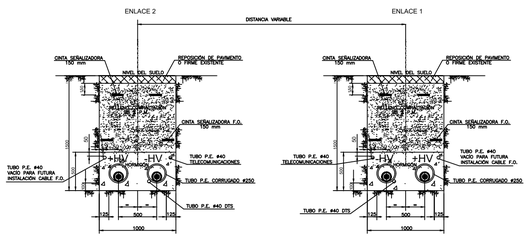


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA

CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc

CABLE EN P.H.D.

LEYENDA SERVICIOS

- GAS — GAS — RED Gas NORTEGAS
- SANEAMIENTO CABB — RED Saneamiento CABB
- SANEAMIENTO MUNICIPAL — RED Saneamiento MUNICIPAL
- TESA — TESA — TESA — RED TESA Telefonica de España
- ABASTECIMIENTO AGUA URA — RED Abastecimiento AGUA URA
- Abastecimiento — RED Abastecimiento UDALSAREAK
- ABAST. — ABAST. — RED Abastecimiento PRIVADA
- MT — MT — MT — RED MT IBERDROLA
- M. — M. — M. — RED BT IBERDROLA
- ALUM — ALUM — RED Alumbrado
- PLUV — PLUV — RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira

Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRANEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400KV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 02 DE 39

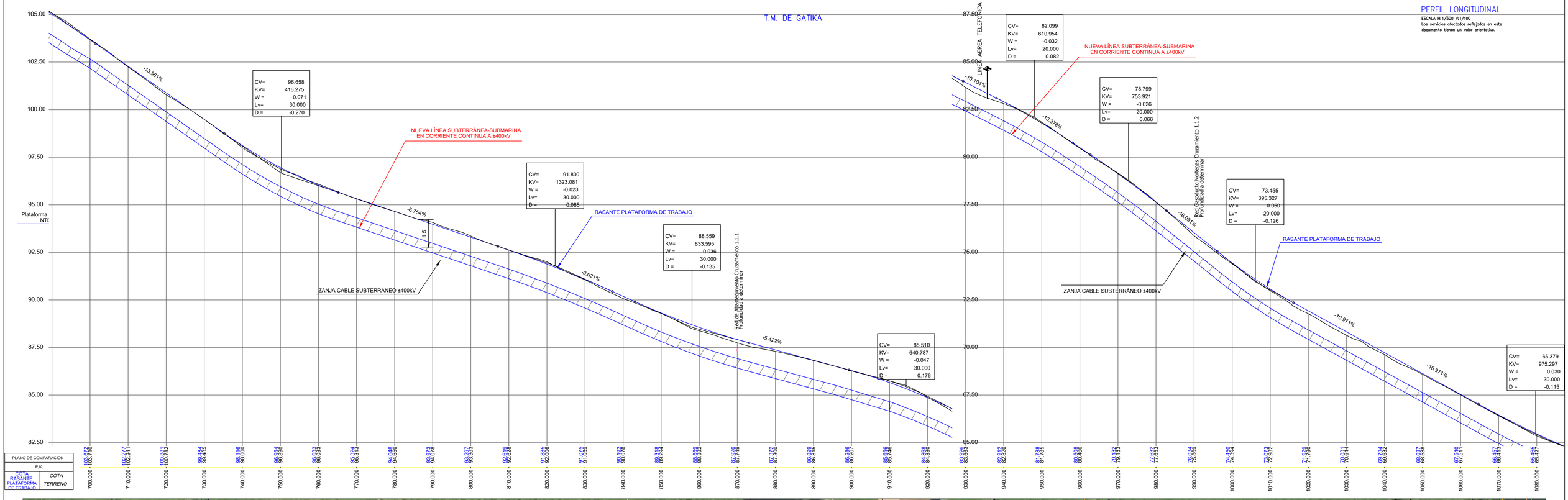
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Autorizado el acceso mediante CSV: 2PS151595ZSMAN4YTOAA Asimismo verificable a través de la página: https://www.cia.es/verificacion-de-documentos

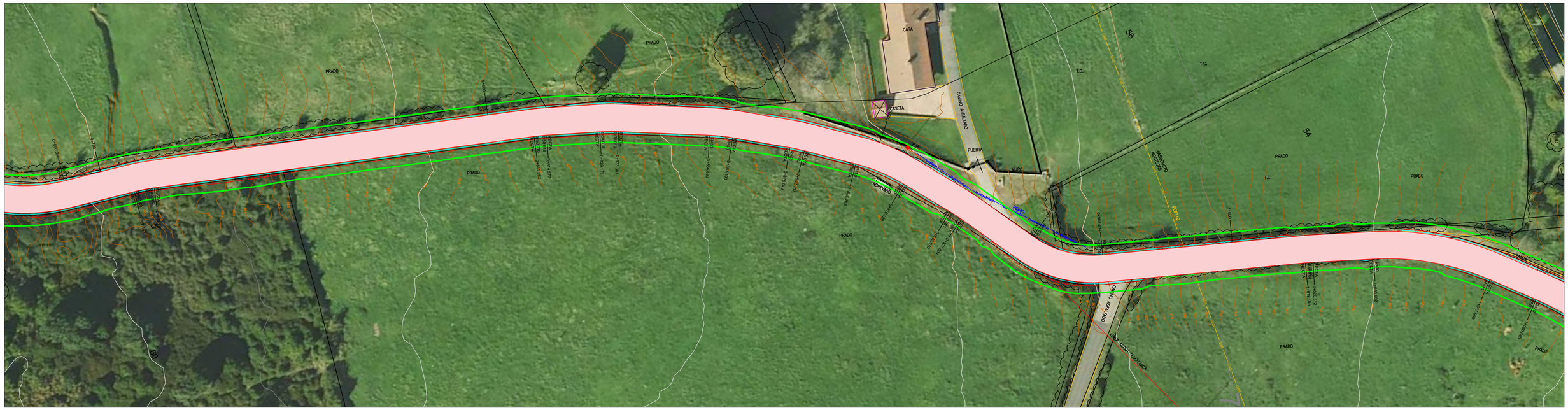
T.M. DE GATIKA

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



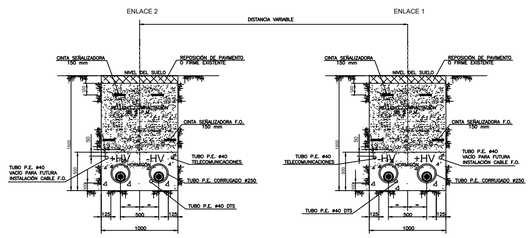


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

- RED Gas NORTEGAS
- RED Saneamiento CABB
- RED Saneamiento MUNICIPAL
- RED TESA Telefonica de España
- RED Abastecimiento AGUA URA
- RED Abastecimiento UDALSAREAK
- RED Abastecimiento PRIVADA
- RED MT IBERDROLA
- RED BT IBERDROLA
- RED Alumbrado
- RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRANEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

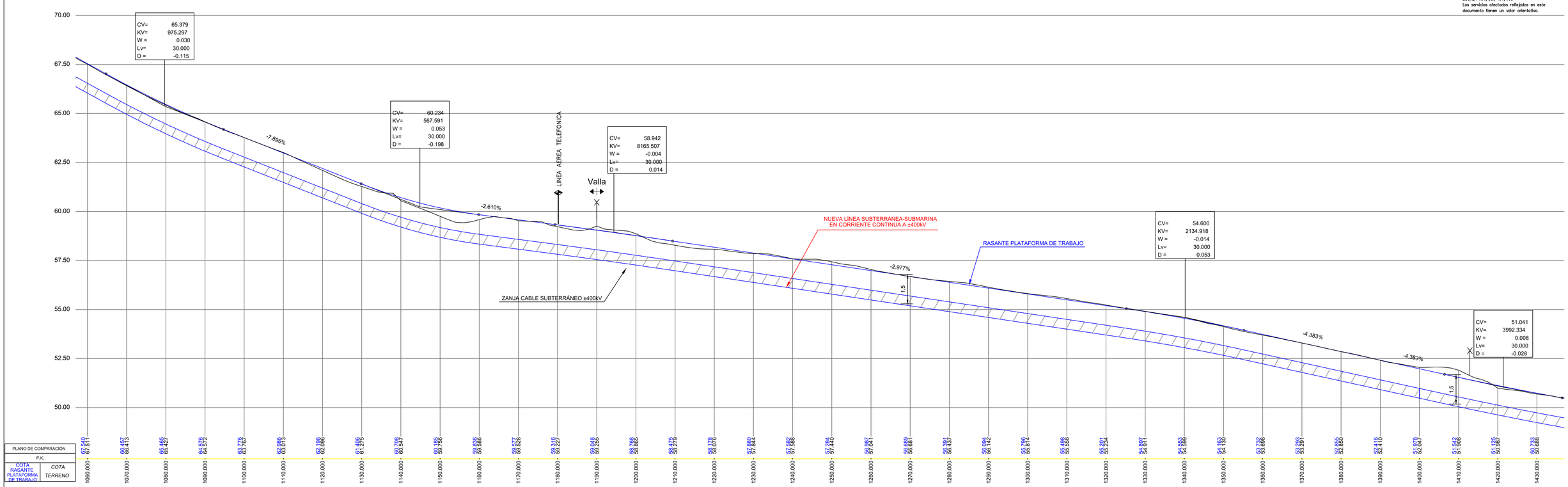
HOJA 03 DE 39

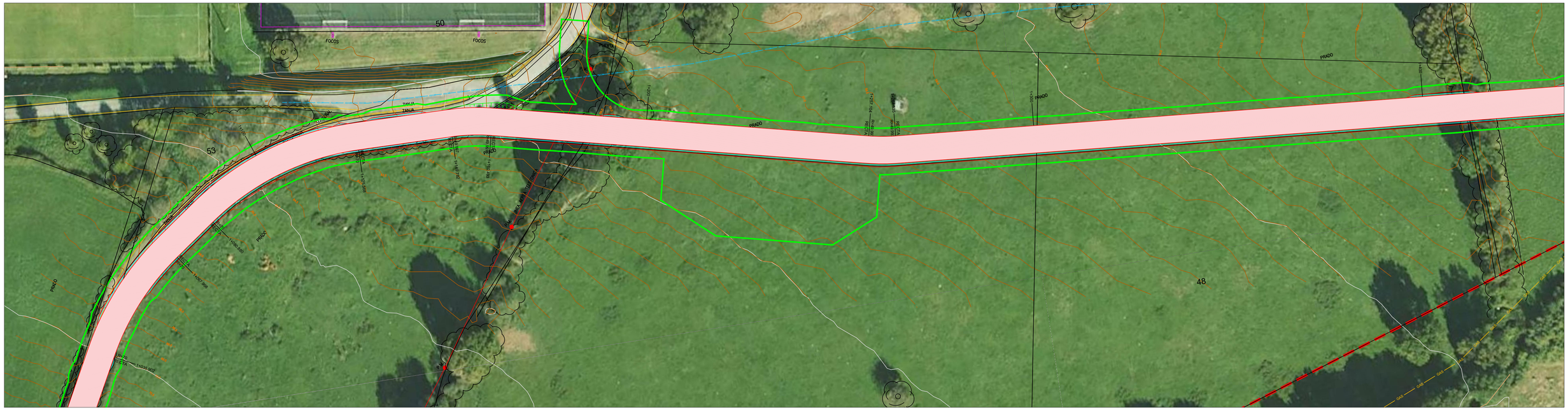
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Universidad Pontificia Comillas (Rectorado) CIF: Q2815015D Alberto Aguilera 23 28015 MADRID
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS15150522AAAAAY1OAA
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

T.M. DE GATIKA

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



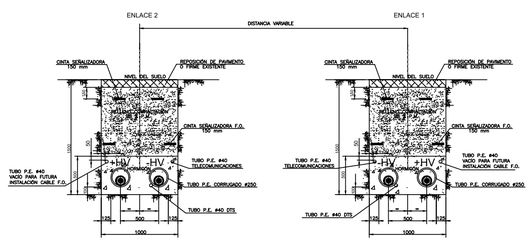


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

N
O E
S



OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA

CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc

CABLE EN P.H.D.

LEYENDA SERVICIOS

GAS — GAS —	RED Gas NORTEGAS	ABAST — ABAST —	RED Abastecimiento PRIVADA
SANS — SANS —	RED Saneamiento CABB	MT — MT — MT —	RED MT IBERDROLA
SANS — SANS —	RED Saneamiento MUNICIPAL	M — M — M —	RED BT IBERDROLA
TESA — TESA — TESA —	RED TESA Telefonica de España	ALUM — ALUM —	RED Alumbrado
ABAST — ABAST —	RED Abastecimiento AGUA URA	PLUV — PLUV —	RED Pluvial
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK		

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRANEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 04 DE 39

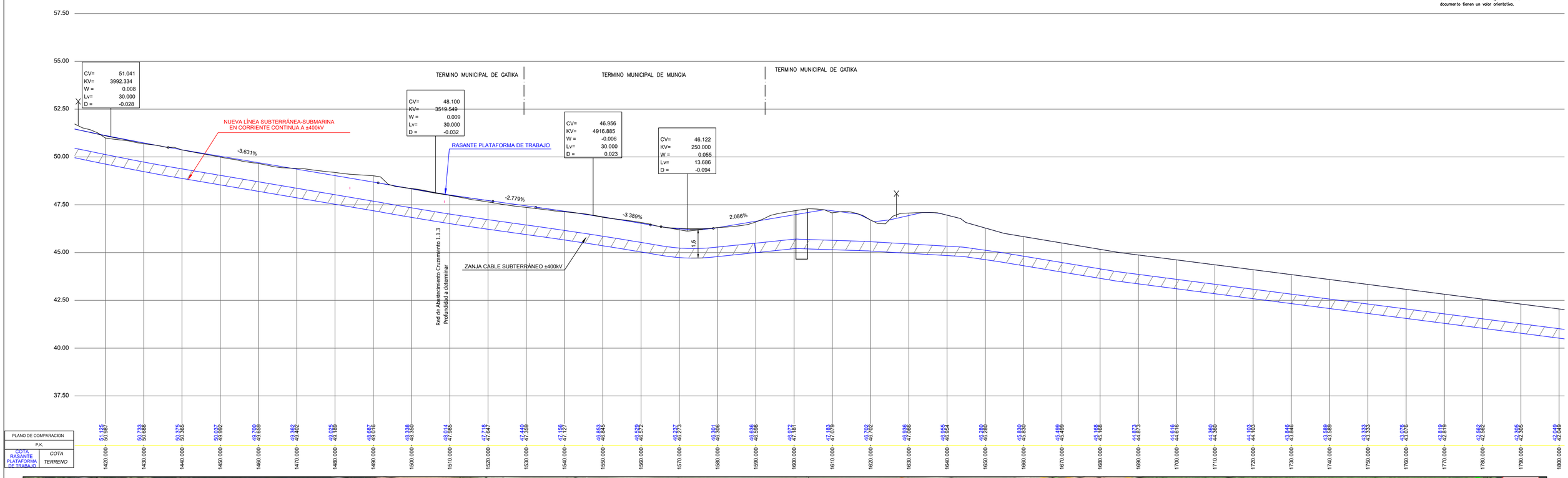
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS151958225AMJVVTOAB. Autenticidad verificable a través de la página: https://www.cni.es/verificacion-de-documentos

T.M. DE GATIKA–MUNGIA

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



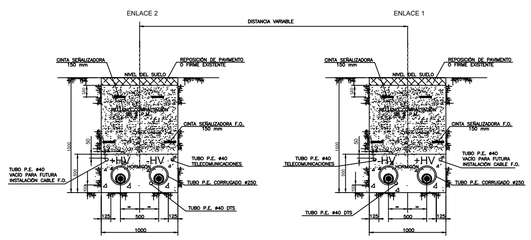


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

N O E S



LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

- RED Gas NORTEGAS
- RED Saneamiento CABB
- RED Saneamiento MUNICIPAL
- RED TESA Telefonica de España
- RED Abastecimiento AGUA URA
- RED Abastecimiento UDALSAREAK
- RED Abastecimiento PRIVADA
- RED MT IBERDROLA
- RED BT IBERDROLA
- RED Alumbrado
- RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniería Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4 123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03–2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12–2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05–2020	S.M.M.	
APROBADO	05–2020	M.S.S.	

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 05 DE 39

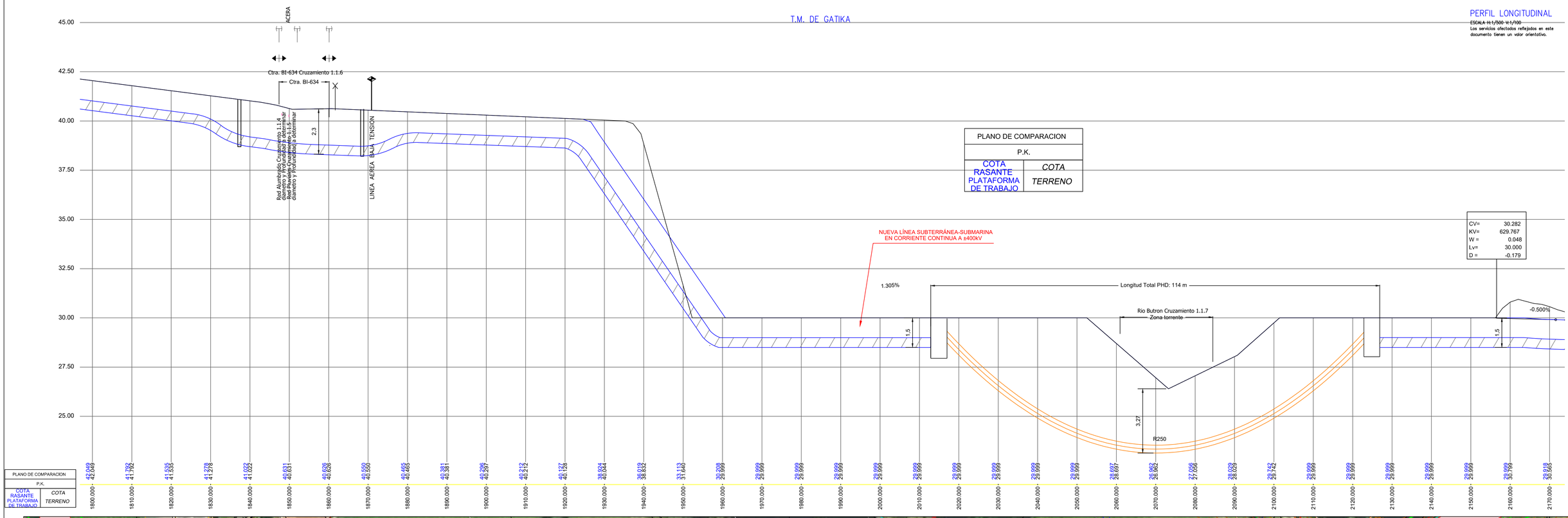
COPIA LITERAL DE LA RESOLUCIÓN DE 4 DE MARZO DE 2013, DE LA SECRETARÍA DE ESTADO DE ADMINISTRACIONES PÚBLICAS, POR LA QUE SE APRUEBA LA NORMA TÉCNICA DE INTEROPERABILIDAD DE DIGITALIZACIÓN DE DOCUMENTOS. Autenticidad verificable a través de la página: https://www.sede.administracionespublicas.gob.es/pagina/index/directorio/validacionDocumentos

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 -V:1/100

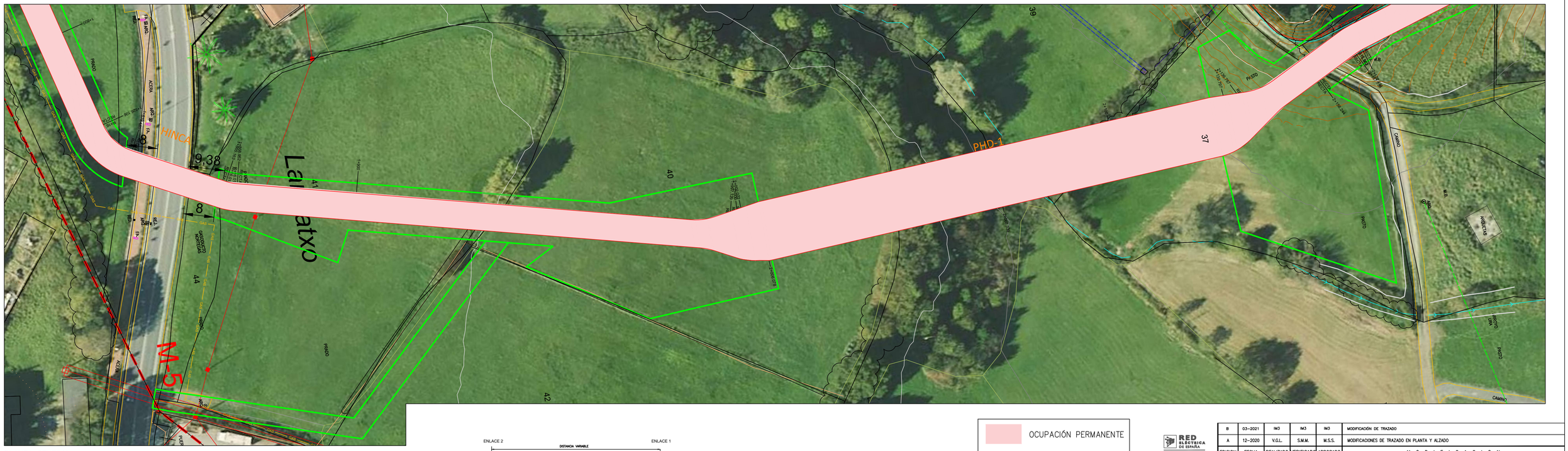
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

T.M. DE GATIKA



PLANO DE COMPARACION
P.K.
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO / COTA TERRENO

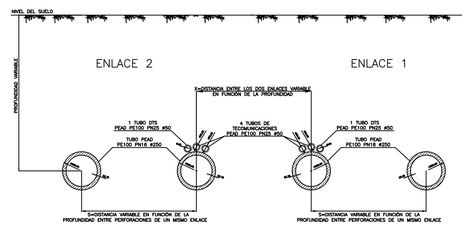
P.K.	COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO
1800.000	42.049	42.049
1810.000	41.792	41.792
1820.000	41.535	41.535
1830.000	41.278	41.278
1840.000	41.022	41.022
1850.000	40.631	40.631
1860.000	40.626	40.626
1870.000	40.550	40.550
1880.000	40.465	40.465
1890.000	40.381	40.381
1900.000	40.295	40.297
1910.000	40.212	40.212
1920.000	40.177	40.126
1930.000	38.824	40.044
1940.000	36.019	38.832
1950.000	33.143	37.540
1960.000	30.208	29.999
1970.000	29.999	29.999
1980.000	29.999	29.999
1990.000	29.999	29.999
2000.000	29.999	29.999
2010.000	29.999	29.999
2020.000	29.999	29.999
2030.000	29.999	29.999
2040.000	29.999	29.999
2050.000	29.999	29.999
2060.000	28.697	28.697
2070.000	26.862	26.862
2080.000	27.056	27.056
2090.000	28.029	28.029
2100.000	29.742	29.742
2110.000	29.999	29.999
2120.000	29.999	29.999
2130.000	29.999	29.999
2140.000	29.999	29.999
2150.000	29.999	29.999
2160.000	30.799	30.799
2170.000	30.915	30.365

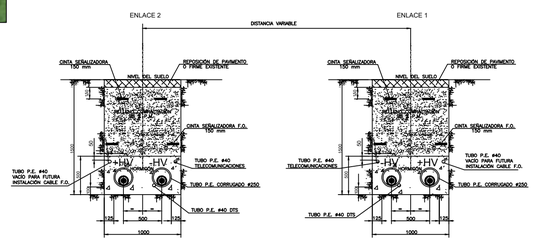


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA	
CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc	
CABLE EN P.H.D.	

LEYENDA SERVICIOS	
GAS GAS	RED Gas NORTEGAS
SANB SANB	RED Saneamiento CABB
SANM SANM	RED Saneamiento MUNICIPAL
TESA TESA TESA	RED TESA Telefonica de España
ABAS ABAS	RED Abastecimiento AGUA URA
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK
ABAP ABAP	RED Abastecimiento PRIVADA
MT MT MT	RED MT IBERDROLA
M M M	RED BT IBERDROLA
ALUM ALUM	RED Alumbrado
PLUV PLUV	RED Pluvial

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 06 DE 39

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Asociación vinculada reconocida (CGV-2P/51/1958)2/MAD/xx/1ICAI)
Autenticidad verificable a través de la página https://www.cia.es/verificacion-de-documentos

T.M. DE GATIKA

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los terrenos afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

CV=	30.120
KV=	256.046
W =	-0.117
Lv=	30.000
D =	0.439

CV=	24.878
KV=	464.543
W =	0.064
Lv=	30.000
D =	-0.242

CV=	20.783
KV=	288.182
W =	0.104
Lv=	30.000
D =	-0.390

CV=	22.264
KV=	654.381
W =	-0.046
Lv=	30.000
D =	0.172

CV=	22.297
KV=	2692.250
W =	-0.011
Lv=	30.000
D =	0.042

.500%

-12.217%

-5.759%

4.651%

0.067%

-1.047%

NUEVA LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV

RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO

ZANJA CABLE SUBTERRÁNEO ±400kV

1.5

HDD Total Length: 305 m

PLANO DE COMPARACION	
P.K.	
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO

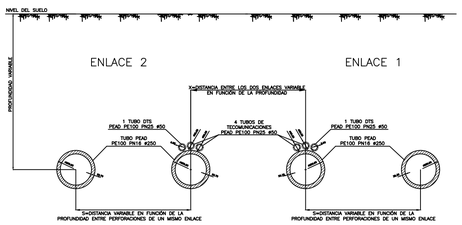
P.K.	COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO
2170.000	30.565	30.918
2180.000	30.066	30.206
2190.000	29.565	29.418
2200.000	29.039	28.452
2210.000	28.533	27.233
2220.000	28.082	26.051
2230.000	24.969	25.002
2240.000	24.554	24.169
2250.000	23.974	23.540
2260.000	23.000	22.964
2270.000	22.374	22.388
2280.000	22.005	21.812
2290.000	21.368	21.243
2300.000	20.811	20.809
2310.000	20.760	20.919
2320.000	21.340	21.341
2330.000	22.012	21.658
2340.000	21.974	21.883
2350.000	22.025	22.075
2360.000	21.969	21.981
2370.000	21.988	21.988
2380.000	21.955	21.971
2390.000	22.007	21.916
2400.000	22.068	21.885
2410.000	21.943	21.720
2420.000	21.643	21.615
2430.000	21.500	21.500
2440.000	21.387	21.387
2450.000	21.353	21.353
2460.000	21.208	21.208
2470.000	21.022	21.022
2480.000	20.854	20.854
2490.000	20.649	20.649
2500.000	20.982	20.982
2510.000	20.960	20.960
2520.000	20.445	20.445
2530.000	20.613	20.613
2540.000	19.726	19.726
2550.000	18.729	18.729

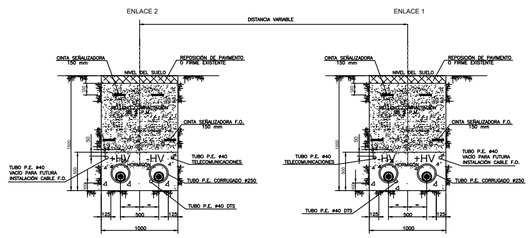


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA

CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc

CABLE EN P.H.D.

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

GAS	GAS	RED Gas NORTEGAS	ABAST	ABAST	RED Abastecimiento PRIVADA
SANS	SANS	RED Saneamiento CABB	MT	MT	RED MT IBERDROLA
SANS	SANS	RED Saneamiento MUNICIPAL	BT	BT	RED BT IBERDROLA
TESA	TESA	RED TESA Telefonica de España	ALUM	ALUM	RED Alumbrado
ABAST	ABAST	RED Abastecimiento AGUA URA	PLUV	PLUV	RED Pluvial
Abastecimiento		RED Abastecimiento UDALSAREAK			

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira

Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE

DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE

DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

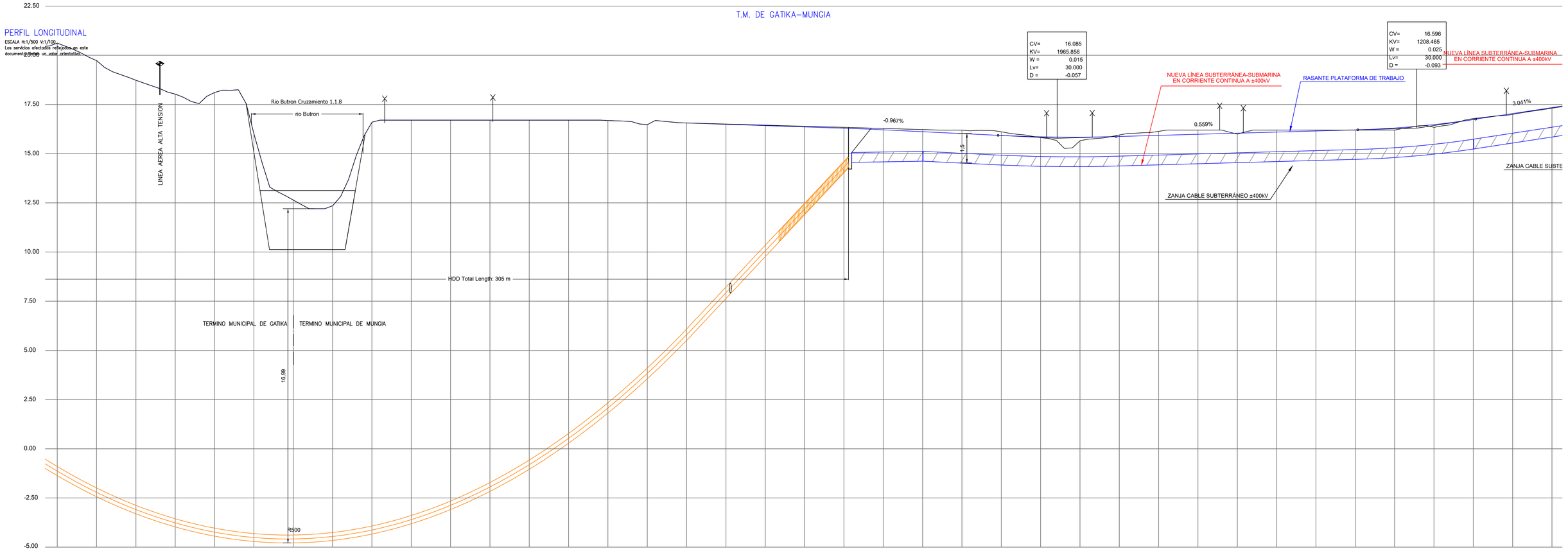
HOJA 07 DE 39

COPIA NO AUTORIZADA DE DOCUMENTO EN FORMATO PDF. Acceso a través de la página: https://www.inelfe.eu/es/documentos-publicos
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.inelfe.eu/es/documentos-publicos
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

T.M. DE GATIKA–MUNGIA

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



PLANO DE COMPARACION	
P.K.	
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO

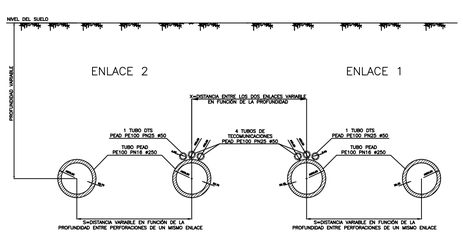
20.613	19.728	18.729	18.027	18.110	16.016	13.644	12.354	16.588	16.701	16.701	16.701	16.701	16.701	16.701	16.683	16.475	16.568	16.484	16.434	16.356	16.392	16.388	16.212	16.279	16.115	16.223	16.019	16.196	15.924	16.112	15.866	15.874	15.840	15.654	15.874	15.949	16.193	16.193	16.086	16.201	16.047	15.968	16.088	16.201	16.154	16.261	16.210	16.201	16.302	16.201	16.477	16.339	16.726	16.766	17.038	17.000	17.342	17.316
2530.000	2540.000	2550.000	2560.000	2570.000	2580.000	2590.000	2600.000	2610.000	2620.000	2630.000	2640.000	2650.000	2660.000	2670.000	2680.000	2690.000	2700.000	2710.000	2720.000	2730.000	2740.000	2750.000	2760.000	2770.000	2780.000	2790.000	2800.000	2810.000	2820.000	2830.000	2840.000	2850.000	2860.000	2870.000	2880.000	2890.000	2900.000	2910.000

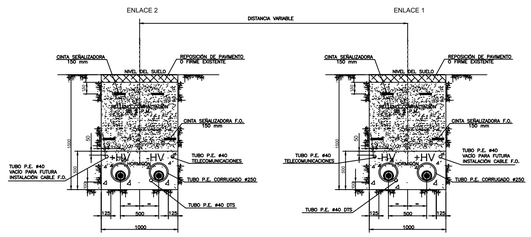


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA	
	CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
	CABLE EN P.H.D.

	OCUPACIÓN PERMANENTE
	OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS			
GAS	GAS	RED Gas NORTEGAS	
SANS	SANS	RED Saneamiento CABB	
SANS	SANS	RED Saneamiento MUNICIPAL	
TESA	TESA	RED TESA Telefonica de España	
ABAS	ABAS	RED Abastecimiento AGUA URA	
Abastecimiento		RED Abastecimiento UDALSAREAK	
ABAS	ABAS	RED Abastecimiento PRIVADA	
MT	MT	RED MT IBERDROLA	
BT	BT	RED BT IBERDROLA	
ALUM	ALUM	RED Alumbrado	
PLUV	PLUV	RED Pluvial	

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3303

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N
B	03–2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12–2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05–2020	S.M.M.	
APROBADO	05–2020	M.S.S	

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 08 DE 39

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Universidad Pontificia Comillas. Alberto Aguilera nº 23. 28015 Madrid. Tel. 91 540 61 00. Fax 91 542 28 50
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autorizada validez oficial Orden 25/5/1995 (BOE 6/6/1995). Autorizada validez oficial Título Universitario de Grado Orden ECD/849/2015 (BOE 5/5/2015)
Autorizada verificación a través de la página: https://www.educacion.gob.es/ruct/solicitudesdoc/solicitudesdoc.action?idCentro=28046744&idTitulo=2502446

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

T.M. DE GATIKA-MUNGIA

LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA CORRIENTE CONTINUA A ±400kV

RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO

ZANJA CABLE SUBTERRÁNEO ±400kV

CV=	18.394
KV=	758.124
W =	-0.040
Lv=	30.000
D =	0.148

CV=	18.554
KV=	874.055
W =	-0.034
Lv=	30.000
D =	0.129

3.041% -0.391% -4.348% 10.649%

HDD Total Length: 260 m

TERMINO MUNICIPAL DE MUNGIA | TERMINO MUNICIPAL DE GATIKA

Rio Butron Cruzamiento 1.1.9

rio Butron

Red Saneamiento Municipal Cruzamiento 1.1.10
diametro y Profundidad a determinar

19,36

R400

20.00 17.50 15.00 12.50 10.00 7.50 5.00 2.50 0.00 -2.50 -5.00

P.K.	2880.000	2900.000	2910.000	2920.000	2930.000	2940.000	2950.000	2960.000	2970.000	2980.000	2990.000	3000.000	3010.000	3020.000	3030.000	3040.000	3050.000	3060.000	3070.000	3080.000	3090.000	3100.000	3110.000	3120.000	3130.000	3140.000	3150.000	3160.000	3170.000	3180.000	3190.000	3200.000	3210.000	3220.000	3230.000	3240.000	3250.000	3260.000	3270.000
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	16.724	17.098	17.342	17.646	17.998	18.126	18.201	18.176	18.125	17.986	17.876	17.250	16.761	16.617	16.282	15.703	16.430	15.701	15.701	15.701	16.201	15.659	15.444	15.343	15.416	14.182	11.878	13.052	11.586	13.818	16.386	17.197	17.613	18.068	18.788	19.027	19.460	20.018	21.010
COTA TERRENO	16.780	17.000	17.370	17.628	17.948	18.167	18.093	18.100	18.116	17.967	17.690	17.250	16.761	16.617	16.282	15.703	16.430	15.701	15.701	15.701	16.201	15.659	15.444	15.343	15.416	14.182	11.878	13.052	11.586	13.818	16.386	17.197	17.613	18.068	18.788	19.027	19.460	20.018	20.686

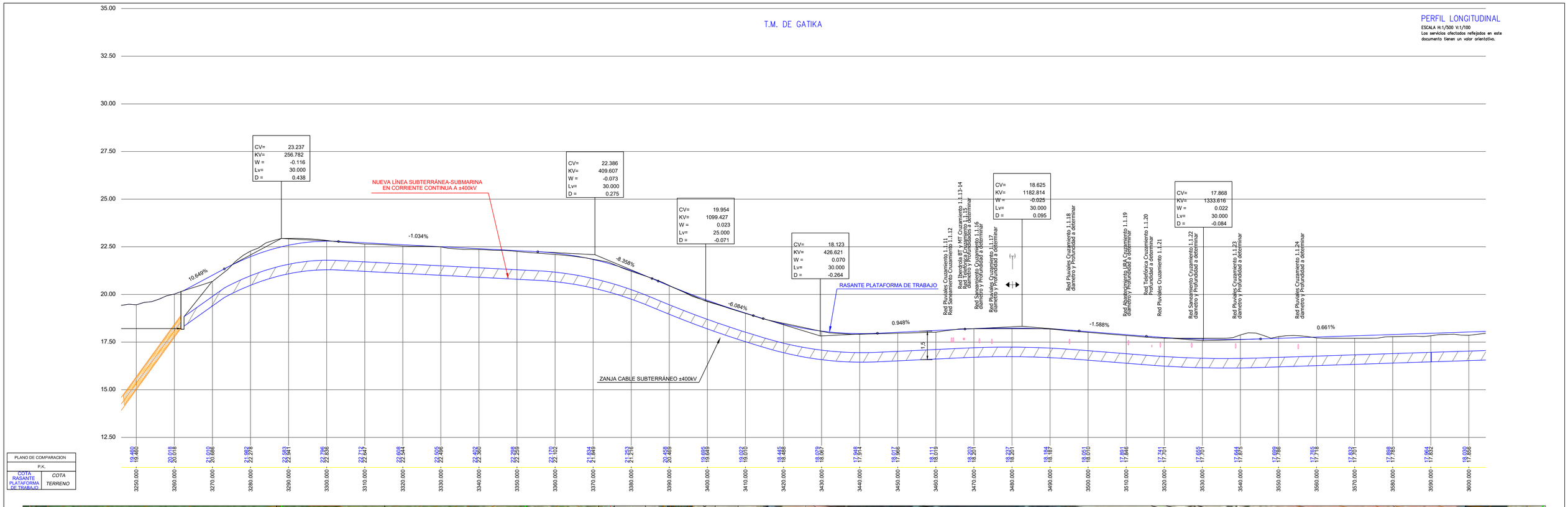

PHD-3
TC
TP
CT
CV
CS
CC
CA
CM
CR
CE
CI
CH
CP
CL
CB
CG
CD
CF
CJ
CK
CN
CO
CQ
CU
CW
CX
CY
CZ
DA
DB
DC
DD
DE
DF
DG
DH
DI
DJ
DK
DL
DM
DN
DO
DP
DQ
DR
DS
DT
DU
DV
DW
DX
DY
DZ
EA
EB
EC
ED
EE
EF
EG
EH
EI
EJ
EK
EL
EM
EN
EO
EP
EQ
ER
ES
ET
EU
EV
EW
EX
EY
EZ
FA
FB
FC
FD
FE
FF
FG
FH
FI
FJ
FK
FL
FM
FN
FO
FP
FQ
FR
FS
FT
FU
FV
FW
FX
FY
FZ
GA
GB
GC
GD
GE
GF
GG
GH
GI
GJ
GK
GL
GM
GN
GO
GP
GQ
GR
GS
GT
GU
GV
GW
GX
GY
GZ
HA
HB
HC
HD
HE
HF
HG
HH
HI
HJ
HK
HL
HM
HN
HO
HP
HQ
HR
HS
HT
HU
HV
HW
HX
HY
HZ
IA
IB
IC
ID
IE
IF
IG
IH
II
IJ
IK
IL
IM
IN
IO
IP
IQ
IR
IS
IT
IU
IV
IW
IX
IY
IZ
JA
JB
JC
JD
JE
JF
JG
JH
JI
JJ
JK
JL
JM
JN
JO
JP
JQ
JR
JS
JT
JU
JV
JW
JX
JY
JZ
KA
KB
KC
KD
KE
KF
KG
KH
KI
KJ
KK
KL
KM
KN
KO
KP
KQ
KR
KS
KT
KU
KV
KW
KX
KY
KZ
LA
LB
LC
LD
LE
LF
LG
LH
LI
LJ
LK
LL
LM
LN
LO
LP
LQ
LR
LS
LT
LU
LV
LW
LX
LY
LZ
MA
MB
MC
MD
ME
MF
MG
MH
MI
MJ
MK
ML
MM
MN
MO
MP
MQ
MR
MS
MT
MU
MV
MW
MX
MY
MZ
NA
NB
NC
ND
NE
NF
NG
NH
NI
NJ
NK
NL
NM
NN
NO
NP
NQ
NR
NS
NT
NU
NV
NW
NX
NY
NZ
OA
OB
OC
OD
OE
OF
OG
OH
OI
OJ
OK
OL
OM
ON
OO
OP
OQ
OR
OS
OT
OU
OV
OW
OX
OY
OZ
PA
PB
PC
PD
PE
PF
PG
PH
PI
PJ
PK
PL
PM
PN
PO
PP
PQ
PR
PS
PT
PU
PV
PW
PX
PY
PZ
QA
QB
QC
QD
QE
QF
QG
QH
QI
QJ
QK
QL
QM
QN
QO
QP
QQ
QR
QS
QT
QU
QV
QW
QX
QY
QZ
RA
RB
RC
RD
RE
RF
RG
RH
RI
RJ
RK
RL
RM
RN
RO
RP
RQ
RR
RS
RT
RU
RV
RW
RX
RY
RZ
SA
SB
SC
SD
SE
SF
SG
SH
SI
SJ
SK
SL
SM
SN
SO
SP
SQ
SR
SS
ST
SU
SV
SW
SX
SY
SZ
TA
TB
TC
TD
TE
TF
TG
TH
TI
TJ
TK
TL
TM
TN
TO
TP
TQ
TR
TS
TT
TU
TV
TW
TX
TY
TZ
UA
UB
UC
UD
UE
UF
UG
UH
UI
UJ
UK
UL
UM
UN
UO
UP
UQ
UR
US
UT
UU
UV
UW
UX
UY
UZ
VA
VB
VC
VD
VE
VF
VG
VH
VI
VJ
VK
VL
VM
VN
VO
VP
VQ
VR
VS
VT
VU
VV
VW
VX
VY
VZ
WA
WB
WC
WD
WE
WF
WG
WH
WI
WJ
WK
WL
WM
WN
WO
WP
WQ
WR
WS
WT
WU
WV
WW
WX
WY
WZ
XA
XB
XC
XD
XE
XF
XG
XH
XI
XJ
XK
XL
XM
XN
XO
XP
XQ
XR
XS
XT
XU
XV
XW
XX
XY
XZ
YA
YB
YC
YD
YE
YF
YG
YH
YI
YJ
YK
YL
YM
YN
YO
YP
YQ
YR
YS
YT
YU
YV
YW
YX
YY
YZ
ZA
ZB
ZC
ZD
ZE
ZF
ZG
ZH
ZI
ZJ
ZK
ZL
ZM
ZN
ZO
ZP
ZQ
ZR
ZS
ZT
ZU
ZV
ZW
ZX
ZY
ZZ
AAA
AAB
AAC
AAD
AAE
AAF
AAG
AAH
AAI
AAJ
AAK
AAL
AAM
AAN
AAO
AAP
AAQ
AAR
AAS
AAT
AAU
AAV
AAW
AAX
AAY
AAZ
ABA
ABB
ABC
ABD
ABE
ABF
ABG
ABH
ABI
ABJ
ABK
ABL
ABM
ABN
ABO
ABP
ABQ
ABR
ABS
ABT
ABU
ABV
ABW
ABX
ABY
ABZ
ACA
ACB
ACC
ACD
ACE
ACF
ACG
ACH
ACI
ACJ
ACK
ACL
ACM
ACN
ACO
ACP
ACQ
ACR
ACS
ACT
ACU
ACV
ACW
ACX
ACY
ACZ
ADA
ADB
ADC
ADD
ADE
ADF
ADG
ADH
ADI
ADJ
ADK
ADL
ADM
ADN
ADO
ADP
ADQ
ADR
ADS
ADT
ADU
ADV
ADW
ADX
ADY
ADZ
AEA
AEB
AEC
AED
AEE
AEF
AEG
AEH
AEI
AEJ
AEK
AEL
AEM
AEN
AEO
AEP
AEQ
AER
AES
AET
AEU
AEV
AEW
AEX
AEY
AEZ
AFA
AFB
AFC
AFD
AFE
AFF
AFG
AFH
AFI
AFJ
AFK
AFL
AFM
AFN
AFO
AFP
AFQ
AFR
AFS
AFT
AFU
AFV
AFW
AFX
AFY
AFZ
AGA
AGB
AGC
AGD
AGE
AGF
AGG
AGH
AGI
AGJ
AGK
AGL
AGM
AGN
AGO
AGP
AGQ
AGR
AGS
AGT
AGU
AGV
AGW
AGX
AGY
AGZ
AHA
AHB
AHC
AHD
AHE
AHF
AHG
AHH
AHI
AHJ
AHK
AHL
AHM
AHN
AHO
AHP
AHQ
AHR
AHS
AHT
AHU
AHV
AHW
AHX
AHY
AHZ
AIA
AIB
AIC
AID
AIE
AIF
AIG
AIH
AII
AIJ
AIK
AIL
AIM
AIN
AIO
AIP
AIQ
AIR
AIS
AIT
AIU
AIV
AIW
AIX
AIY
AIZ
AJA
AJB
AJC
AJD
AJE
AJF
AJG
AJH
AJI
AJJ
AJK
AJL
AJM
AJN
AJO
AJP
AJQ
AJR
AJS
AJT
AJU
AJV
AJW
AJX
AJY
AJZ
AKA
AKB
AKC
AKD
AKE
AKF
AKG
AKH
AKI
AKJ
AKK
AKL
AKM
AKN
AKO
AKP
AKQ
AKR
AKS
AKT
AKU
AKV
AKW
AKX
AKY
AKZ
ALA
ALB
ALC
ALD
ALE
ALF
ALG
ALH
ALI
ALJ
ALK
ALL
ALM
ALN
ALO
ALP
ALQ
ALR
ALS
ALT
ALU
ALV
ALW
ALX
ALY
ALZ
AMA
AMB
AMC
AMD
AME
AMF
AMG
AMH
AMI
AMJ
AMK
AML
AMM
AMN
AMO
AMP
AMQ
AMR
AMS
AMT
AMU
AMV
AMW
AMX
AMY
AMZ
ANA
ANB
ANC
AND
ANE
ANF
ANG
ANH
ANI
ANJ
ANK
ANL
ANM
ANN
ANO
ANP
ANQ
ANR
ANS
ANT
ANU
ANV
ANW
ANX
ANY
ANZ
AOA
AOB
AOC
AOD
AOE
AOF
AOG
AOH
AOI
AOJ
AOK
AOL
AOM
AON
AOO
AOP
AOQ
AOR
AOS
AOT
AOU
AOV
AOW
AOX
AOY
AOZ
APA
APB
APC
APD
APE
APF
APG
APH
API
APJ
APK
APL
APM
APN
APO
APP
APQ
APR
APS
APT
APU
APV
APW
APX
APY
APZ
AQA
AQB
AQC
AQD
AQE
AQF
AQG
AQH
AQI
AQJ
AQK
AQL
AQM
AQN
AQO
AQP
AQQ
AQR
AQS
AQT
AQU
AQV
AQW
AQX
AQY
AQZ
ARA
ARB
ARC
ARD
ARE
ARF
ARG
ARH
ARI
ARJ
ARK
ARL
ARM
ARN
ARO
ARP
ARQ
ARR
ARS
ART
ARU
ARV
ARW
ARX
ARY
ARZ
ASA
ASB
ASC
ASD
ASE
ASF
ASG
ASH
ASI
ASJ
ASK
ASL
ASM
ASN
ASO
ASP
ASQ
ASR
ASS
AST
ASU
ASV
ASW
ASX
ASY
ASZ
ATA
ATB
ATC
ATD
ATE
ATF
ATG
ATH
ATI
ATJ
ATK
ATL
ATM
ATN
ATO
ATP
ATQ
ATR
ATS
ATT
ATU
ATV
ATW
ATX
ATY
ATZ
AUA
AUB
AUC
AUD
AUE
AUF
AUG
AUH
AUI
AUJ
AUK
AUL
AUM
AUN
AUO
AUP
AUQ
AUR
AUS
AUT
AUU
AUV
AUW
AUX
AUY
AUZ
AVA
AVB
AVC
AVD
AVE
AVF
AVG
AVH
AVI
AVJ
AVK
AVL
AVM
AVN
AVO
AVP
AVQ
AVR
AVS
AVT
AVU
AVV
AVW
AVX
AVY
AVZ
AWA
AWB
AWC
AWD
AWE
AWF
AWG
AWH
AWI
AWJ
AWK
AWL
AWM
AWN
AWO
AWP
AWQ
AWR
AWS
AWT
AWU
AWV
AWW
AWX
AWY
AWZ
AXA
AXB
AXC
AXD
AXE
AXF
AXG
AXH
AXI
AXJ
AXK
AXL
AXM
AXN
AXO
AXP
AXQ
AXR
AXS
AXT
AXU
AXV
AXW
AXX
AXY
AXZ
AYA
AYB
AYC
AYD
AYE
AYF
AYG
AYH
AYI
AYJ
AYK
AYL
AYM
AYN
AYO
AYP
AYQ
AYR
AYS
AYT
AYU
AYV
AYW
AYX
AYY
AYZ
AZA
AZB
AZC
AZD
AZE
AZF
AZG
AZH
AZI
AZJ
AZK
AZL
AZM
AZN
AZO
AZP
AZQ
AZR
AZS
AZT
AZU
AZV
AZW
AZX
AZY
AZZ
BAA
BAB
BAC
BAD
BAE
BAF
BAG
BAH
BAI
BAJ
BAK
BAL
BAM
BAN
BAO
BAP
BAQ
BAR
BAS
BAT
BAU
BAV
BAW
BAX
BAY
BAZ
BBA
BBB
BBC
BBD
BBE
BBF
BBG
BBH
BBI
BBJ
BBK
BBL
BBM
BBN
BBO
BBP
BBQ
BBR
BBS
BBT
BBU
BBV
BBW
BBX
BBY
BBZ
BCA
BCB
BCC
BCD
BCE
BCF
BCG
BCH
BCI
BCJ
BCK
BCL
BCM
BCN
BCO
BCP
BCQ
BCR
BCS
BCT
BCU
BCV
BCW
BCX
BCY
BCZ
BDA
BDB
BDC
BDD
BDE
BDF
BDG
BDH
BDI
BDJ
BDK
BDL
BDM
BDN
BDO
BDP
BDQ
BDR
BDS
BDT
BDU
BDV
BDW
BDX
BDY
BDZ
BEA
BEB
BEC
BED
BEE
BEF
BEG
BEH
BEI
BEJ
BEK
BEL
BEM
BEN
BEO
BEP
BEQ
BER
BES
BET
BEU
BEV
BEW
BEX
BEY
BEZ
BFA
BFB
BFC
BFD
BFE
BFF
BFG
BFH
BFI
BFJ
BFK
BFL
BFM
BFN
BFO
BFP
BFQ
BFR
BFS
BFT
BFU
BFV
BFW
BFX
BFY
BFZ
BGA
BGB
BGC
BGD
BGE
BGF
BGG
BGH
BGI
BGJ
BGK
BGL
BGM
BGN
BGO
BGP
BGQ
BGR
BGS
BGT
BGU
BGV
BGW
BGX
BGY
BGZ
BHA
BHB
BHC
BHD
BHE
BHF
BHG
BHH
BHI
BHJ
BHK
BHL
BHM
BHN
BHO
BHP
BHQ
BHR
BHS
BHT
BHU
BHV
BHW
BHX
BHY
BHZ
BIA
BIB
BIC
BID
BIE
BIF
BIG
BIH
BII
BIJ
BIK
BIL
BIM
BIN
BIO
BIP
BIQ
BIR
BIS
BIT
BIU
BIV
BIW
BIX
BIY
BIZ
BJA
BJB
BJC
BJD
BJE
BJF
BJG
BJH
BJI
BJJ
BJK
BJL
BJM
BJN
BJO
BJP
BJQ
BJR
BJS
BJT
BJU
BJV
BJW
BJX
BJY
BJZ
BKA
BKB
BKC
BKD
BKE
BKF
BKG
BKH
BKI
BKJ
BKK
BKL
BKM
BKN
BKO
BKP
BKQ
BKR
BKS
BKT
BKU
BKV
BKW
BKX
BKY
BKZ
BLA
BLB
BLC
BLD
BLE
BLF
BLG
BLH
BLI
BLJ
BLK
BLL
BLM
BLN
BLO
BLP
BLQ
BLR
BLS
BLT
BLU
BLV
BLW
BLX
BLY
BLZ
BMA
BMB
BMC
BMD
BME
BMF
BMG
BMH
BMI
BMJ
BMK
BML
BMM
BMN
BMO
BMP
BMQ
BMR
BMS
BMT
BMU
BMV
BMW
BMX
BMY
BMZ
BNA
BNB
BNC
BND
BNE
BNF
BNG
BNH
BNI
BNJ
BNK
BNL
BNM
BNN
BNO
BNP
BNQ
BNR
BNS
BNT
BNU
BNV
BNW
BNX
BNY
BNZ
BOA
BOB
BOC
BOD
BOE
BOF
BOG
BOH
BOI
BOJ
BOK
BOL
BOM
BON
BOO
BOP
BOQ
BOR
BOS
BOT
BOU
BOV
BOW
BOX
BOY
BOZ
BPA
BPB
BPC
BPD
BPE
BPF
BPG
BPH
BPI
BPJ
BPK
BPL
BPM
BPN
BPO
BPP
BPQ
BPR
BPS
BPT
BPU
BPV
BPW
BPX
BPY
BPZ
BQA
BQB
BQC
BQD
BQE
BQF
BQG
BQH
BQI
BQJ
BQK
BQL
BQM
BQN
BQO
BQP
BQQ
BQR
BQS
BQT
BQU
BQV
BQW
BQX
BQY
BQZ
BRA
BRB
BRC
BRD
BRE
BRF
BRG
BRH
BRI
BRJ
BRK
BRL
BRM
BRN
BRO
BRP
BRQ
BRR
BRS
BRT
BRU
BRV
BRW
BRX
BRY
BRZ
BSA
BSB
BSC
BSD
BSE
BSF
BSG
BSH
BSI
BSJ
BSK
BSL
BSM
BSN
BSO
BSP
BSQ
BSR
BSS
BST
BSU
BSV
BSW
BSX
BSY
BSZ
BTA
BTB
BTC
BTD
BTE
BTF
BTG
BTH
BTI
BTJ
BTK
BTL
BTM
BTN
BTO
BTP
BTQ
BTR
BTS
BTT
BTU
BTV
BTW
BTX
BTY
BTZ
BUA
BUB
BUC
BUD
BUE
BUF
BUG
BUH
BUI
BUJ
BUK
BUL
BUM
BUN
BUO
BUP
BUQ
BUR
BUS
BUT
BUU
BUV
BUW
BUX
BUY
BUZ
BVA
BVB
BVC
BVD
BVE
BVF
BVG
BVH
BVI
BVJ
BVK
BVL
BVM
BVN
BVO
BVP
BVQ
BVR
BVS
BVT
BVU
BVV
BVW
BVX
BVY
BVZ
BWA
BWB
BWC
BWD
BWE
BWF
BWG
BWH
BWI
BWJ
BWK
BWL
BWM
BWN
BWO
BWP
BWQ
BWR
BWS
BWT
BWU
BWV
BWW
BWX
BWY
BWZ
BXA
BXB
BXC
BXD
BXE
BXF
BXG
BXH
BXI
BXJ
BXK
BXL
BXM
BXN
BXO
BXP
BXQ
BXR
BXS
BXT
BXU
BXV
BXW
BXX
BXY
BXZ
BYA
BYB
BYC
BYD
BYE
BYF
BYG
BYH
BYI
BYJ
BYK
BYL
BYM
BYN
BYO
BYP
BYQ
BYR
BYS
BYT
BYU
BYV
BYW
BYX
BYY
BYZ
BZA
BZB
BZC
BZD
BZE
BZF
BZG
BZH
BZI
BZJ
BZK
BZL
BZM
BZN
BZO
BZP
BZQ
BZR
BZS
BZT
BZU
BZV
BZW
BZX
BZY
BZZ
CAA
CAB
CAC
CAD
CAE
CAF
CAG
CAH
CAI
CAJ
CAK
CAL
CAM
CAN
CAO
CAP
CAQ
CAR
CAS
CAT
CAU
CAV
CAW
CAX
CAY
CAZ
CBA
CBB
CBC
CBD
CBE
CBF
CBG
CBH
CBI
CBJ
CBK
CBL
CBM
CBN
CBO
CBP
CBQ
CBR
CBS
CBT
CBU
CBV
CBW
CBX
CBY
CBZ
CCA
CCB
CCC
CCD
CCE
CCF
CCG
CCH
CCI
CCJ
CCK
CCL
CCM
CCN
CCO
CCP
CCQ
CCR
CCS
CCT
CCU
CCV
CCW
CCX
CCY
CCZ
CDA
CDB
CDC
CDD
CDE
CDF
CDG
CDH
CDI
CDJ
CDK
CDL
CDM
CDN
CDO
CDP
CDQ
CDR
CDS
CDT
CDU
CDV
CDW
CDX
CDY
CDZ
CEA
CEB
CEC
CED
CEE
CEF
CEG
CEH
CEI
CEJ
CEK
CEL
CEM
CEN
CEO
CEP
CEQ
CER
CES
CET
CEU
CEV
CEW
CEX
CEY
CEZ
CFA
CFB
CFC
CFD
CFE
CFF
CFG
CFH
CFI
CFJ
CFK
CFL
CFM
CFN
CFO
CFP
CFQ
CFR
CFS
CFT
CFU
CFV
CFW
CFX
CFY
CFZ
CGA
CGB
CGC
CGD
CGE
CGF
CGG
CGH
CGI
CGJ
CGK
CGL
CGM
CGN
CGO
CGP
CGQ
CGR
CGS
CGT
CGU
CGV
CGW
CGX
CGY
CGZ
CHA
CHB
CHC
CHD
CHE
CHF
CHG
CHH
CHI
CHJ
CHK
CHL
CHM
CHN
CHO
CHP
CHQ
CHR
CHS
CHT
CHU
CHV
CHW
CHX
CHY
CHZ
CIA
CIB
CIC
CID
CIE
CIF
CIG
CIH
CII
CIJ
CIK
CIL
CIM
CIN
CIO
CIP
CIQ
CIR
CIS
CIT
CIU
CIV
CIW
CIX
CIY
CIZ
CJA
CJB
CJC
CJD
CJE
CJF
CJG
CJH
CJI
CJJ
CJK
CJL
CJM
CJN
CJO
CJP
CJQ
CJR
CJS
CJT
CJU
CJV
CJW
CJX
CJY
CJZ
CKA
CKB
CKC
CKD
CKE
CKF
CKG
CKH
CKI
CKJ
CKK
CKL
CKM
CKN
CKO
CKP
CKQ
CKR
CKS
CKT
CKU
CKV
CKW
CKX
CKY
CKZ
CLA
CLB
CLC
CLD
CLE
CLF
CLG
CLH
CLI
CLJ
CLK
CLL
CLM
CLN
CLO
CLP
CLQ
CLR
CLS
CLT
CLU
CLV
CLW
CLX
CLY
CLZ
CMA
CMB
CMC
CMD
CME
CMF
CMG
CMH
CMI
CMJ
CMK
CML
CMM
CMN
CMO
CMP
CMQ
CMR
CMS
CMT
CMU
CMV
CMW
CMX
CMY
CMZ
CNA
CNB
CNC
CND
CNE
CNF
CNG
CNH
CNI
CNJ
CNK
CNL
CNM
CNN
CNO
CNP
CNQ
CNR
CNS
CNT
CNU
CNV
CNW
CNX
CNY
CNZ
COA
COB
COC
COD
COE
COF
COG
COH
COI
COJ
COK
COL
COM
CON
COO
COP
COQ
COR
COS
COT
COU
COV
COW
COX
COY
COZ
CPA
CPB
CPC
CPD
CPE
CPF
CPG
CPH
CPI
CPJ
CPK
CPL
CPM
CPN
CPO
CPP
CPQ
CPR
CPS
CPT
CPU
CPV
CPW
CPX
CPY
CPZ
CQA
CQB
CQC
CQD
CQE
CQF
CQG
CQH
CQI
CQJ
CQK
CQL
CQM
CQN
CQO
CQP
CQQ
CQR
CQS
CQT
CQU
CQV
CQW
CQX
CQY
CQZ
CRA
CRB
CRC
CRD
CRE
CRF
CRG
CRH
CRI
CRJ
CRK
CRL
CRM
CRN
CRO
CRP
CRQ
CRR
CRS
CRT
CRU
CRV
CRW
CRX
CRY
CRZ
CSA
CSB
CSC
CSD
CSE
CSF
CSG
CSH
CSI
CSJ
CSK
CSL
CSM
CSN
CSO
CSP
CSQ
CSR
CSS
CST
CSU
CSV
CSW
CSX
CSY
CSZ
CTA
CTB
CTC
CTD
CTE
CTF
CTG
CTH
CTI
CTJ
CTK
CTL
CTM
CTN
CTO
CTP
CTQ
CTR
CTS
CTT
CTU
CTV
CTW
CTX
CTY
CTZ
CUA
CUB
CUC
CUD
CUE
CUF
CUG
CUH
CUI
CUJ
CUK
CUL
CUM
CUN
CUO
CUP
CUQ
CUR
CUS
CUT
CUU
CUV
CUW
CUX
CUY
CUZ
CVA
CVB
CVC
CVD
CVE
CVF
CVG
CVH
CVI
CVJ
CVK
CVL
CVM
CVN
CVO
CVP
CVQ
CVR
CVS
CVT
CVU
CVV
CVW
CVX
CVY
CVZ
CWA
CWB
CWC
CWD
CWE
CWF
CWG
CWH
CWI
CWJ
CWK
CWL
CWM
CWN
CWO
CWP
CWQ
CWR
CWS
CWT
CWU
CWV
CWW
CWX
CWY
CWZ
CXA
CXB
CXC
CXD
CXE
CXF
CXG
CXH
CXI
CXJ
CXK
CXL
CXM
CXN
CXO
CXP
CXQ
CXR
CXS
CXT
CXU
CXV
CXW
CXX
CXY
CXZ
CYA
CYB
CYC
CYD
CYE
CYF
CYG
CYH
CYI
CYJ
CYK
CYL
CYM
CYN
CYO
CYP
CYQ
CYR
CYS
CYT
CYU
CYV
CYW
CYX
CYY
CYZ
CZA
CZB
CZC
CZD
CZE
CZF
CZG
CZH
CZI
CZJ
CZK
CZL
CZM
CZN
CZO
CZP
CZQ
CZR
CZS
CZT
CZU
CZV
CZW
CZX
CZY
CZZ
DAA
DAB
DAC
DAD
DAE
DAF
DAG
DAH
DAI
DAJ
DAK
DAL
DAM
DAN
DAO
DAP
DAQ
DAR
DAS
DAT
DAU
DAV
DAW
DAX
DAY
DAZ
DBA
DBB
DBC
DBD
DBE
DBF
DBG
DBH
DBI
DBJ
DBK
DBL
DBM
DBN
DBO
DBP
DBQ
DBR
DBS
DBT
DBU
DBV
DBW
DBX
DBY
DBZ
DCA
DCB
DCC
DCD
DCE
DCF
DCG
DCH
DCI
DCJ
DCK
DCL
DCM
DCN
DCO
DCP
DCQ
DCR
DCS
DCT
DCU
DCV
DCW
DCX
DCY
DCZ
DDA
DDB
DDC
DDD
DDE
DDF
DDG
DDH
DDI
DDJ
DDK
DDL
DDM
DDN
DDO
DDP
DDQ
DDR
DDS
DDT
DDU
DDV
DDW
DDX
DDY
DDZ
DEA
DEB
DEC
DED
DEE
DEF
DEG
DEH
DEI
DEJ
DEK
DEL
DEM
DEN
DEO
DEP
DEQ
DER
DES
DET
DEU
DEV
DEW
DEX
DEY
DEZ
DFA
DFB
DFC
DFD
DFE
DFF
DFG
DFH
DFI
DFJ
DFK
DFL
DFM
DFN
DFO
DFP
DFQ
DFR
DFS
DFT
DFU
DFV
DFW
DFX
DFY
DFZ
DGA
DGB
DGC
DGD
DGE
DGF
DGG
DGH
DGI
DGJ
DGK
DGL
DGM
DGN
DGO
DGP
DGQ
DGR
DGS
DGT
DGU
DGV
DGW
DGX
DGY
DGZ
DHA
DHB
DHC
DHD
DHE
DHF
DHG
DHH
DHI
DHJ
DHK
DHL
DHM
DHN
DHO
DHP
DHQ
DHR
DHS
DHT
DHU
DHV
DHW
DHX
DHY
DHZ
DIA
DIB
DIC
DID
DIE
DIF
DIG
DIH
DII
DIJ
DIK
DIL
DIM
DIN
DIO
DIP
DIQ
DIR
DIS
DIT
DIU
DIV
DIW
DIX
DIY
DIZ
DJA
DJB
DJC
DJD
DJE
DJF
DJG
DJH
DJI
DJJ
DJK
DJL
DJM
DJN
DJO
DJP
DJQ
DJR
DJS
DJT
DJU
DJV
DJW
DJX
DJY
DJZ
DKA
DKB
DKC
DKD
DKE
DKF
DKG
DKH
DKI
DKJ
DKK
DKL
DKM
DKN
DKO
DKP
DKQ
DKR
DKS
DKT
DKU
DKV
DKW
DKX
DKY
DKZ
DLA
DLB
DLC
DLD
DLE
DLF
DLG
DLH
DLI
DLJ
DLK
DLL
DLM
DLN
DLO
DLP
DLQ
DLR
DLS
DLT
DLU
DLV
DLW
DLX
DLY
DLZ
DMA
DMB
DMC
DMD
DME
DMF
DMG
DMH
DMI
DMJ
DMK
DML
DMM
DMN
DMO
DMP
DMQ
DMR
DMS
DMT
DMU
DMV
DMW
DMX
DMY
DMZ
DNA
DNB
DNC
DND
DNE
DNF
DNG
DNH
DNI
DNJ
DNK
DNL
DNM
DNN
DNO
DNP
DNQ
DNR
DNS
DNT
DNU
DNV
DNW
DNX
DNY
DNZ
DOA
DOB
DOC
DOD
DOE
DOF
DOG
DOH
DOI
DOJ
DOK
DOL
DOM
DON
DOO
DOP
DOQ
DOR
DOS
DOT
DOU
DOV
DOW
DOX
DOY
DOZ
DPA
DPB
DPC
DPD
DPE
DPF
DPG
DPH
DPI
DPJ
DPK
DPL
DPM
DPN
DPO
DPP
DPQ
DPR
DPS
DPT
DPU
DPV
DPW
DPX
DPY
DPZ
DQA
DQB
DQC
DQD
DQE
DQF
DQG
DQH
DQI
DQJ
DQK
DQL
DQM
DQN
DQO
DQP
DQQ
DQR
DQS
DQT
DQU
DQV
DQW
DQX
DQY
DQZ
DRA
DRB
DRC
DRD
DRE
DRF
DRG
DRH
DRI
DRJ
DRK
DRL
DRM
DRN
DRO
DRP
DRQ
DRR
DRS
DRT
DRU
DRV
DRW
DRX
DRY
DRZ
DSA
DSB
DSC
DSD
DSE
DSF
DSG
DSH
DSI
DSJ
DSK
DSL
DSM
DSN
DSO
DSP
DSQ
DSR
DSS
DST
DSU
DSV
DSW
DSX
DSY
DSZ
DTA
DTB
DTC
DTD
DTE
DTF
DTG
DTH
DTI
DTJ
DTK
DTL
DTM
DTN
DTO
DTP
DTQ
DTR
DTS
DTT
DTU
DTV
DTW
DTX
DTY
DTZ
DUA
DUB
DUC
DUD
DUE
DUF
DUG
DUH
DUI
DUJ
DUK
DUL
DUM
DUN
DUO
DUP
DUQ
DUR
DUS
DUT
DUU
DUV
DUW
DUX
DUY
DUZ
DVA
DVB
DVC
DVD
DVE
DVF
DVG
DVH
DVI
DVJ
DVK
DVL
DVM
DVN
DVO
DVP
DVQ
DVR
DVS
DVT
DVU
DVV
DVW
DVX
DVY
DVZ
DWA
DWB
DWC
DWD
DWE
DWF
DWG
DWH
DWI
DWJ
DWK
DWL
DWM
DWN
DWO
DWP
DWQ
DWR
DWS
DWT
DWU
DWV
DWW
DWX
DWY
DWZ
DXA
DXB
DXC
DXD
DXE
DXF
DXG
DXH
DXI
DXJ
DXK
DXL
DXM
DXN
DXO
DXP
DXQ
DXR
DXS
DXT
DXU
DXV
DXW
DXX
DXY
DXZ
DYA
DYB
DYC
DYD
DYE
DYF
DYG
DYH
DYI
DYJ
DYK
DYL
DYM
DYN
DYO
DYP
DYQ
DYR
DYS
DYT
DYU
DYV
DYW
DYX
DYY
DYZ
DZA
DZB
DZC
DZD
DZE
DZF
DZG
DZH
DZI
DZJ
DZK
DZL
DZM
DZN
DZO
DZP
DZQ
DZR
DZS
DZT
DZU
DZV
DZW
DZX
DZY
DZZ
EAA
EAB
EAC
EAD
EAE
EAF
EAG
EAH
EAI
EAJ
EAK
EAL
EAM
EAN
EAO
EAP
EAQ
EAR
EAS
EAT
EAU
EAV
EAW
EAX
EAY
EAZ
EBA
EBB
EBC
EBD
EBE
EBF
EBG
EBH
EBI
EBJ
EBK
EBL
EBM
EBN
EBO
EBP
EBQ
EBR
EBS
EBT
EBU
EBV
EBW
EBX
EBY
EBZ
ECA
ECB
ECC
ECD
ECE
ECF
ECG
ECH
ECI
ECJ
ECK
ECL
ECM
ECN
ECO
ECP
ECQ
ECR
ECS
ECT
ECU
ECV
ECW
ECX
ECY
ECZ
EDA
EDB
EDC
EDD
EDE
EDF
EDG
EDH
EDI
EDJ
EDK
EDL
EDM
EDN
EDO
EDP
EDQ
EDR
EDS
EDT
EDU
EDV
EDW
EDX
EDY
EDZ
EEA
EEB
EEC
EED
EEE
EEF
EEG
EEH
EEI
EEJ
EEK
EEL
EEM
EEN
EEO
EEP
EEQ
EER
EES
EET
EEU
EEV
EEW
EEX
EEY
EEZ
EFA
EFB
EFC
EFD
EFE
EFF
EFG
EFH
EFI
EFJ
EFK
EFL
EFM
EFN
EFO
EFP
EFQ
EFR
EFS
EFT
EFU
EFV
EFW
EFX
EFY
EFZ
EGA
EGB
EGC
EGD
EGE
EGF
EGG
EGH
EGI
EGJ
EGK
EGL
EGM
EGN
EGO
EGP
EGQ
EGR
EGS
EGT
EGU
EGV
EGW
EGX
EGY
EGZ
EHA
EHB
EHC
EHD
EHE
EHF
EHG
EHH
EHI
EHJ
EHK
EHL
EHM
EHN
EHO
EHP
EHQ
EHR
EHS
EHT
EHU
EHV
EHW
EHX
EHY
EHZ
EIA
EIB
EIC
EID
EIE
EIF
EIG
EIH
EII
EIJ
EIK
EIL
EIM
EIN
EIO
EIP
EIQ
EIR
EIS
EIT
EIU
EIV
EIW
EIX
EIY
EIZ
EJA
EJB
EJC
EJD
EJE
EJF
EJG
EJH
EJI
EJJ
EJK
EJL
EJM
EJN
EJO
EJP
EJQ
EJR
EJS
EJT
EJU
EJV
EJW
EJX
EJY
EJZ
EKA
EKB
EKC
EKD
EKE
EKF
EKG
EKH
EKI
EKJ
EKK
EKL
EKM
EKN
EKO
EKP
EKQ
EKR
EKS
EKT
EKU
EKV
EKW
EKX
EKY
EKZ
ELA
ELB
ELC
ELD
ELE
ELF
ELG
ELH
ELI
ELJ
ELK
ELL
ELM
ELN
ELO
ELP
ELQ
ELR
ELS
ELT
ELU
ELV
ELW
ELX
ELY
ELZ
EMA
EMB
EMC
EMD
EME
EMF
EMG
EMH
EMI
EMJ
EMK
EML
EMM
EMN
EMO
EMP
EMQ
EMR
EMS
EMT
EMU
EMV
EMW
EMX
EMY
EMZ
ENA
ENB
ENC
END
ENE
ENF
ENG
ENH
ENI
ENJ
ENK
ENL
ENM
ENN
ENO
ENP
ENQ
ENR
ENS
ENT
ENU
ENV
ENW
ENX
ENY
ENZ
EOA
EOB
EOC
EOD
EOE
EOF
EOG
EOH
EOI
EOJ
EOK
EOL
EOM
EON
EOO
EOP
EOQ
EOR
EOS
EOT
E

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

T.M. DE GATIKA



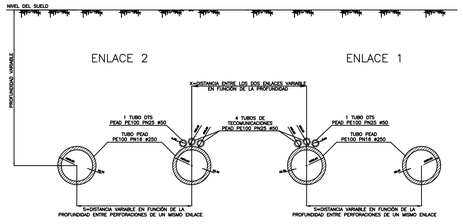
PLANO DE COMPARACION
P.K.
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO / COTA TERRENO

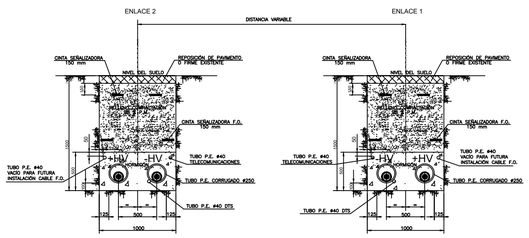


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

- OCUPACIÓN PERMANENTE
- OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

- RED Gas NORTEGAS
- RED Saneamiento CABB
- RED Saneamiento MUNICIPAL
- RED TESA Telefonica de España
- RED Abastecimiento AGUA URA
- RED Abastecimiento UDALSAREAK
- RED Abastecimiento PRIVADA
- RED MT IBERDROLA
- RED BT IBERDROLA
- RED Alumbrado
- RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S	

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

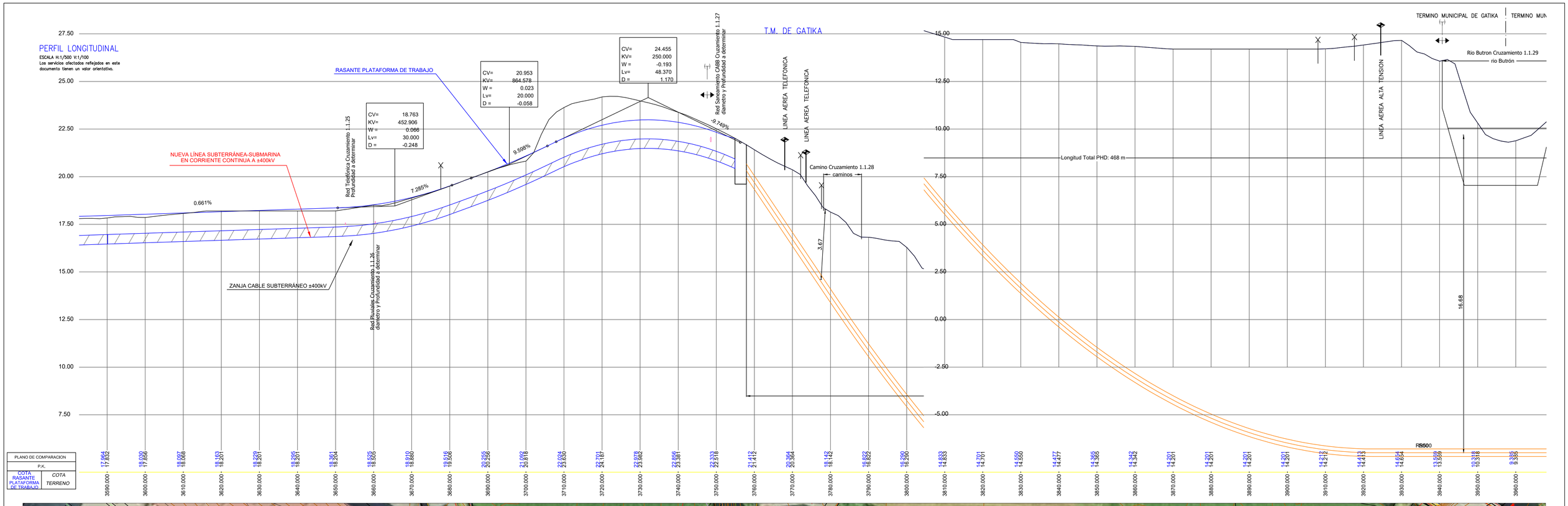
HOJA 10 DE 39

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Universidad Pontificia Comillas | Alberto Aguilera, 23 | 28015 Madrid | www.comillas.edu
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Asociación inscrita en el Registro Nacional de Asociaciones del Ministerio del Interior con el número 171.950 | Reservados todos los derechos.
Autenticidad verificable a través de la página Web de la Asociación de Ingenieros ICAI en www.icai.es/verificacion-de-documentos

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

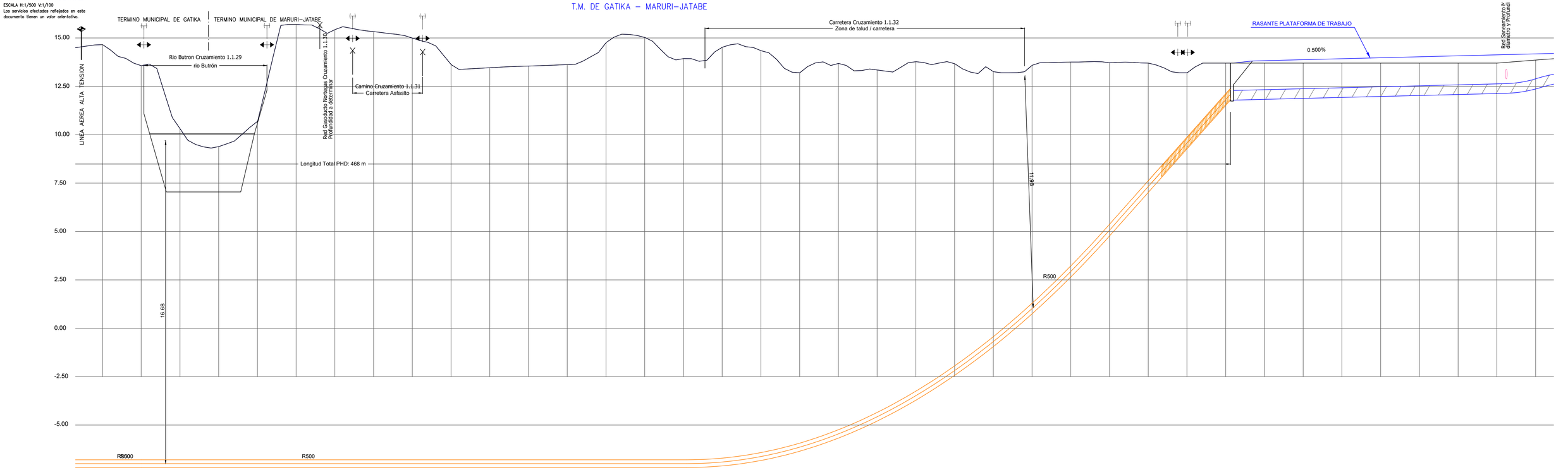


| PLANO DE COMPARACION | | |

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

T.M. DE GATIKA – MARURI–JATABE



P.K.	3930.000	3940.000	3950.000	3960.000	3970.000	3980.000	3990.000	4000.000	4010.000	4020.000	4030.000	4040.000	4050.000	4060.000	4070.000	4080.000	4090.000	4100.000	4110.000	4120.000	4130.000	4140.000	4150.000	4160.000	4170.000	4180.000	4190.000	4200.000	4210.000	4220.000	4230.000	4240.000	4250.000	4260.000	4270.000	4280.000	4290.000	4300.000
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	14.654	13.569	10.318	9.385	10.689	15.701	15.429	15.329	14.995	13.831	13.463	13.549	13.821	14.755	15.026	13.933	14.517	14.345	13.203	13.683	13.345	13.773	13.670	13.261	13.582	13.756	13.718	13.701	13.201	13.701	13.967	13.967	13.927	13.967	14.027	14.077	14.127	14.177
COTA TERRENO	14.654	13.569	10.318	9.385	10.689	15.701	15.429	15.329	14.995	13.831	13.463	13.549	13.821	14.755	15.026	13.933	14.517	14.345	13.203	13.683	13.345	13.773	13.670	13.261	13.582	13.756	13.718	13.701	13.201	13.701	13.967	13.967	13.927	13.967	14.027	14.077	14.127	14.177

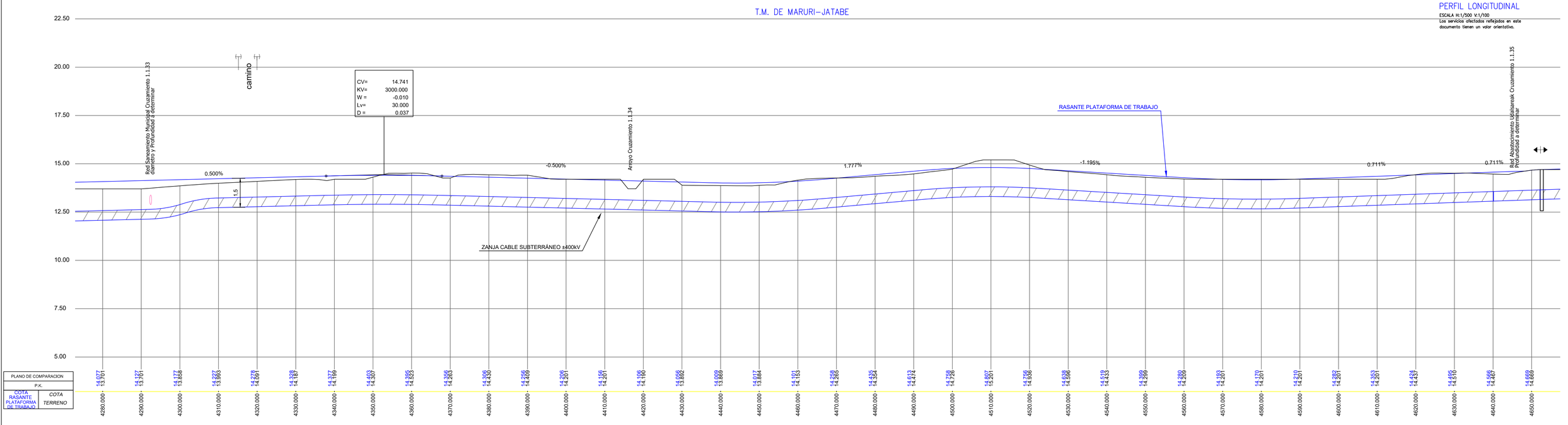

PHD-4
TERMINO MUNICIPAL DE MARURI–JATABE JATABE
RIO SUTRON URA
PRADO
PRADO
ERAL
T.C.
T.C.
T.C.

T.M. DE MARURI-JATABE

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



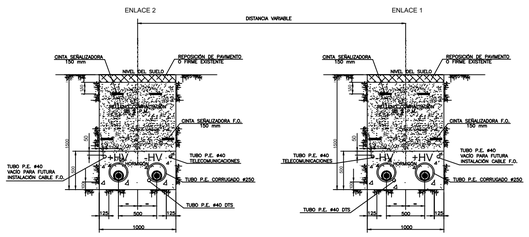


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

GAS	RED Gas NORTEGAS	ABAST	RED Abastecimiento PRIVADA
SANS	RED Saneamiento CABB	MT	RED MT IBERDROLA
SANS	RED Saneamiento MUNICIPAL	M	RED BT IBERDROLA
TESA	RED TESA Telefonica de España	ALUM	RED Alumbrado
ABAST	RED Abastecimiento AGUA URA	PLUV	RED Pluvial
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK		

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL Ggolfo DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

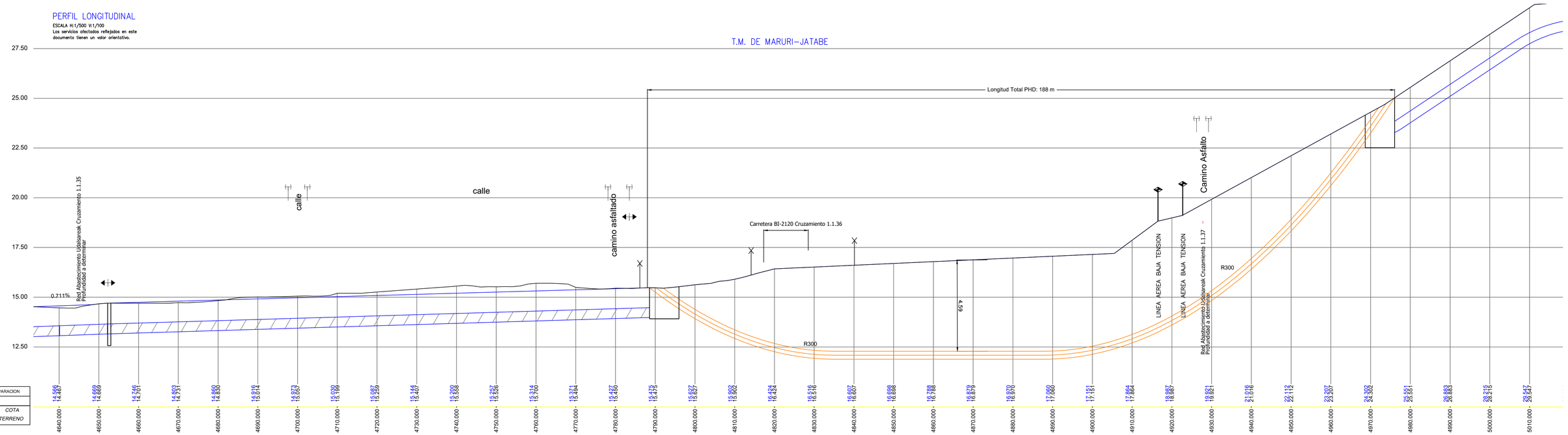
HOJA 13 DE 39

CUALQUIER UTILIZACIÓN NO AUTORIZADA SERÁ SANCIONADA CONFORME A LA LEY. Entre 934 523 000 | www.redelectrica.es
CNMC. DE ACUERDO CON LA NORMATIVA VIGENTE, ESTE PLANO ES PÚBLICO
Autenticidad verificada a través de la página: https://www.cne.es/verificacion-de-documentos

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

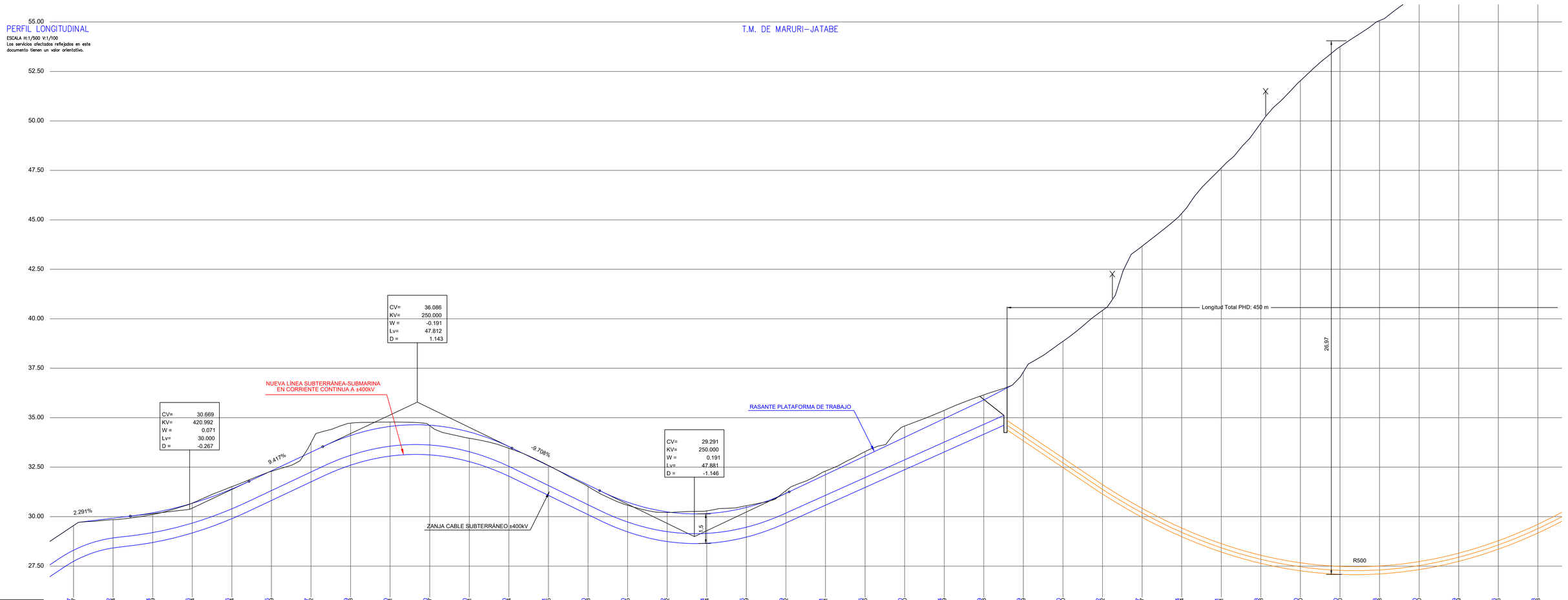


| PLANO DE COMPARACION | | |

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

T.M. DE MARURI-JATABE



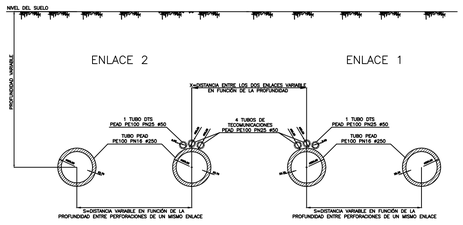
PLANO DE COMPARACION
P.K.
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO
COTA TERRENO

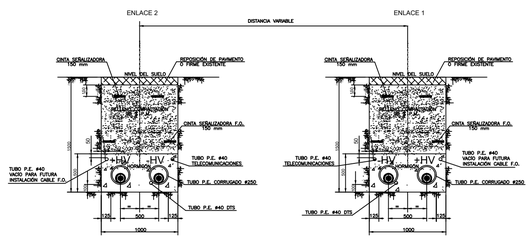


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

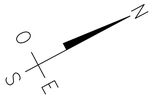
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA	
CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc	
CABLE EN P.H.D.	

LEYENDA SERVICIOS	
GAS GAS	RED Gas NORTEGAS
SANEA SANEA	RED Saneamiento CABB
SANEA SANEA	RED Saneamiento MUNICIPAL
TESA TESA TESA	RED TESA Telefonica de España
ABAST ABAST	RED Abastecimiento AGUA URA
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK
ABAST ABAST	RED Abastecimiento PRIVADA
MT MT MT	RED MT IBERDROLA
bt bt bt	RED BT IBERDROLA
ALUM ALUM	RED Alumbrado
PLUV PLUV	RED Pluvial



OCUPACIÓN PERMANENTE	
OCUPACIÓN TEMPORAL	

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniería Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI Nº 4123 / 3303

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRANEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400KV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 15 DE 39

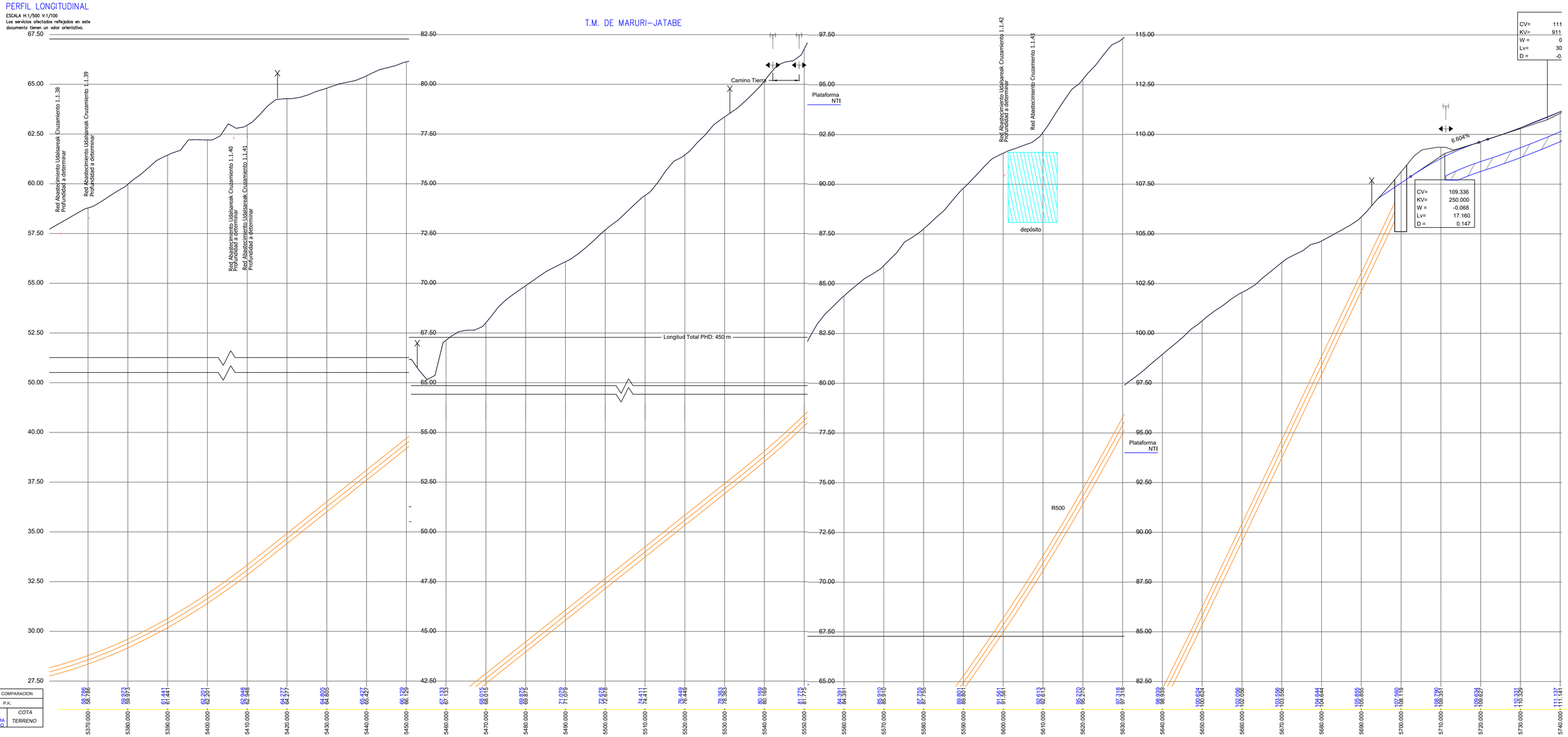
FUNDACIÓN NACIONAL DE INGENIERÍA (FUNDACIÓN ICAI) Versión: 1.0.0.0.2 Fecha: 05/11/2020 Limite de conservación: sin caducidad
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2975519582230A0AAY1GAAE
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.cdc.gr/fundacion-icai-documentos

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

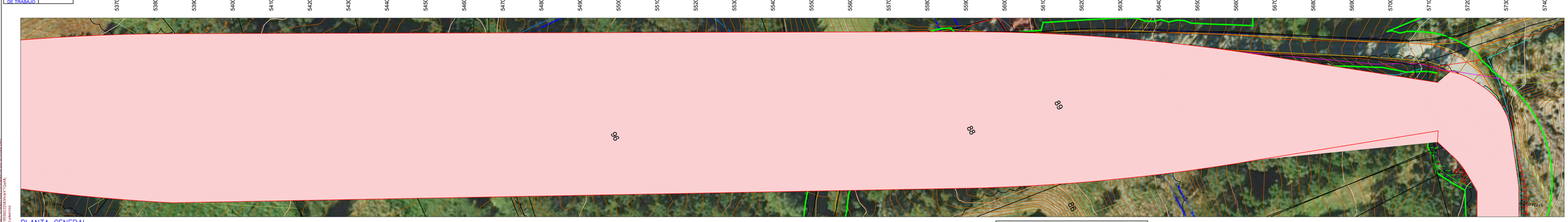
T.M. DE MARURI-JATABE

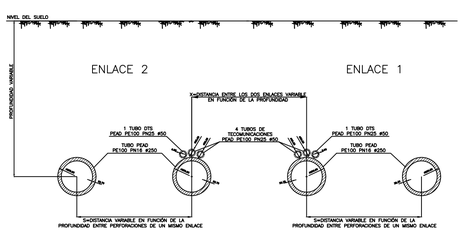


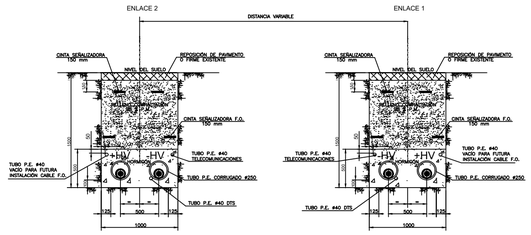
PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.







LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

LEYENDA SERVICIOS

RED Gas NORTEGAS	RED Abastecimiento PRIVADA
RED Saneamiento CABB	RED MT IBERDROLA
RED Saneamiento MUNICIPAL	RED BT IBERDROLA
RED TESA Telefonica de España	RED Alumbrado
RED Abastecimiento AGUA URA	RED Pluvial
RED Abastecimiento UDALSAREAK	

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniería Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S	

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

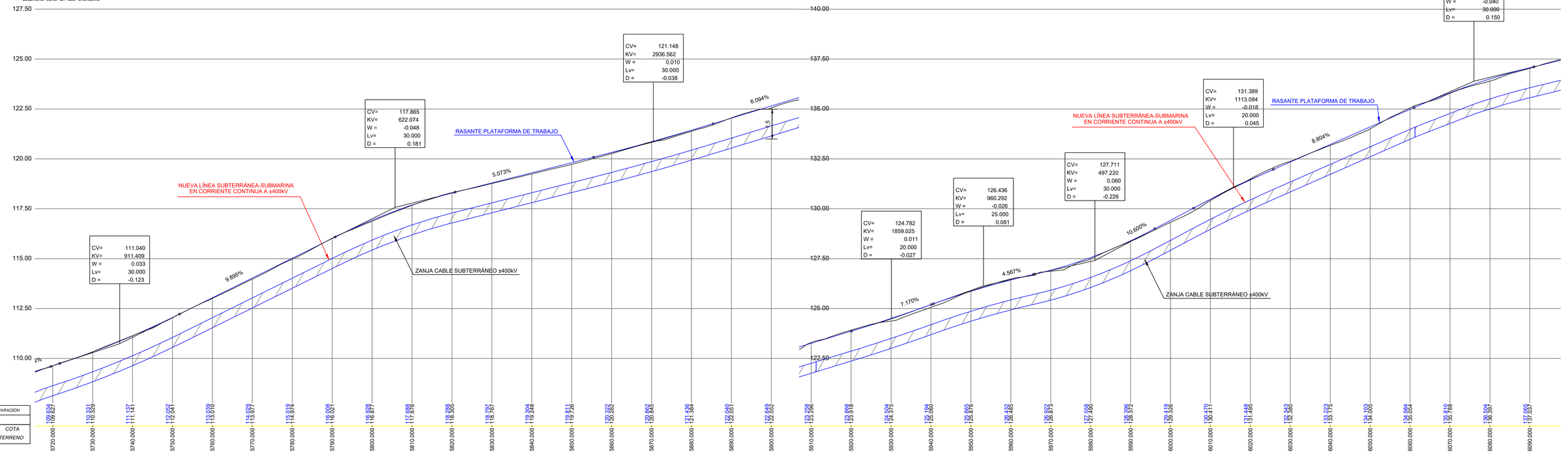
HOJA 16 DE 39

CON LOS LIMITACIONES DE ESCALA PROPIAS DE LA COPIA. El plano original tiene un tamaño DIN A1 (594x841). Cualquier medición realizada sobre esta copia PERDERÁ la validez de la escala.
INFORMACIÓN DE INVENTARIO ICM. Autenticidad verificable mediante CSV: IPS161195652934xNwYOwKA
Autenticidad verificable a través de la sede electrónica: https://www.sede.minetur.gob.es/es-ES/csv/es-documentos

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

T.M. DE MARURI–JATABE



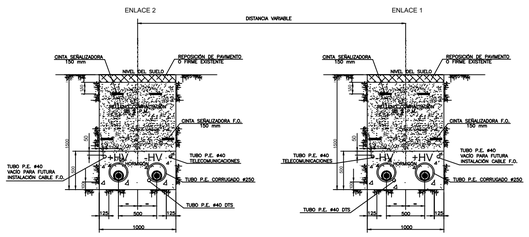
PLANO DE COMPARACION
P.K.
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO / COTA TERRENO



PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





OCUPACIÓN PERMANENTE
OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA
CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
CABLE EN P.H.D.

LEYENDA SERVICIOS
GAS — GAS — RED Gas NORTEGAS
SANEA — SANEA — RED Saneamiento CABB
SANEA — SANEA — RED Saneamiento MUNICIPAL
TESA — TESA — TESA — RED TESA Telefonica de España
ABAST — ABAST — RED Abastecimiento AGUA URA
Abastecimiento — RED Abastecimiento UDALSAREAK
ABAST — ABAST — RED Abastecimiento PRIVADA
MT — MT — MT — RED MT IBERDROLA
bt — bt — bt — RED BT IBERDROLA
ALUM — ALUM — RED Alumbrado
PLUV — PLUV — RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4.123 / 3303

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N
B	03–2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12–2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05–2020	S.M.M.	
APROBADO	05–2020	M.S.S	

INSTALACION
ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

TITULO
PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

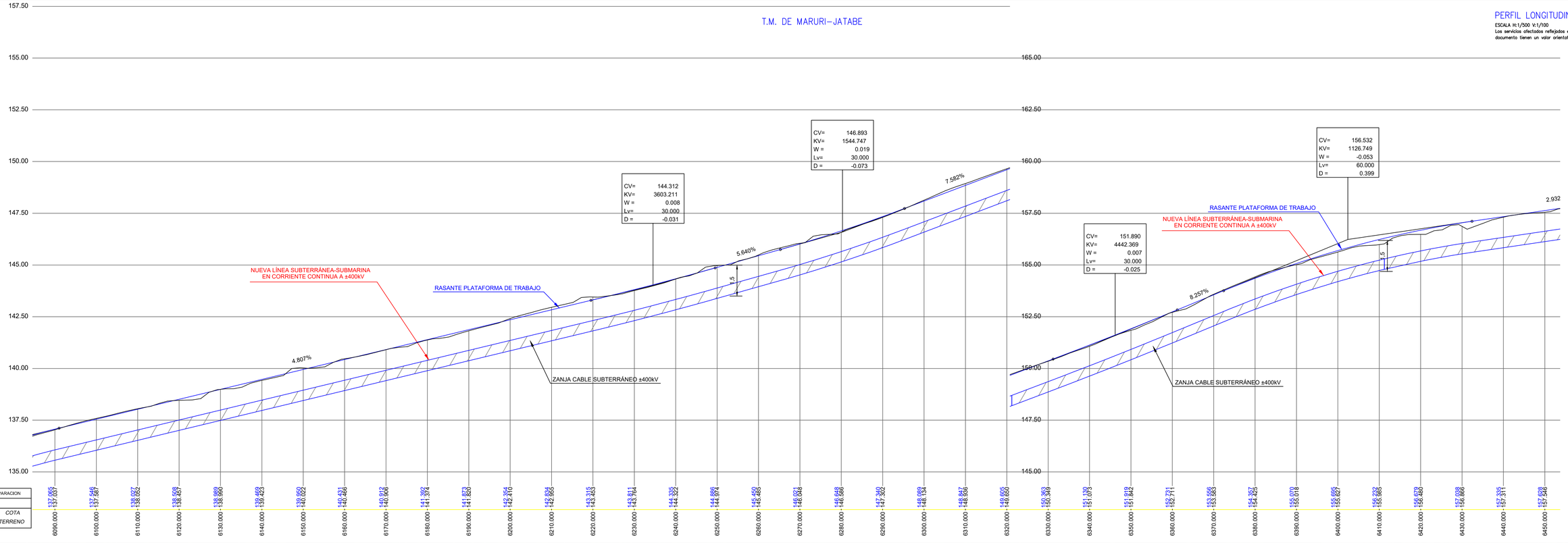
HOJA 17 DE 39

DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA: Licencia CLOUD (Esri, TomTom, Garmin, SafeGraph, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS | Powered by Esri | Esri, HERE, Garmin, SafeGraph, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS | Powered by Esri | Esri, HERE, Garmin, INCREMENT P, NG

T.M. DE MARURI–JATABE

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

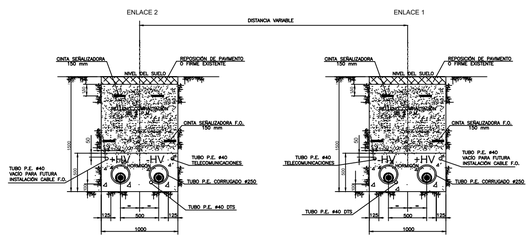




PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

- GAS — RED Gas NORTEGAS
- SANEAMIENTO — RED Saneamiento CABB
- SANEAMIENTO — RED Saneamiento MUNICIPAL
- TESA — RED TESA Telefonica de España
- ABAST — RED Abastecimiento AGUA URA
- Abastecimiento — RED Abastecimiento UDALSAREAK
- ABAST — RED Abastecimiento PRIVADA
- MT — RED MT IBERDROLA
- M — RED BT IBERDROLA
- ALUM — RED Alumbrado
- PLUV — RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRANEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 18 DE 39

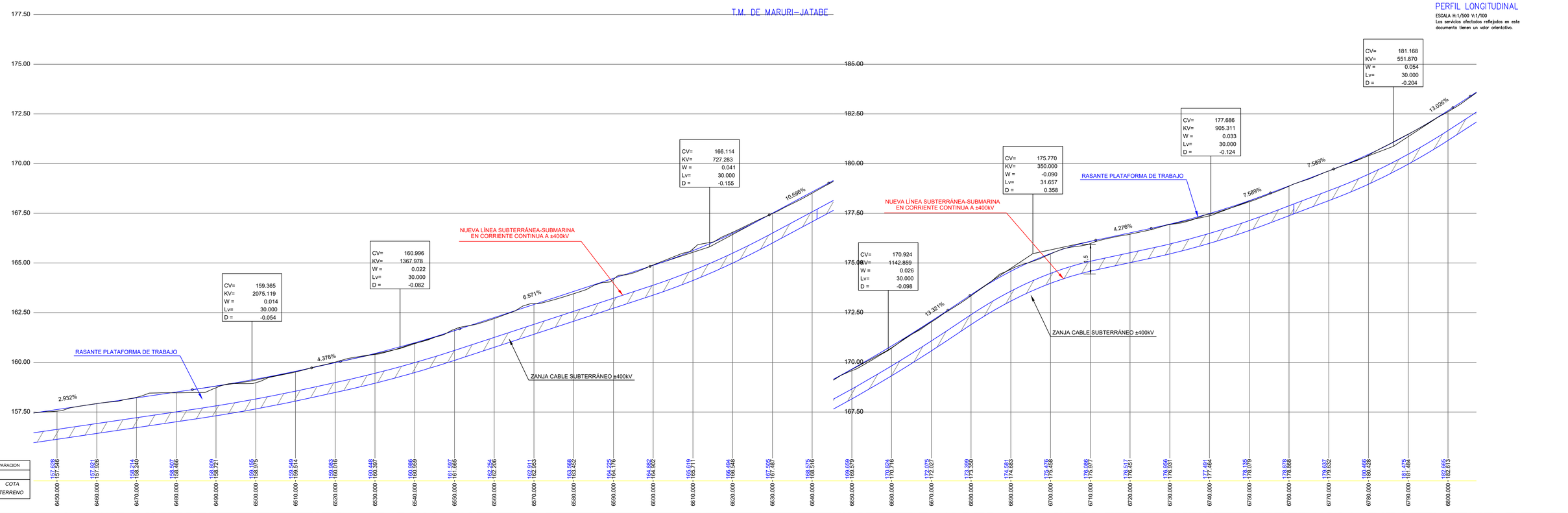
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Universidad Pontificia Comillas (Madrid) Real Decreto 1134/2002, de fecha 31/10/2002 (www.boe.es) (Ref. BOE-A-2002-21301)
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Asociación Privada reconocida Orden 29/5/1951 (BOE 5/6/1951)
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

T.M. DE MARURI-JATABE



PLANO DE COMPARACION	
P.K.	
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO

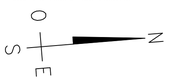
P.K.	COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO
6450.000	157.628	157.548
6460.000	157.923	157.923
6470.000	158.214	158.240
6480.000	158.507	158.466
6490.000	158.809	158.721
6500.000	159.155	158.975
6510.000	159.644	159.514
6520.000	159.853	160.016
6530.000	160.448	160.397
6540.000	160.865	160.865
6550.000	161.597	161.665
6560.000	162.254	162.206
6570.000	162.911	162.553
6580.000	163.568	163.462
6590.000	164.225	164.175
6600.000	164.882	164.902
6610.000	165.619	165.711
6620.000	166.544	166.540
6630.000	167.505	167.487
6640.000	168.575	168.516
6650.000	169.658	169.579
6660.000	170.824	170.716
6670.000	172.075	172.022
6680.000	173.399	173.390
6690.000	174.681	174.683
6700.000	175.458	175.458
6710.000	176.096	175.977
6720.000	176.617	176.451
6730.000	176.956	176.801
6740.000	177.491	177.464
6750.000	178.175	178.075
6760.000	178.878	178.868
6770.000	179.637	179.832
6780.000	180.468	180.426
6790.000	181.475	181.484
6800.000	182.665	182.613

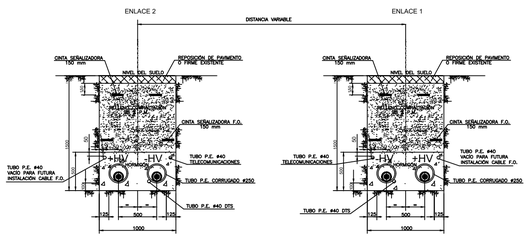


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

GAS GAS GAS	RED Gas NORTEGAS
SANS SANS SANS	RED Saneamiento CABB
SANS SANS SANS	RED Saneamiento MUNICIPAL
TESA TESA TESA	RED TESA Telefonica de España
ABAS ABAS ABAS	RED Abastecimiento AGUA URA
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK
ABAP ABAP ABAP	RED Abastecimiento PRIVADA
MT MT MT	RED MT IBERDROLA
M M M	RED BT IBERDROLA
ALUM ALUM ALUM	RED Alumbrado
PLUV PLUV PLUV	RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRANEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 19 DE 39

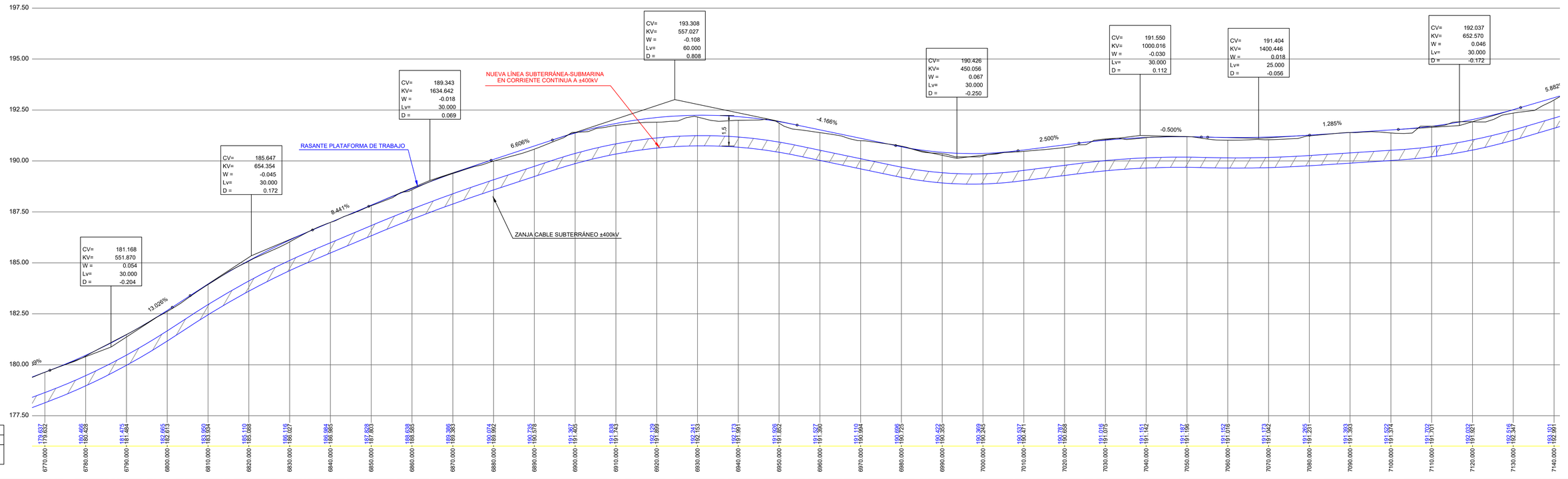
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
VISADO ELECTRÓNICO
Fecha: 03/12/2020 - Sede electrónica: cop.es
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificada mediante CSV: 2PS1519SR2ZMAN4VTOAA
Autenticidad verificada a través de la página: https://www.cdc.es/verificacion-de-documentos

T.M. DE MARURI-JATABE

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



PLANO DE COMPARACION	
P.K.	
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO

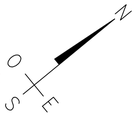
P.K.	COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO
179.632	179.632	
180.468	180.468	
181.476	181.484	
182.665	182.613	
183.860	183.864	
185.110	185.088	
186.116	186.027	
186.984	186.960	
187.828	187.803	
188.638	188.588	
189.386	189.383	
190.074	189.962	
190.775	190.575	
191.367	191.405	
191.838	191.743	
192.228	191.880	
192.241	192.153	
192.173	191.991	
191.966	191.852	
191.627	191.390	
191.140	191.056	
190.696	190.725	
190.472	190.355	
190.308	190.245	
190.537	190.471	
190.777	190.658	
191.016	191.075	
191.151	191.142	
191.185	191.185	
191.152	191.016	
191.173	191.042	
191.265	191.251	
191.393	191.383	
191.572	191.574	
191.702	191.701	
192.032	191.921	
192.149	192.149	
193.101	192.991	

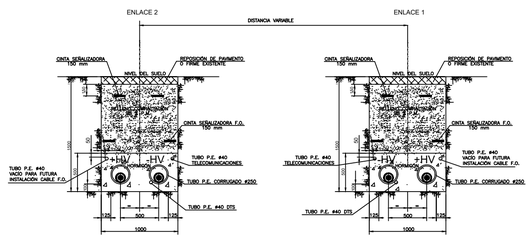


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

GAS — GAS —	RED Gas NORTEGAS
SANS — SANS —	RED Saneamiento CABB
SANS — SANS —	RED Saneamiento MUNICIPAL
TESA — TESA — TESA —	RED TESA Telefonica de España
ABAS — ABAS —	RED Abastecimiento AGUA URA
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK
ABAP — ABAP —	RED Abastecimiento PRIVADA
MT — MT — MT —	RED MT IBERDROLA
M — M — M —	RED BT IBERDROLA
ALUM — ALUM —	RED Alumbrado
PLUV — PLUV —	RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

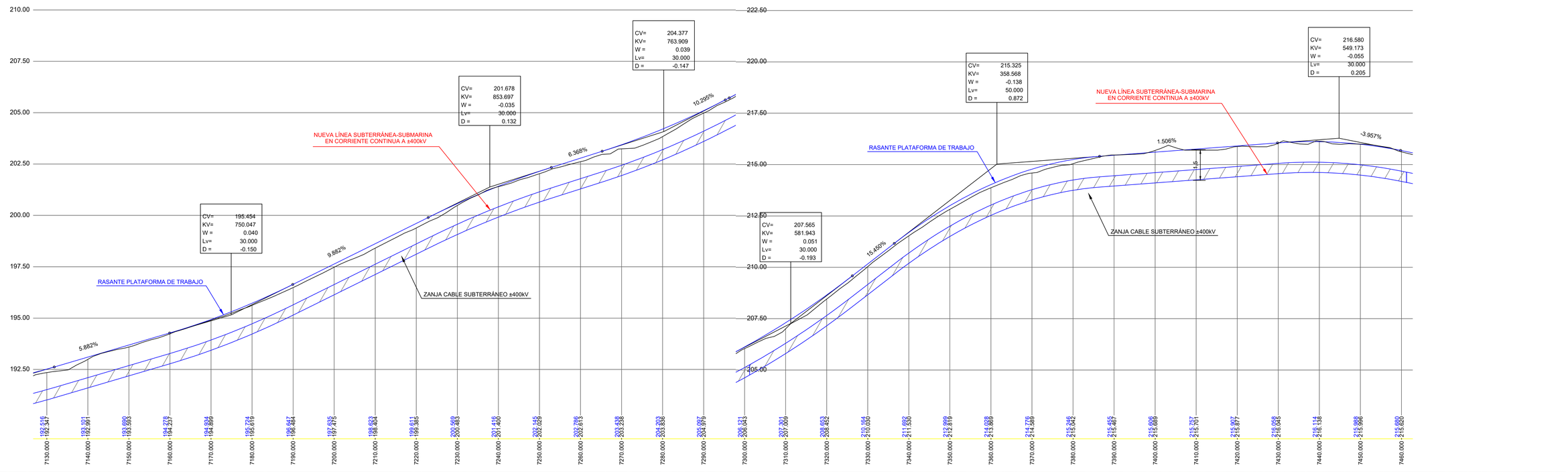
HOJA 20 DE 39

COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES Y ARQUITECTOS TÉCNICOS DE BIZKAIA
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS151958523MAVAVTOAA
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.cia.es/verificacion-de-documentos

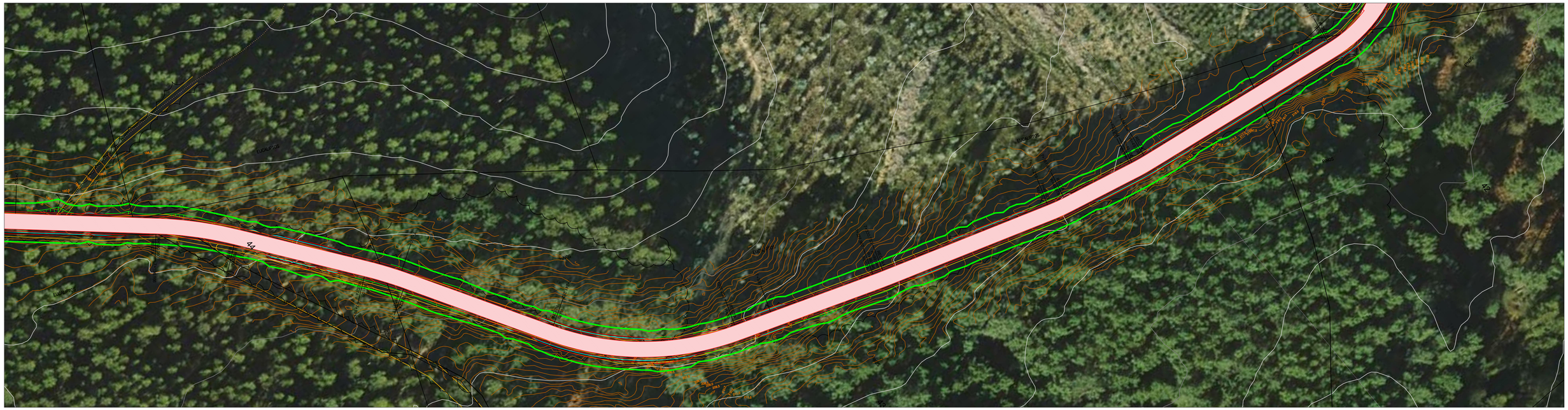
T.M. DE MARURI-JATABE

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



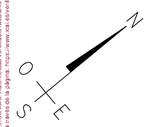
PLANO DE COMPARACION	
P.K.	
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO

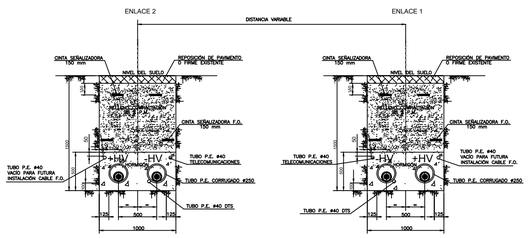


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA

CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc

CABLE EN P.H.D.

LEYENDA SERVICIOS

GAS — GAS —	RED Gas NORTEGAS
SANS — SANS —	RED Saneamiento CABB
SANS — SANS —	RED Saneamiento MUNICIPAL
TESA — TESA — TESA —	RED TESA Telefonica de España
ABAS — ABAS —	RED Abastecimiento AGUA URA
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK
ABAP — ABAP —	RED Abastecimiento PRIVADA
MT — MT — MT —	RED MT IBERDROLA
M — M — M —	RED BT IBERDROLA
ALUM — ALUM —	RED Alumbrado
PLUV — PLUV —	RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRANEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400KV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 21 DE 39

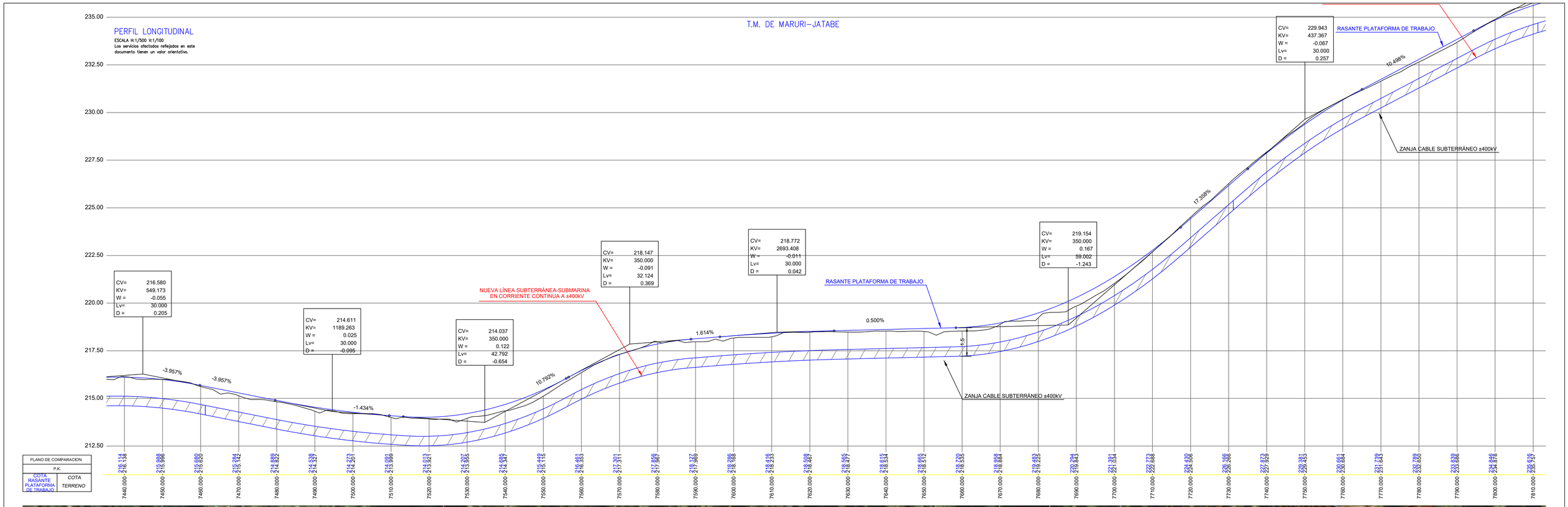
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Universidad Pontificia Comillas Alberto Aguilera, 23 28015 Madrid (España) www.comillas.edu
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS151B9B2PMAN4YTOAB
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.cia.es/verificacion-de-documentos

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

T.M. DE MARURI-JATABE

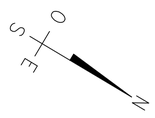


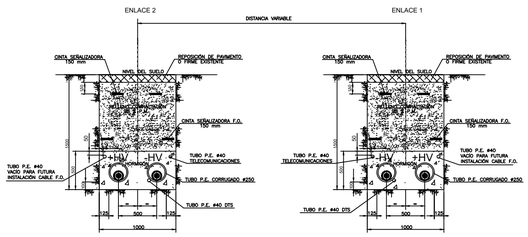


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.







OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira

Colegiada ICAI nº 4 123 / 3353

LEYENDA

CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc

CABLE EN P.H.D.

LEYENDA SERVICIOS

GAS	GAS	RED Gas NORTEGAS	ABAST	ABAST	RED Abastecimiento PRIVADA
SANS	SANS	RED Saneamiento CABB	MT	MT	RED MT IBERDROLA
SANS	SANS	RED Saneamiento MUNICIPAL	M	M	RED BT IBERDROLA
TESA	TESA	RED TESA Telefonica de España	ALUM	ALUM	RED Alumbrado
ABAST	ABAST	RED Abastecimiento AGUA URA	PLUV	PLUV	RED Pluvial
Abastecimiento		RED Abastecimiento UDALSAREAK			

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRANEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

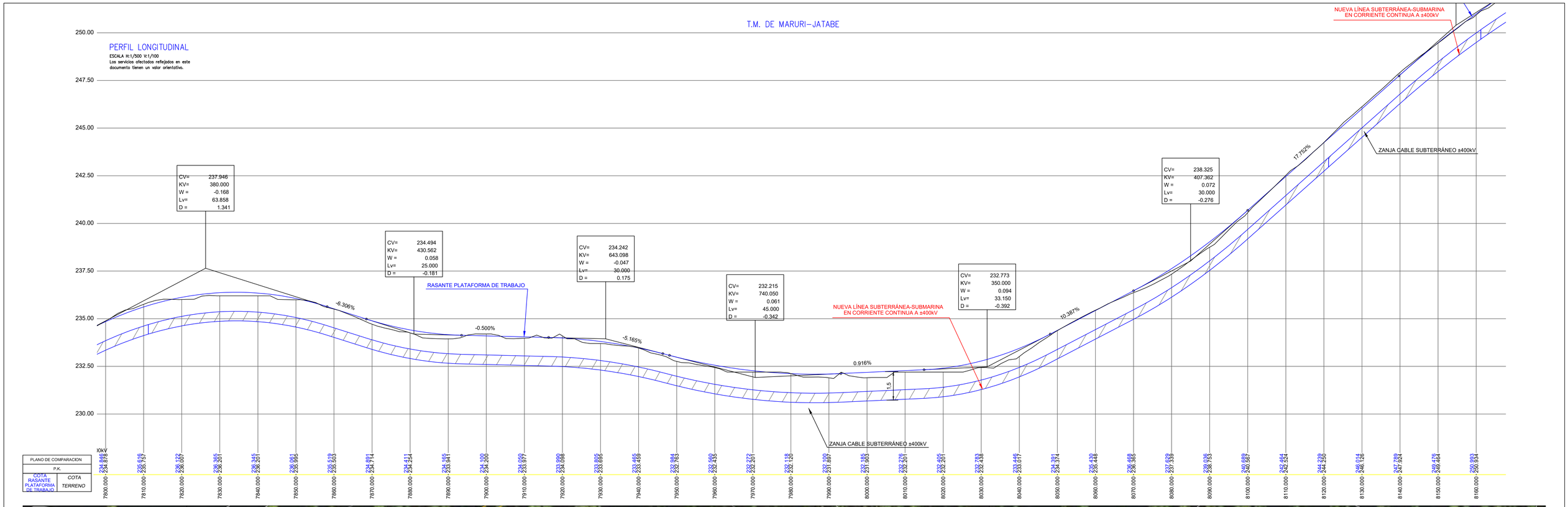
HOJA 22 DE 39

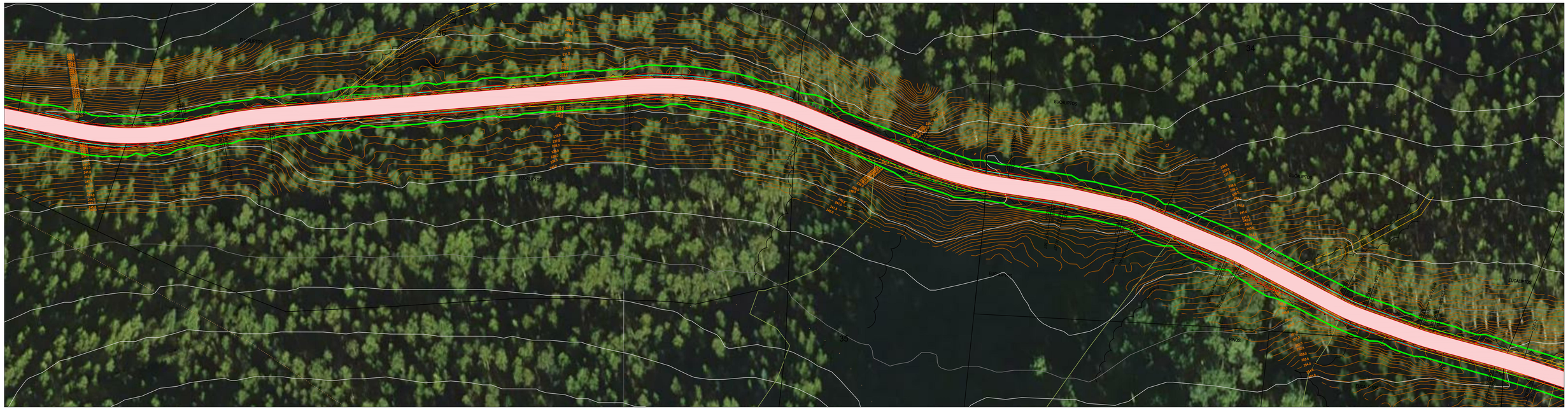
COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES Y ARQUITECTOS TÉCNICOS DE BIZKAIA (Visado: 21/04/2021) (www.coaatbi.es)
NACIONAL DE EVALUACIÓN CAE Autenticidad verificada mediante CSV: 2PS151958229AAVVYOAA
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.cte.es/verificacion-de-documentos

T.M. DE MARURI-JATABE

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



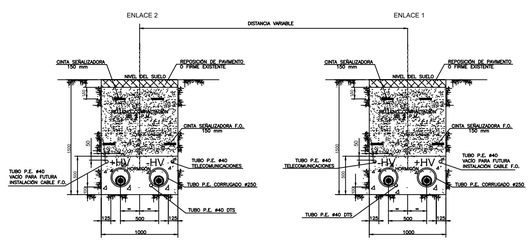


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

N
O E
S

ENLACE 2 — ENLACE 1



OCUPACIÓN PERMANENTE
OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA
- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

LEYENDA SERVICIOS
- GAS — GAS — RED Gas NORTEGAS
- SANEA — SANEA — RED Saneamiento CABB
- SANEA — SANEA — RED Saneamiento MUNICIPAL
- TESA — TESA — TESA — RED TESA Telefonica de España
- ABAST — ABAST — RED Abastecimiento AGUA URA
- Abastecimiento — RED Abastecimiento UDALSAREAK
- ABAST — ABAST — RED Abastecimiento PRIVADA
- MT — MT — MT — RED MT IBERDROLA
- M — M — M — RED BT IBERDROLA
- ALUM — ALUM — RED Alumbrado
- PLUV — PLUV — RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

INSTALACION
ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

TITULO
PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

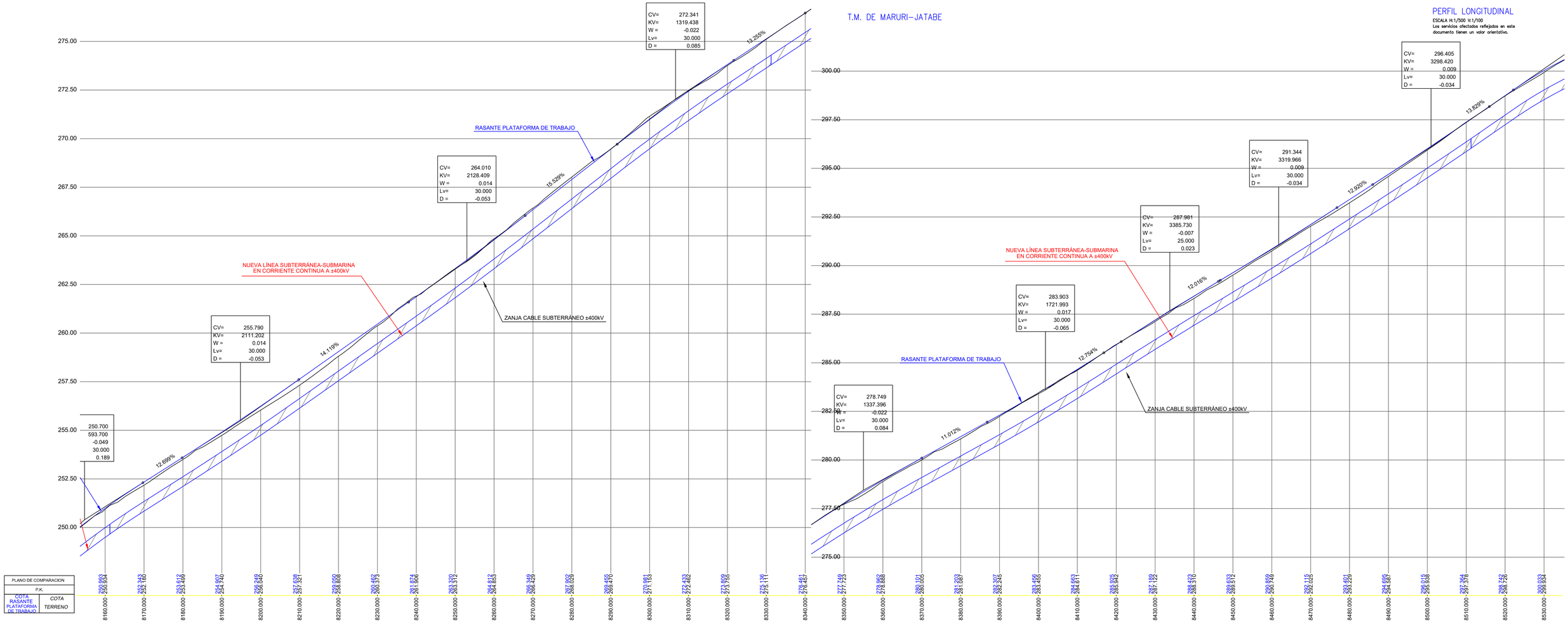
HOJA 23 DE 39

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
VISADO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
Fecha: 03/12/2020 | Nº de visado: 20-DP-5119
VISADO ELECTRÓNICO
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.cdc.es/verificacion-de-documentos

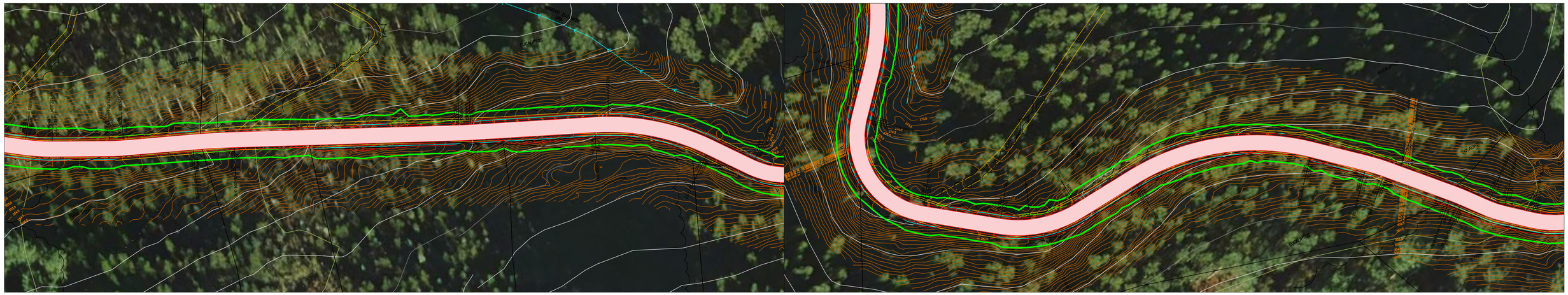
T.M. DE MARURI–JATABE

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



PLANO DE COMPARACION
P.K.
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO / COTA TERRENO

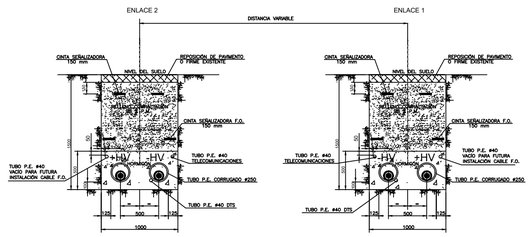


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.







OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniería Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

LEYENDA

CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc

CABLE EN P.H.D.

LEYENDA SERVICIOS

GAS	GAS	RED Gas NORTEGAS	ABA	ABA	RED Abastecimiento PRIVADA
SAN	SAN	RED Saneamiento CABB	MT	MT MT	RED MT IBERDROLA
SAN	SAN	RED Saneamiento MUNICIPAL	M	M M	RED BT IBERDROLA
TESA	TESA TESA	RED TESA Telefonica de España	ALU	ALUM	RED Alumbrado
ABA	ABA	RED Abastecimiento AGUA URA	PLU	PLUV	RED Pluvial
Abastecimiento		RED Abastecimiento UDALSAREAK			

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACIÓN
B	03–2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12–2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05–2020	S.M.M.	
APROBADO	05–2020	M.S.S	

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 24 DE 39

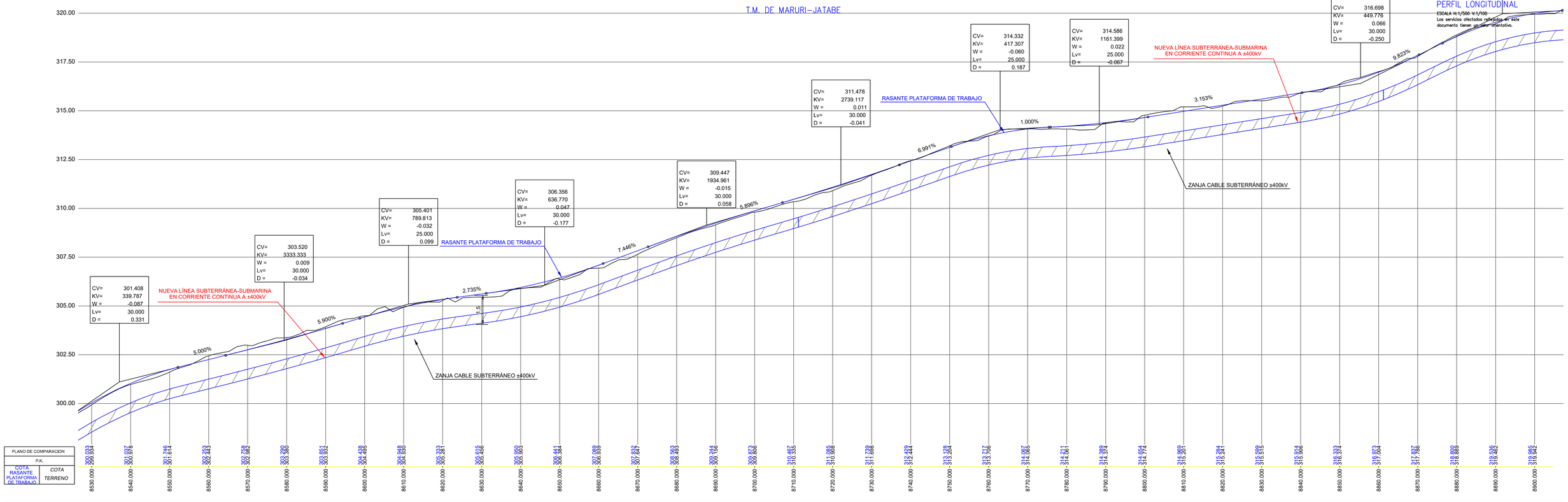
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS (Visado nº 210420 / Fecha 20/04/2021 / Verificación mediante CSV: 2PS1970952B2RAKWY7OMA)
INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.cdc.ciccp.es/es-ES/Paginas/Verificacion-de-documentos.aspx

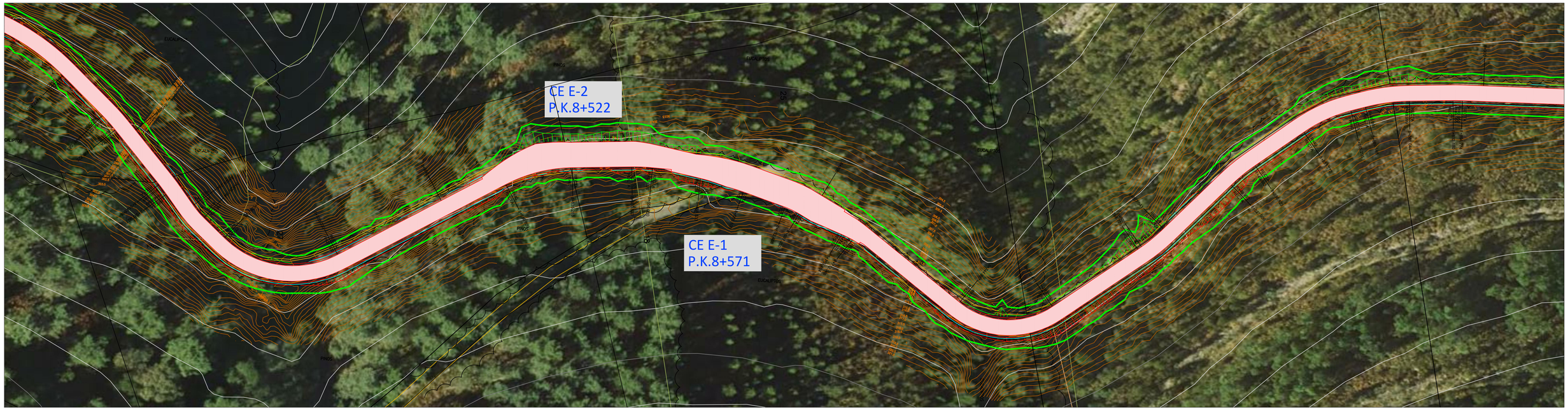
T.M. DE MARURI–JATABE

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

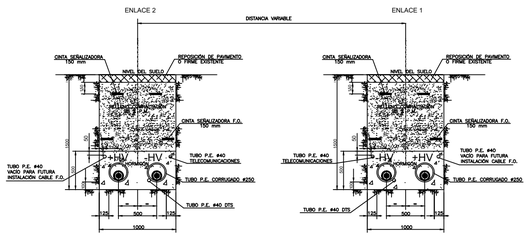




PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA

CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc

CABLE EN P.H.D.

LEYENDA SERVICIOS

GAS — GAS —	RED Gas NORTEGAS
SANB — SANB —	RED Saneamiento CABB
SANM — SANM —	RED Saneamiento MUNICIPAL
TESA — TESA — TESA	RED TESA Telefonica de España
ABAU — ABAU —	RED Abastecimiento AGUA URA
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK
ABAP — ABAP —	RED Abastecimiento PRIVADA
MT — MT — MT —	RED MT IBERDROLA
M — M — M —	RED BT IBERDROLA
ALUM — ALUM —	RED Alumbrado
PLUV — PLUV —	RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N
B	03–2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12–2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05–2020	S.M.M.	
APROBADO	05–2020	M.S.S.	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

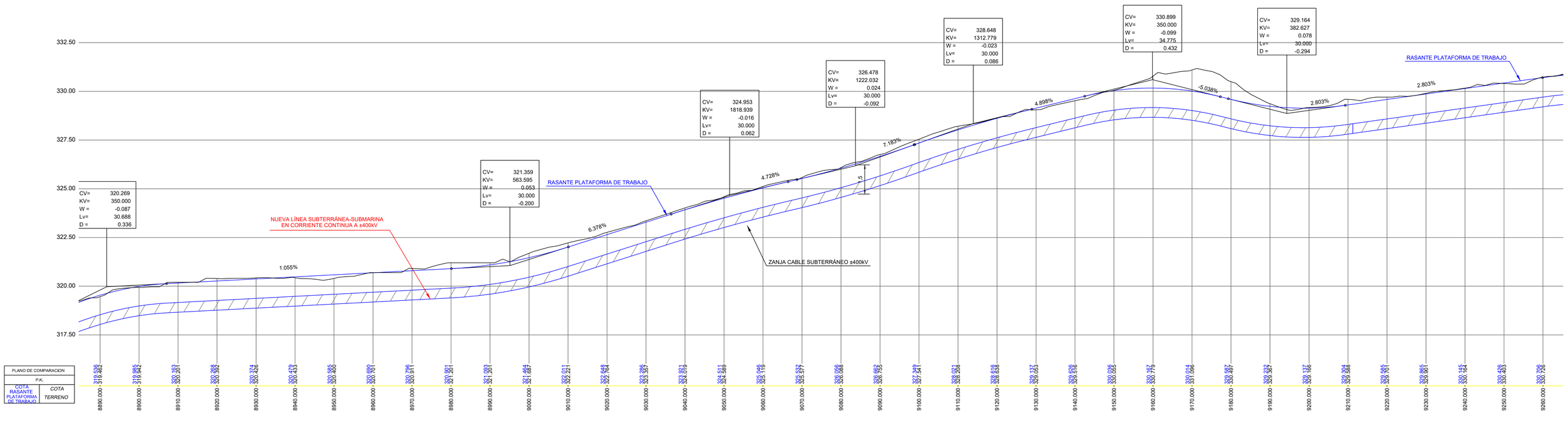
HOJA 25 DE 39

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Universidad Pontificia Comillas Firma 1 de 1 | Fecha: 05/11/2020 | www.colegioingenieros.es e-ICAI v2.0
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Autenticidad verificable mediante código: QPS1519585ZMAXAVTGAA
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.cia.es/verificacion-de-documentos

T.M. DE MARURI-JATABE

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

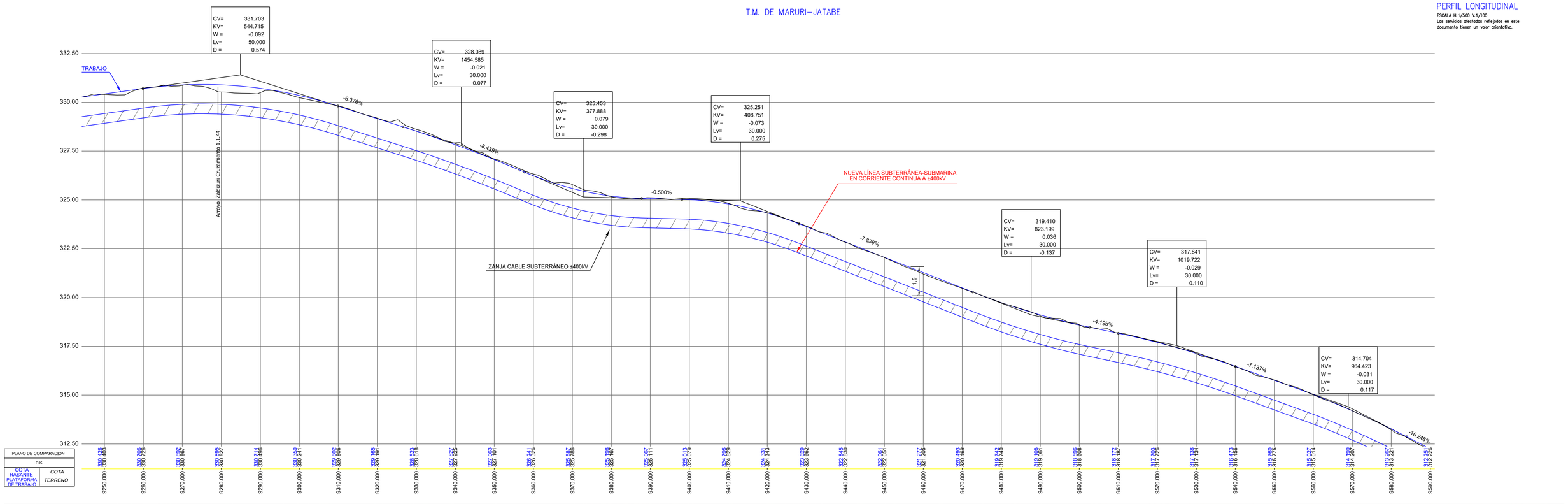



EUCALIPTOS
EUCALIPTOS
EUCALIPTOS

T.M. DE MARURI–JATABE

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

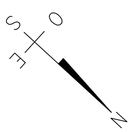


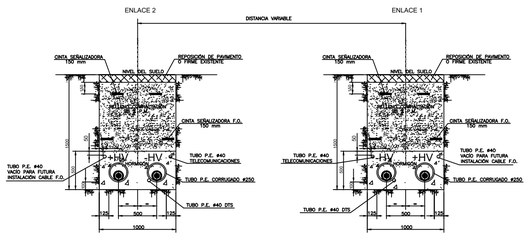


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

GAS	RED Gas NORTEGAS	ABAST	RED Abastecimiento PRIVADA
SANEA	RED Saneamiento CABB	MT	RED MT IBERDROLA
SANEA	RED Saneamiento MUNICIPAL	M	RED BT IBERDROLA
TESA	RED TESA Telefonica de España	ALUM	RED Alumbrado
ABAST	RED Abastecimiento AGUA URA	PLUV	RED Pluvial
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK		

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03–2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12–2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05–2020	S.M.M.	
APROBADO	05–2020	M.S.S.	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

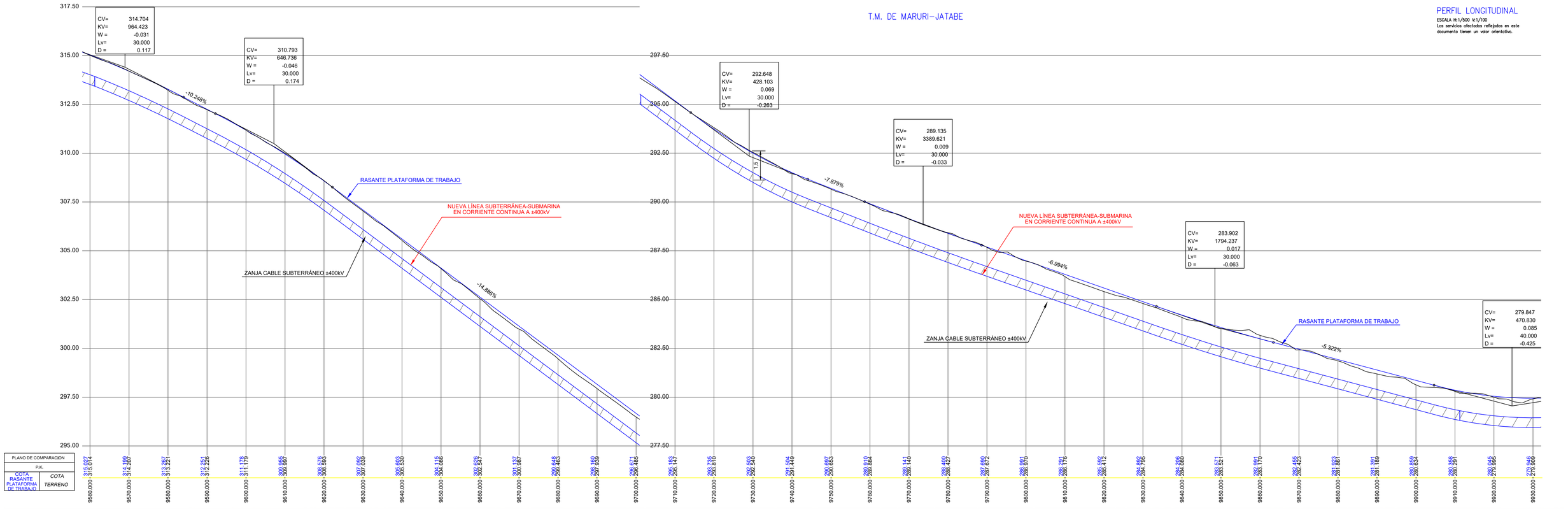
HOJA 27 DE 39

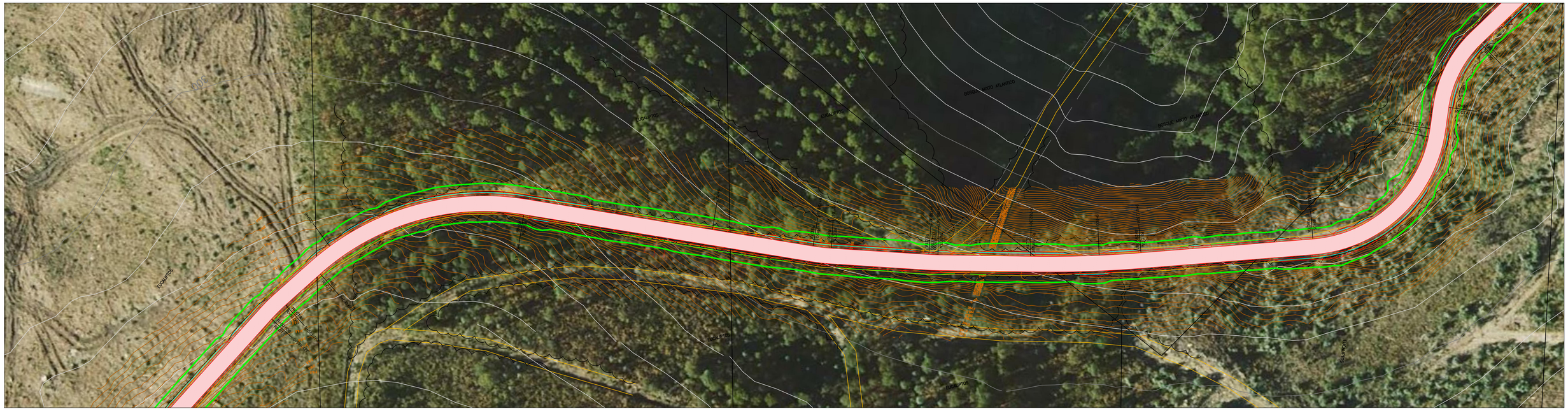
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Universidad Pontificia Comillas (Rector: D. Julio L. Martínez) CIF: Q2818015F
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Autenticidad verificable mediante código: QR15151595229AAAAAVTOAA
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

T.M. DE MARURI-JATABE



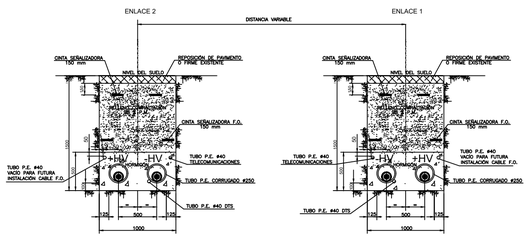


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

- RED Gas NORTEGAS
- RED Saneamiento CABB
- RED Saneamiento MUNICIPAL
- RED TESA Telefonica de España
- RED Abastecimiento AGUA URA
- RED Abastecimiento UDALSAREAK
- RED Abastecimiento PRIVADA
- RED MT IBERDROLA
- RED BT IBERDROLA
- RED Alumbrado
- RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 28 DE 39

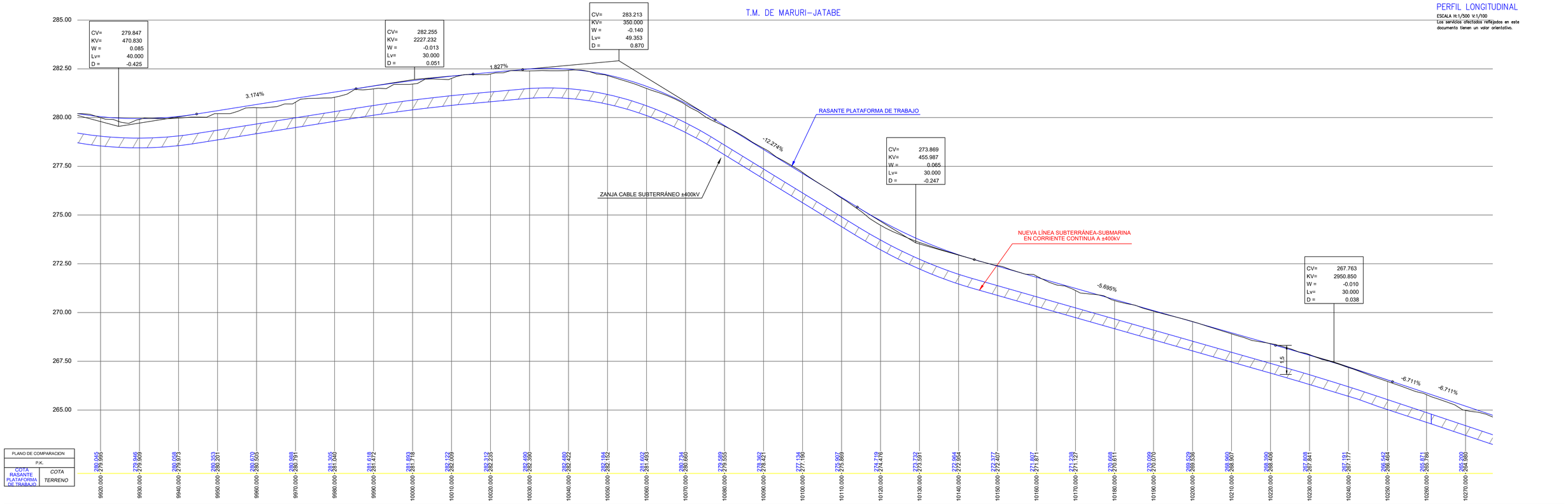
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
VISADO ELECTRÓNICO
Fecha: 05/11/2020 | Hora: 09:43:00 | Visado: 20201105_09430_2020-11-05_1.pdf
NÚMERO DE EXPEDIENTE: 20201105_09430_2020-11-05_1.pdf
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.cdc.es/verificacion-de-documentos

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

T.M. DE MARURI-JATABE

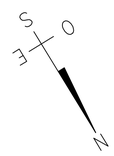


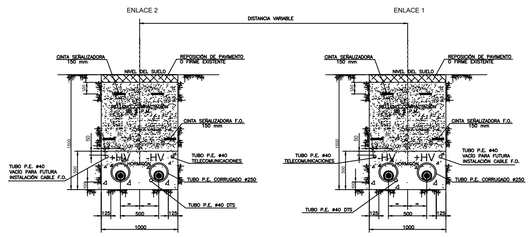


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

GAS — GAS —	RED Gas NORTEGAS	ABAS — ABAS —	RED Abastecimiento PRIVADA
SANS — SANS —	RED Saneamiento CABB	MT — MT — MT	RED MT IBERDROLA
SANS — SANS —	RED Saneamiento MUNICIPAL	M — M — M	RED BT IBERDROLA
TESA — TESA — TESA	RED TESA Telefonica de España	ALUM — ALUM —	RED Alumbrado
ABAS — ABAS —	RED Abastecimiento AGUA URA	PLUV — PLUV —	RED Pluvial
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK		

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4 123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

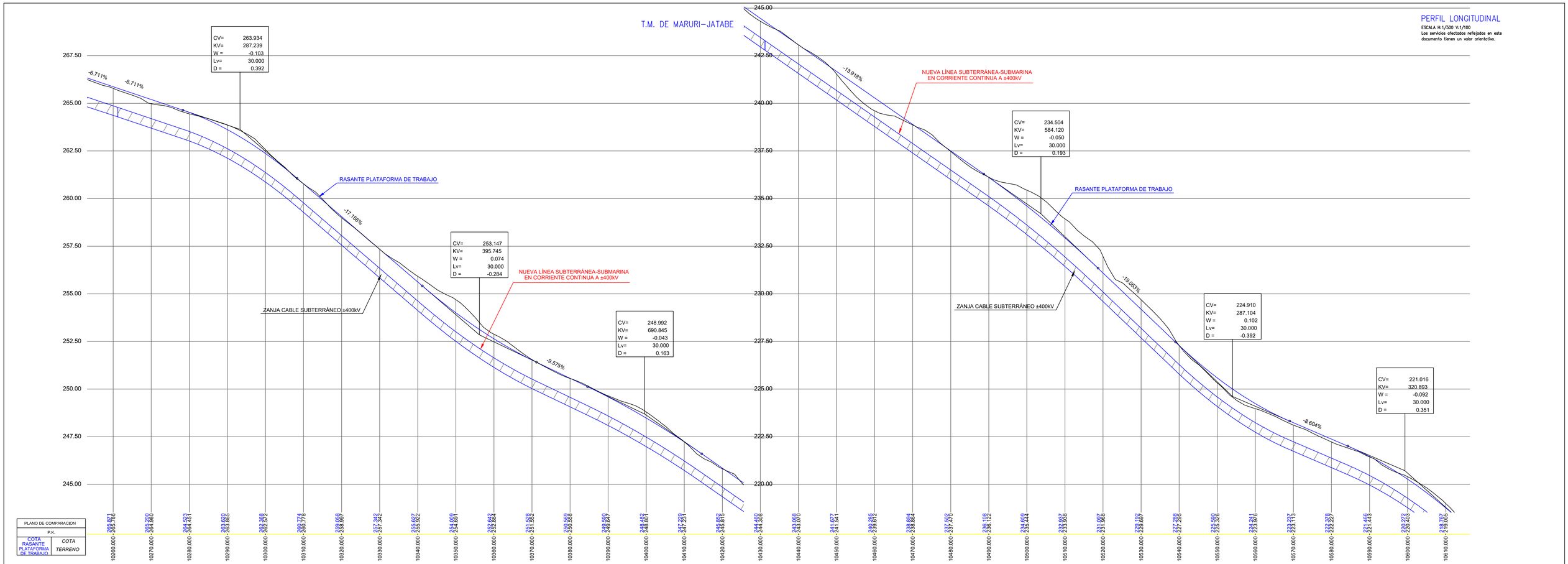
HOJA 29 DE 39

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS DE ICAI. Visado nº: 1134/21 Fecha: 03/12/2021. Puede comprobar este visado en: www.colegioingenieros.es y en ICAInet
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificada mediante CSV: 2PS151958229AAVVYOAA
Autenticidad verificada a través de la página: https://www.cia.es/verificacion-de-documentos

T.M. DE MARURI–JATABE

PERFIL LONGITUDINAL

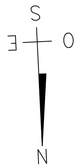
ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

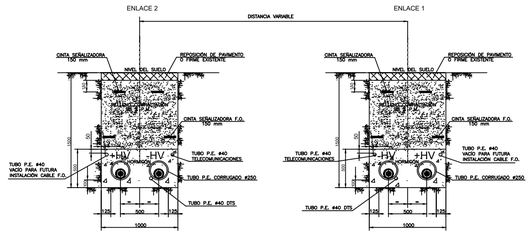




PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA

CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc

CABLE EN P.H.D.

LEYENDA SERVICIOS

GAS	RED Gas NORTEGAS	ABA3#	RED Abastecimiento PRIVADA
SANB	RED Saneamiento CABB	MT	RED MT IBERDROLA
SANB	RED Saneamiento MUNICIPAL	bt	RED BT IBERDROLA
TESA	RED TESA Telefonica de España	ALUM	RED Alumbrado
ABA3#	RED Abastecimiento AGUA URA	PLUV	RED Pluvial
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK		

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniería Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

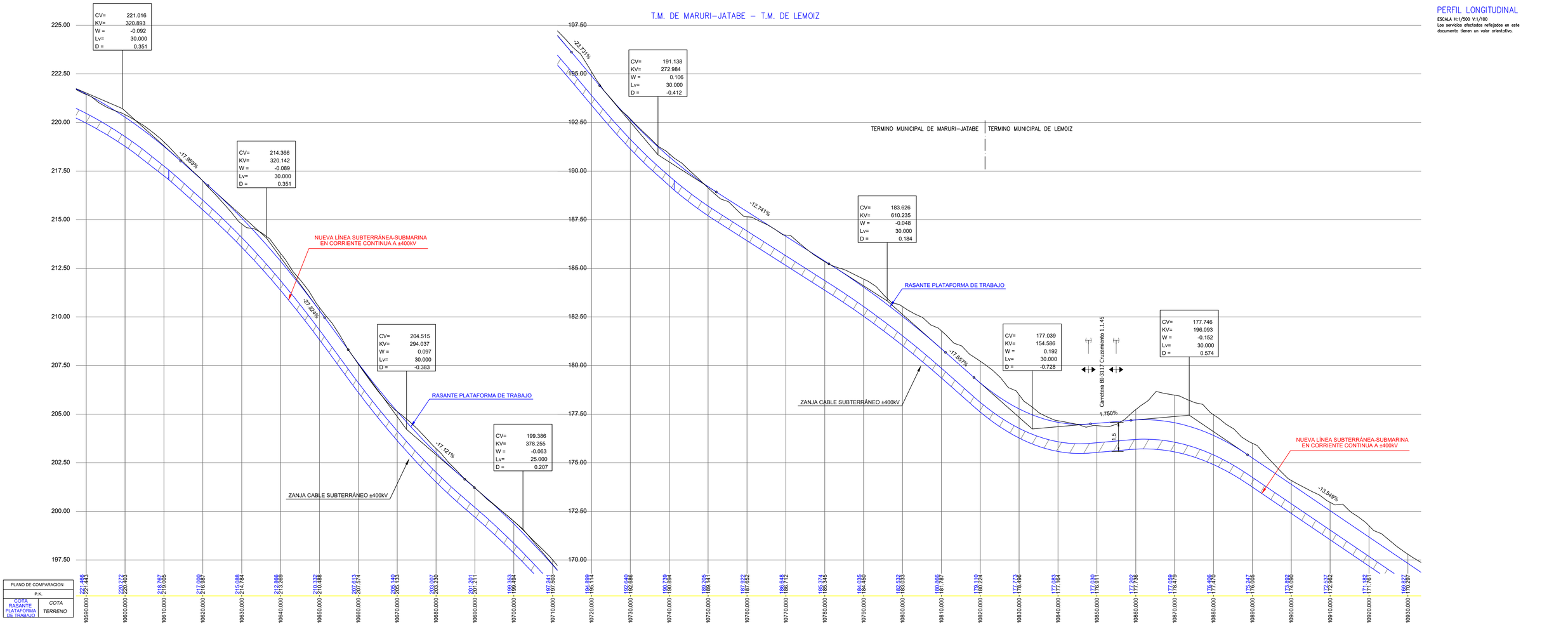
Nº 7983L002

HOJA 30 DE 39

T.M. DE MARURI–JATABE – T.M. DE LEMOIZ

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



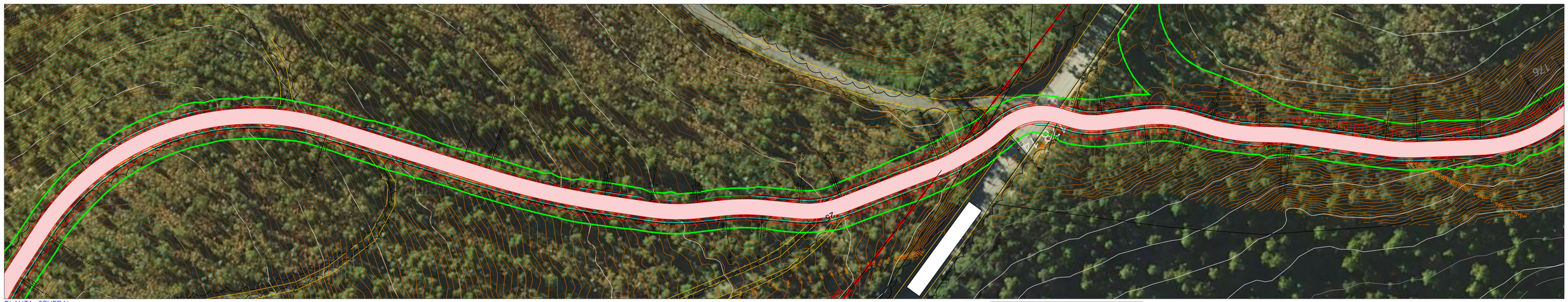
PLANO DE COMPARACION	
P.K.	
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO

P.K.	COTA RASANTE	COTA TERRENO
10590.000	221.443	221.466
10600.000	220.403	220.272
10610.000	218.065	218.067
10620.000	216.987	217.000
10630.000	214.784	215.988
10640.000	213.269	213.866
10650.000	210.488	210.332
10660.000	207.513	207.513
10670.000	205.133	205.140
10680.000	203.230	203.007
10690.000	201.211	201.201
10700.000	199.484	198.353
10710.000	197.503	197.503
10720.000	195.114	194.999
10730.000	192.686	192.640
10740.000	190.804	190.739
10750.000	189.141	188.205
10760.000	187.652	187.022
10770.000	186.712	186.748
10780.000	185.345	185.374
10790.000	184.455	184.055
10800.000	183.033	182.832
10810.000	181.787	180.866
10820.000	180.250	180.250
10830.000	178.486	177.773
10840.000	177.164	177.083
10850.000	176.911	177.030
10860.000	177.738	177.202
10870.000	176.479	177.068
10880.000	177.470	176.496
10890.000	176.005	176.247
10900.000	174.858	174.858
10910.000	172.962	172.637
10920.000	171.761	171.762
10930.000	170.287	168.827

PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

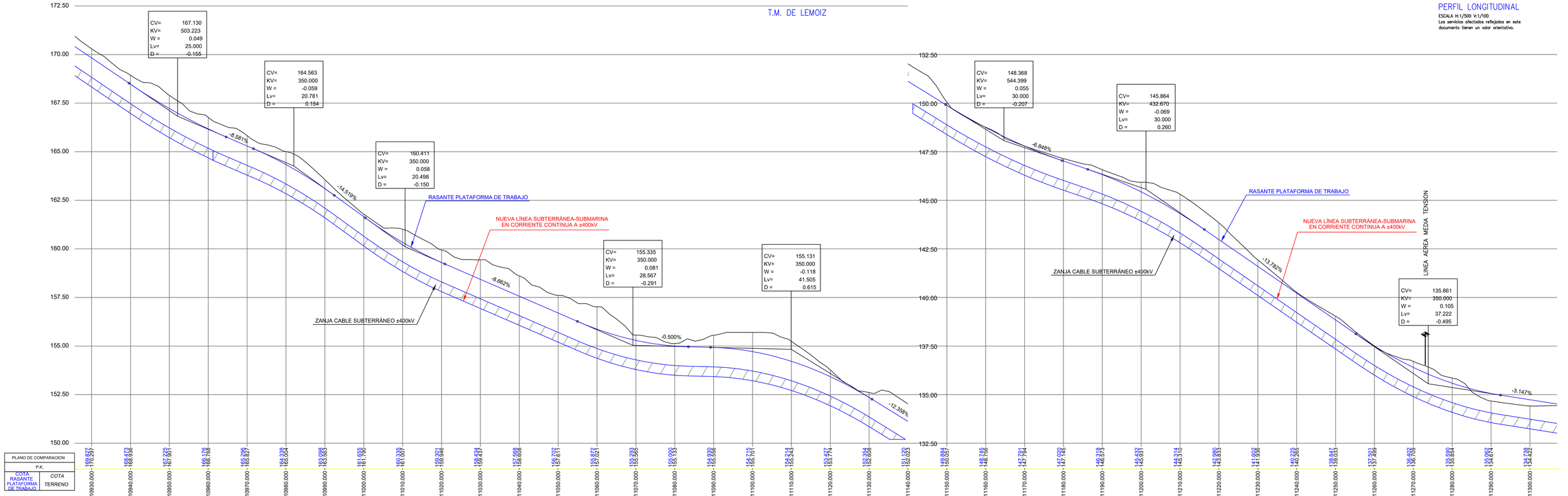


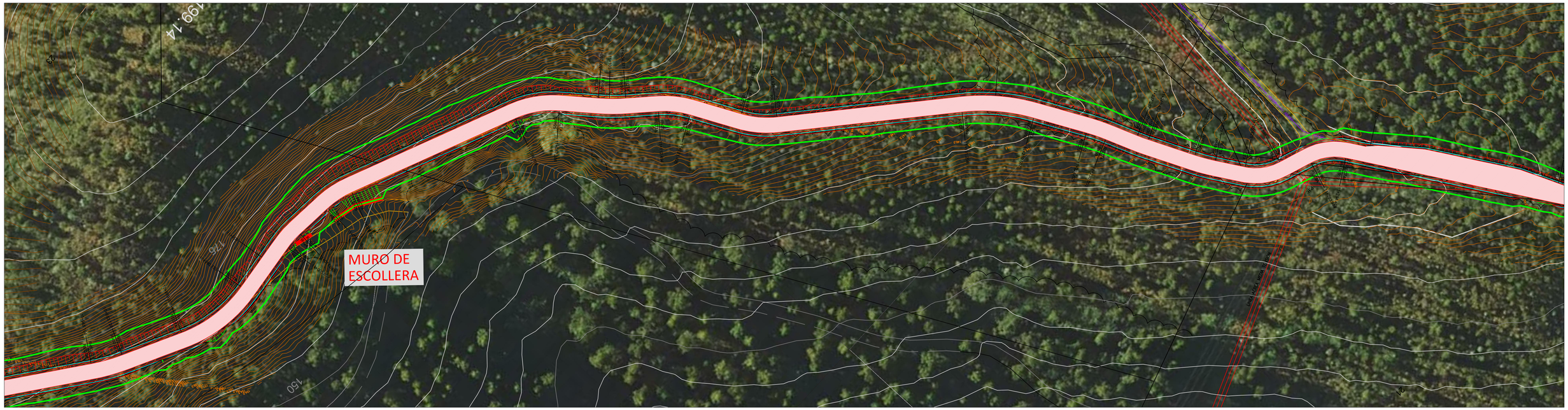
PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

T.M. DE LEMOIZ

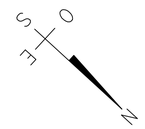


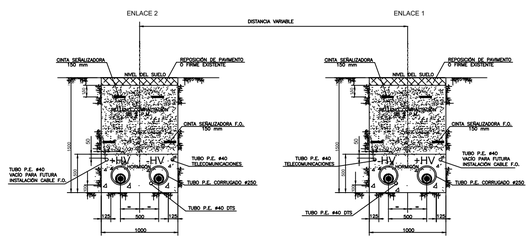


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

- OCUPACIÓN PERMANENTE
- OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

- GAS — RED Gas NORTEGAS
- SANS — RED Saneamiento CABB
- SANS — RED Saneamiento MUNICIPAL
- TESA — RED TESA Telefonica de España
- ABAS — RED Abastecimiento AGUA URA
- Abastecimiento — RED Abastecimiento UDALSAREAK
- ABAP — RED Abastecimiento PRIVADA
- MT — RED MT IBERDROLA
- M — RED BT IBERDROLA
- ALUM — RED Alumbrado
- PLUV — RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRANEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 32 DE 39

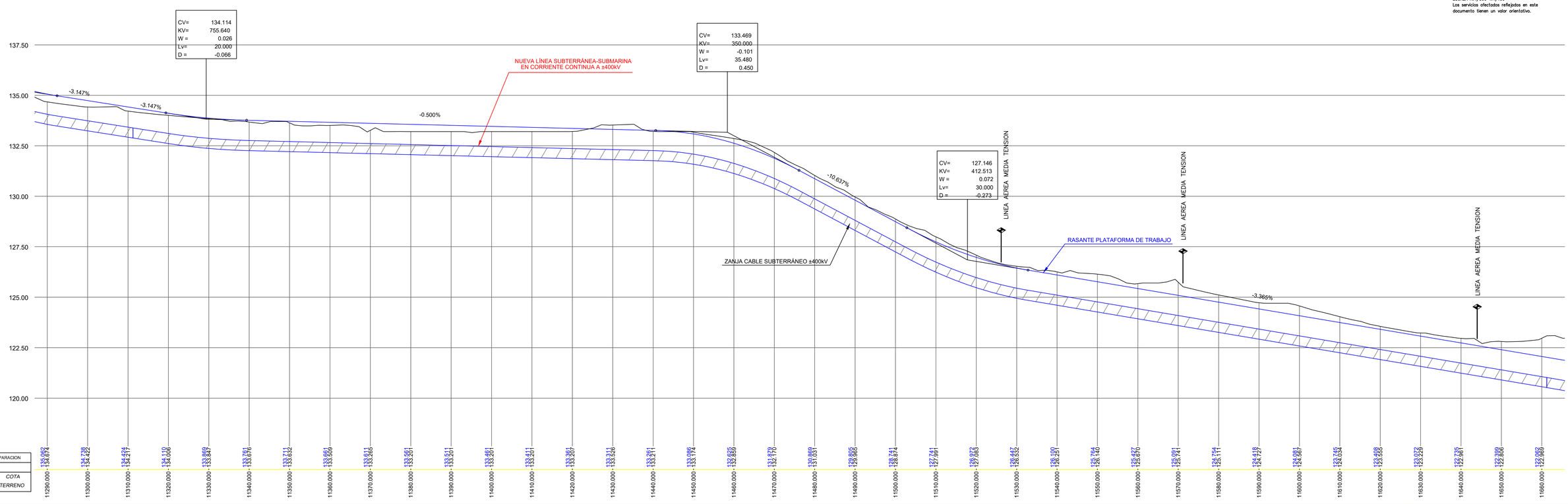
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Universidad Pontificia Comillas. Alberto Aguilera, 23. 28015 Madrid. Este documento es propiedad intelectual de la Universidad Pontificia Comillas. Queda prohibida su reproducción, modificación, distribución, comunicación pública, transformación, salvo autorización expresa de la Universidad Pontificia Comillas. Para más información consulte los términos y condiciones de uso de este documento disponibles en el sitio web institucional de la Universidad Pontificia Comillas. Puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición en la Secretaría General de la Universidad Pontificia Comillas. Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

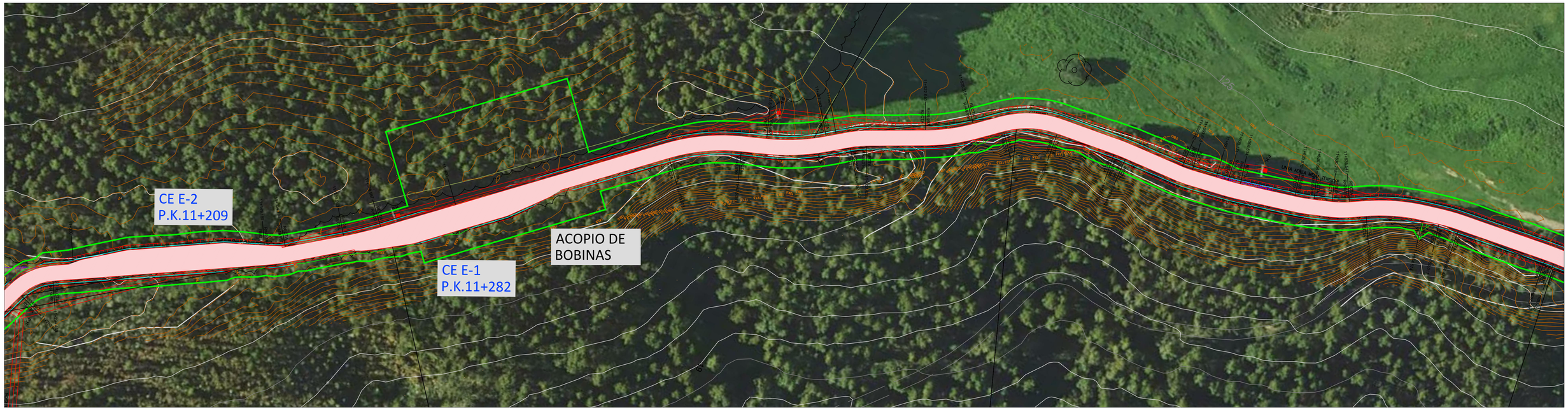
PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

T.M. DE LEMOIZ

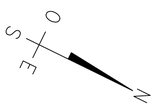


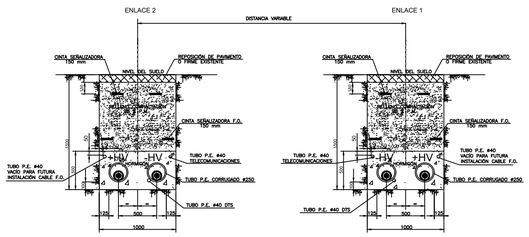


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA

CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc

CABLE EN P.H.D.

LEYENDA SERVICIOS

GAS	RED Gas NORTEGAS
SANEAMIENTO	RED Saneamiento CABB
SANEAMIENTO	RED Saneamiento MUNICIPAL
TESA	RED TESA Telefonica de España
ABASTECIMIENTO	RED Abastecimiento AGUA URA
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK
ABASTECIMIENTO	RED Abastecimiento PRIVADA
MT	RED MT IBERDROLA
M	RED BT IBERDROLA
ALUMBRADO	RED Alumbrado
PLUVIAL	RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRANEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400KV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 33 DE 39

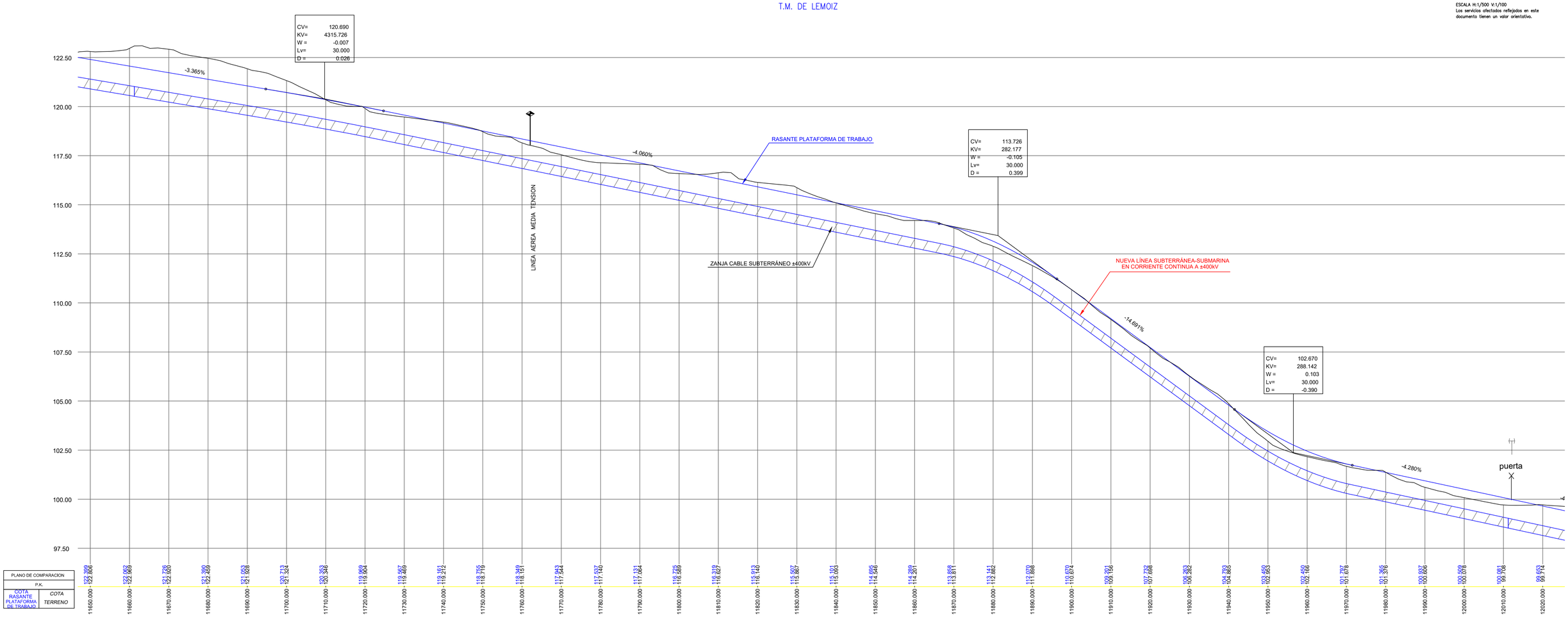
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
VISADO
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Asociación Privada reconocida por RD 1/1/1901 y RD 1/1/1901
Autenticidad verificable a través de la página https://www.cdc.es/verificacion-de-documentos

T.M. DE LEMOIZ

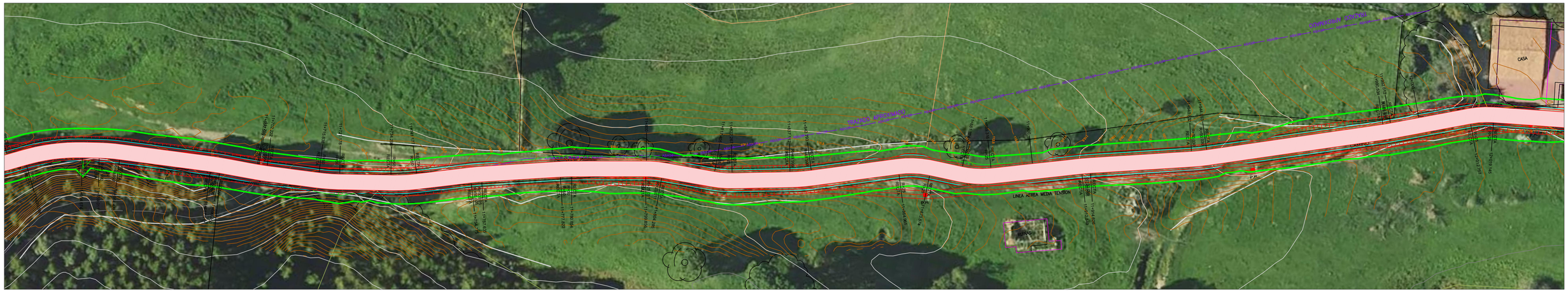
PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



PLANO DE COMPARACION	
P.K.	
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO

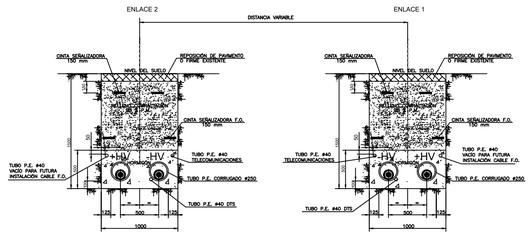


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

GAS GAS GAS	RED Gas NORTEGAS	ABAST ABAST ABAST	RED Abastecimiento PRIVADA
SANS SANS SANS	RED Saneamiento CABB	MT MT MT	RED MT IBERDROLA
SANS SANS SANS	RED Saneamiento MUNICIPAL	M M M	RED BT IBERDROLA
TESA TESA TESA	RED TESA Telefonica de España	ALUM ALUM ALUM	RED Alumbrado
ABAST ABAST ABAST	RED Abastecimiento AGUA URA	PLUV PLUV PLUV	RED Pluvial
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK		

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4 123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL Ggolfo DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 34 DE 39

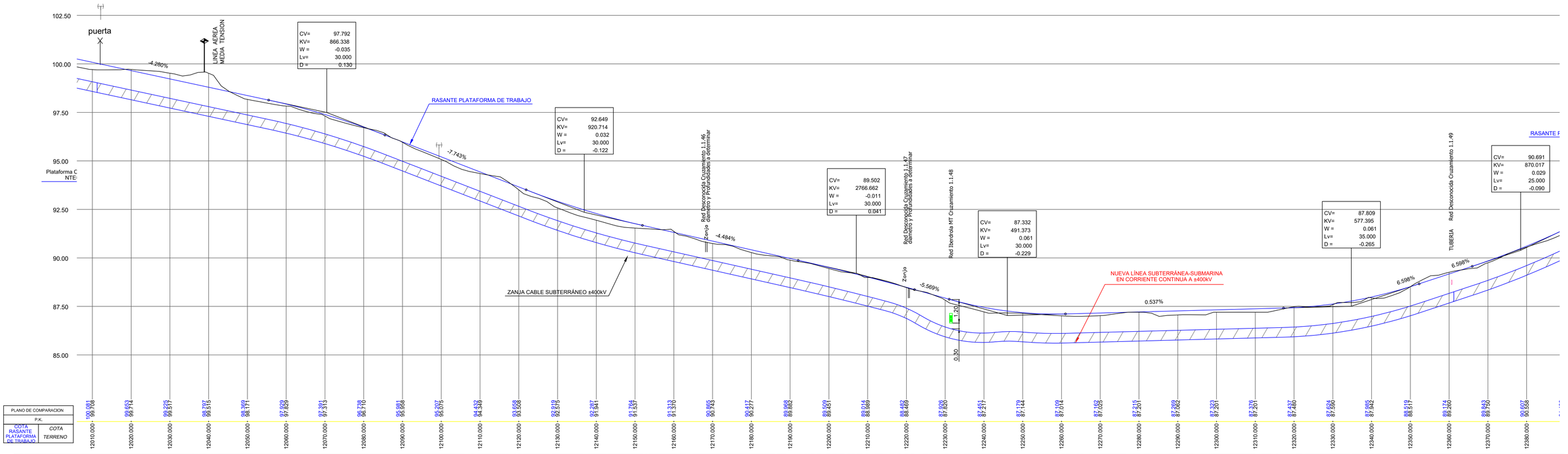
CUALQUIER UTILIZACIÓN NO AUTORIZADA DE ESTA OBRA SERÁ PERSEGUIDA CONFORME A LA LEY. Entre otras, la reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de este documento sin autorización expresa de su titular, así como la extracción y reutilización de la totalidad o de una parte sustancial de su contenido, constituyen actos ilícitos que pueden ser perseguidos conforme a la legislación vigente. Puede consultar el aviso legal completo en la página: https://www.ree.es/es/aviso-legal-documentos

T.M. DE LEMOIZ

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

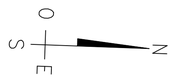


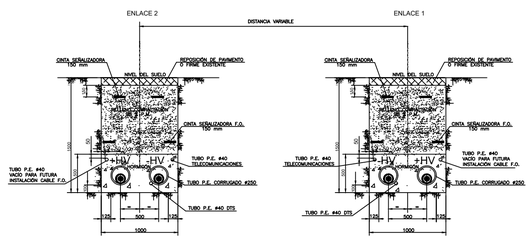


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA

CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc

CABLE EN P.H.D.

LEYENDA SERVICIOS

GAS GAS GAS	RED Gas NORTEGAS
SANS SANS SANS	RED Saneamiento CABB
SANS SANS SANS	RED Saneamiento MUNICIPAL
TESA TESA TESA	RED TESA Telefonica de España
ABAS ABAS ABAS	RED Abastecimiento AGUA URA
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK
ABAP ABAP ABAP	RED Abastecimiento PRIVADA
MT MT MT	RED MT IBERDROLA
M. M. M.	RED BT IBERDROLA
ALUM ALUM ALUM	RED Alumbrado
PLUV PLUV PLUV	RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4 123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRANEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

HOJA 35 DE 39

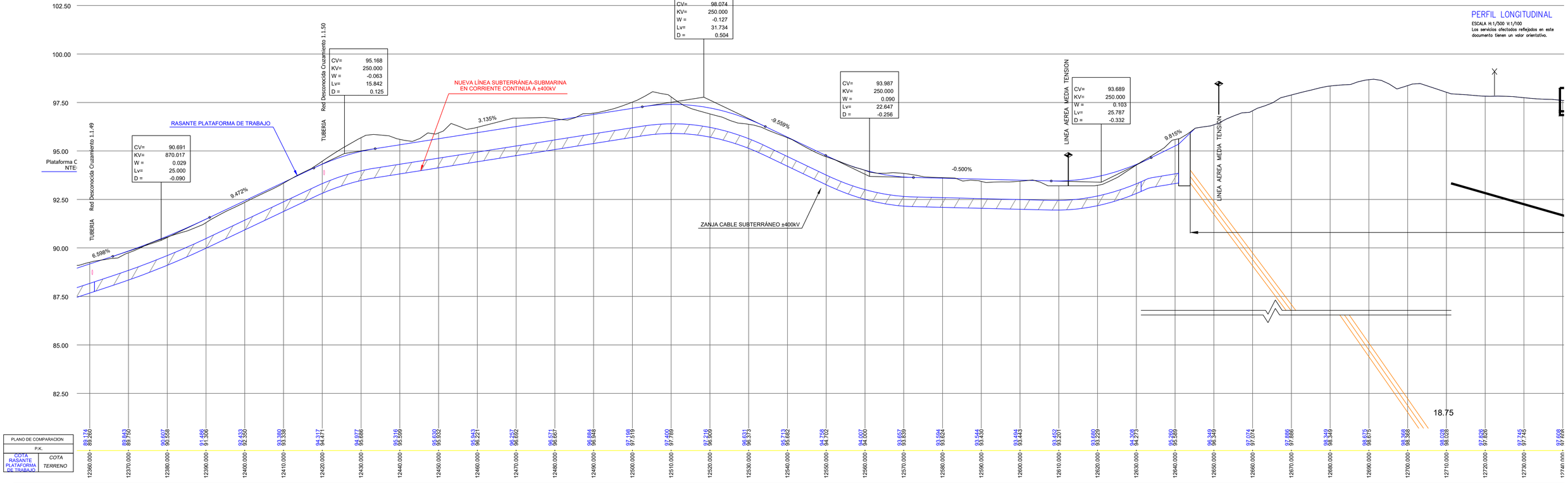
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Universidad Pontificia Comillas Alberto Aguilera, 23 28015 Madrid (España) www.comillas.edu.es CIF:Q2818015F
NATIONAL DE INGENIEROS ICAI Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1519582ZMAN4YTOAB
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.cia.es/verificacion-de-documentos

T.M. DE LEMOIZ

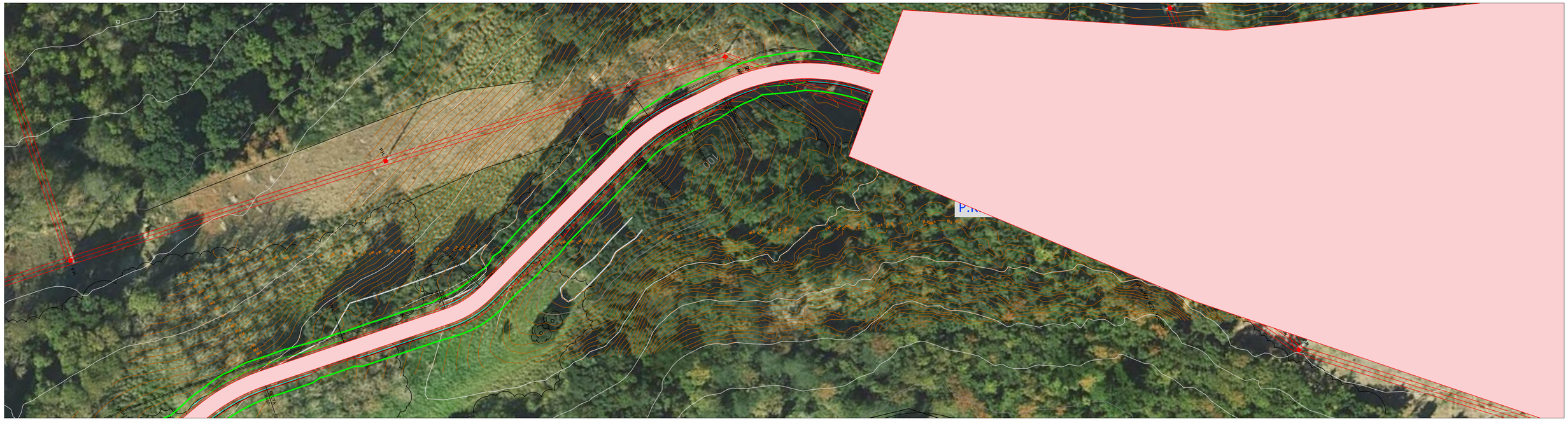
PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/500 V:1/100

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



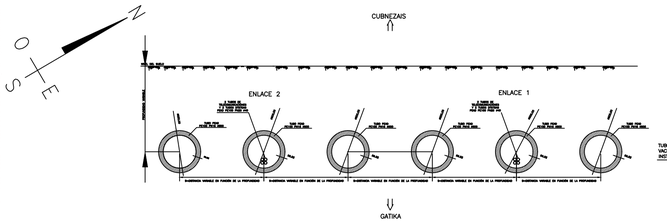
PLANO DE COMPARACION	
P.K.	
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO

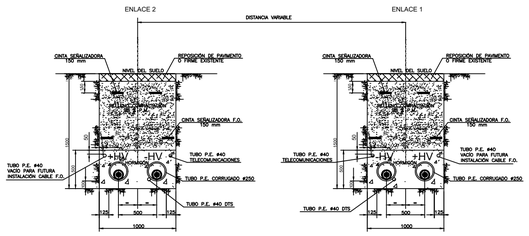


PLANTA GENERAL

ESCALA 1/500

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA

CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc

CABLE EN P.H.D.

LEYENDA SERVICIOS

- RED Gas NORTEGAS
- RED Saneamiento CABB
- RED Saneamiento MUNICIPAL
- RED TESA Telefonica de España
- RED Abastecimiento AGUA URA
- RED Abastecimiento UDALSAREAK
- RED Abastecimiento PRIVADA
- RED MT IBERDROLA
- RED BT IBERDROLA
- RED Alumbrado
- RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4 123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S.	

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400KV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

Nº 7983L002

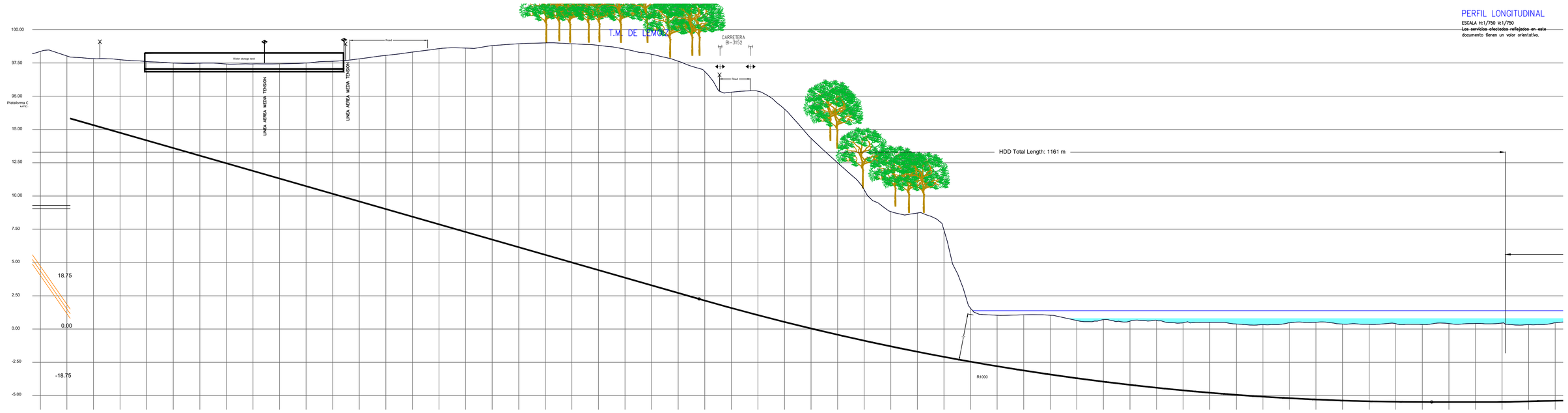
HOJA 36 DE 39

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Universidad Pontificia Comillas. Alberto Aguilera, 23. 28015 Madrid. (España). Fundación privada reconocida por el Estado Español mediante Real Decreto 1165/1995 de 7 de julio. Autorizada la utilización de este documento para uso privado. Autorizada la utilización de este documento para uso académico. Autorizada la utilización de este documento para uso comercial. Autorizada la utilización de este documento para uso público. Autorizada la utilización de este documento para uso público. Autorizada la utilización de este documento para uso público

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/750 V:1/750

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.

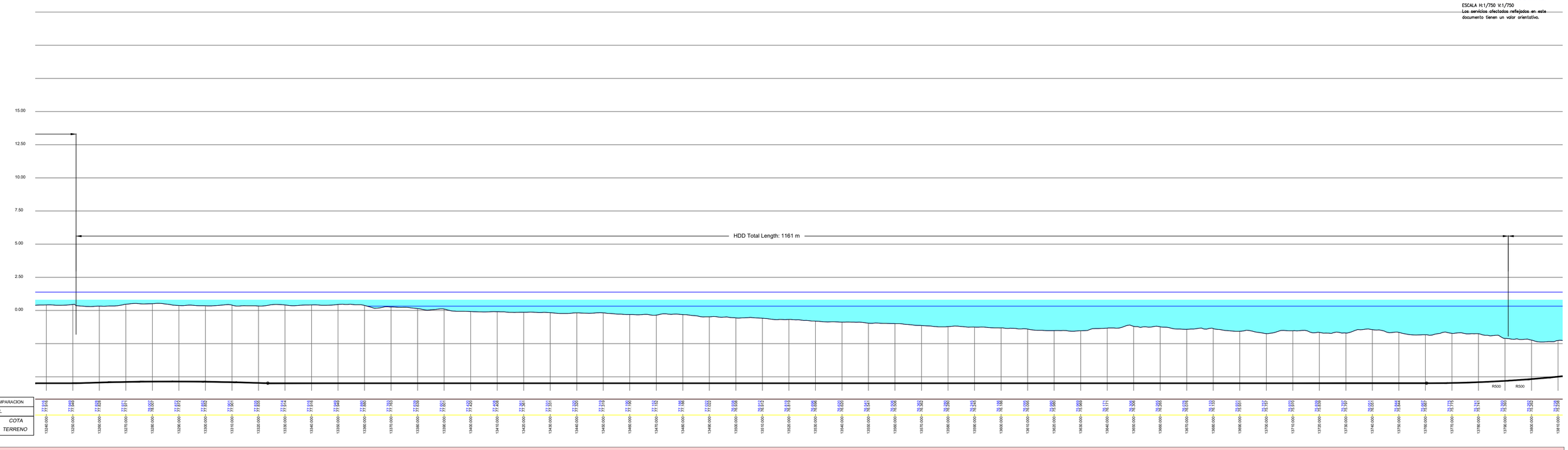


| PLANO DE COMPARACION | | |

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/750 V:1/750

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



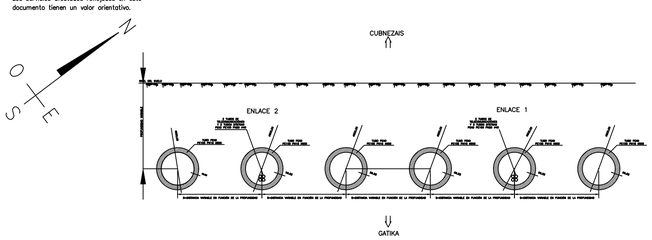
PLANO DE COMPARACION	
P.K.	
COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO

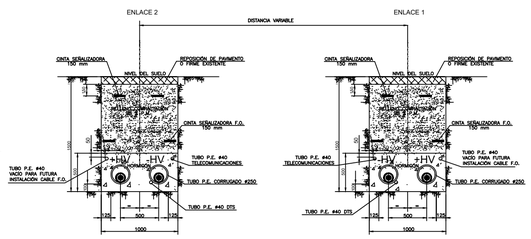
P.K.	COTA RASANTE PLATAFORMA DE TRABAJO	COTA TERRENO
13240.000	77.918	77.918
13250.000	77.948	77.948
13260.000	77.928	77.928
13270.000	77.971	77.971
13280.000	78.007	78.007
13290.000	77.972	77.972
13300.000	77.953	77.953
13310.000	77.901	77.901
13320.000	77.933	77.933
13330.000	77.914	77.914
13340.000	77.918	77.918
13350.000	77.948	77.948
13360.000	77.880	77.880
13370.000	77.783	77.783
13380.000	77.639	77.639
13390.000	77.661	77.661
13400.000	77.626	77.626
13410.000	77.498	77.498
13420.000	77.361	77.361
13430.000	77.331	77.331
13440.000	77.350	77.350
13450.000	77.319	77.319
13460.000	77.196	77.196
13470.000	77.182	77.182
13480.000	77.198	77.198
13490.000	77.033	77.033
13500.000	76.938	76.938
13510.000	76.813	76.813
13520.000	76.819	76.819
13530.000	76.696	76.696
13540.000	76.650	76.650
13550.000	76.541	76.541
13560.000	76.506	76.506
13570.000	76.363	76.363
13580.000	76.280	76.280
13590.000	76.240	76.240
13600.000	76.198	76.198
13610.000	76.095	76.095
13620.000	75.988	75.988
13630.000	75.969	75.969
13640.000	76.171	76.171
13650.000	76.306	76.306
13660.000	76.283	76.283
13670.000	76.078	76.078
13680.000	76.133	76.133
13690.000	75.951	75.951
13700.000	75.797	75.797
13710.000	75.810	75.810
13720.000	75.859	75.859
13730.000	75.797	75.797
13740.000	76.051	76.051
13750.000	75.944	75.944
13760.000	75.957	75.957
13770.000	75.775	75.775
13780.000	75.741	75.741
13790.000	75.593	75.593
13800.000	75.562	75.562
13810.000	75.536	75.536

PLANTA GENERAL

ESCALA 1/750

Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.





LEYENDA

- CABLE EN ZANJA 2 CIRCUITOS 400kVcc
- CABLE EN P.H.D.

OCUPACIÓN PERMANENTE

OCUPACIÓN TEMPORAL

LEYENDA SERVICIOS

GAS	RED Gas NORTEGAS
SANEAMIENTO	RED Saneamiento CABB
SANEAMIENTO	RED Saneamiento MUNICIPAL
TESA	RED TESA Telefonica de España
ABASTECIMIENTO	RED Abastecimiento AGUA URA
Abastecimiento	RED Abastecimiento UDALSAREAK
ABASTECIMIENTO	RED Abastecimiento PRIVADA
MT	RED MT IBERDROLA
BT	RED BT IBERDROLA
ALUMBRADO	RED Alumbrado
PLUVIAL	RED Pluvial

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3303

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
B	03-2021	IM3	IM3	IM3	MODIFICACIÓN DE TRAZADO
A	12-2020	V.G.L.	S.M.M.	M.S.S.	MODIFICACIONES DE TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

ANTEPROYECTO INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	05-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	05-2020	S.M.M.	
APROBADO	05-2020	M.S.S	

TITULO

PLANO DE PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

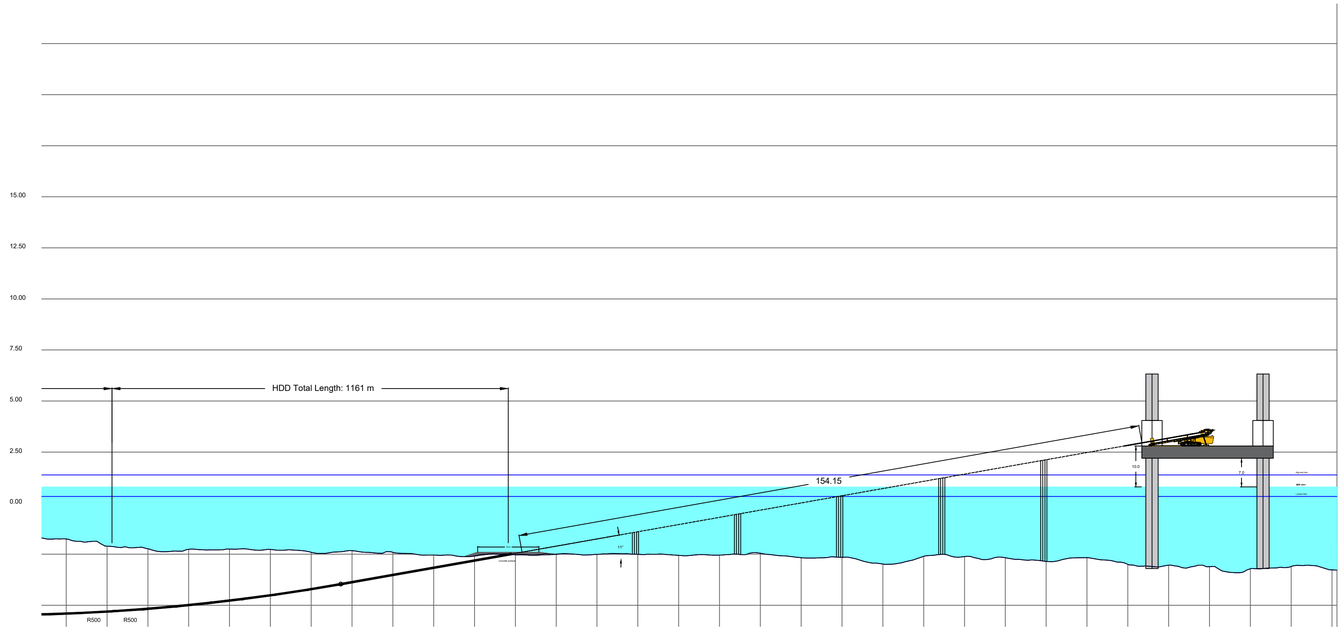
Nº 7983L002

HOJA 38 DE 39

CUALQUIER UTILIZACIÓN NO AUTORIZADA DE LOS CONTENIDOS DE ESTE DOCUMENTO, INCLUYENDO SU REPRODUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN, MODIFICACIÓN, COMUNICACIÓN PÚBLICA, CESIÓN Y CUALQUIER OTRA ACTIVIDAD QUE PUEDA REALIZARSE CON RESPECTO A LOS CONTENIDOS DE ESTE DOCUMENTO, SIN EL CONSENTIMIENTO EXPRESO DE RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. ESTÁ PROHIBIDA Y PUEDE CONSTITUIR UNA INFRACCIÓN GRAVE CONTRA LA PROPIEDAD INTELECTUAL E INDUSTRIAL. Autenticidad verificada mediante CSV: 2PS161058235A5kN7YOaEA. Autenticidad verificable a través de la página: https://www.ree.es/es/aviso-legal-de-documentos

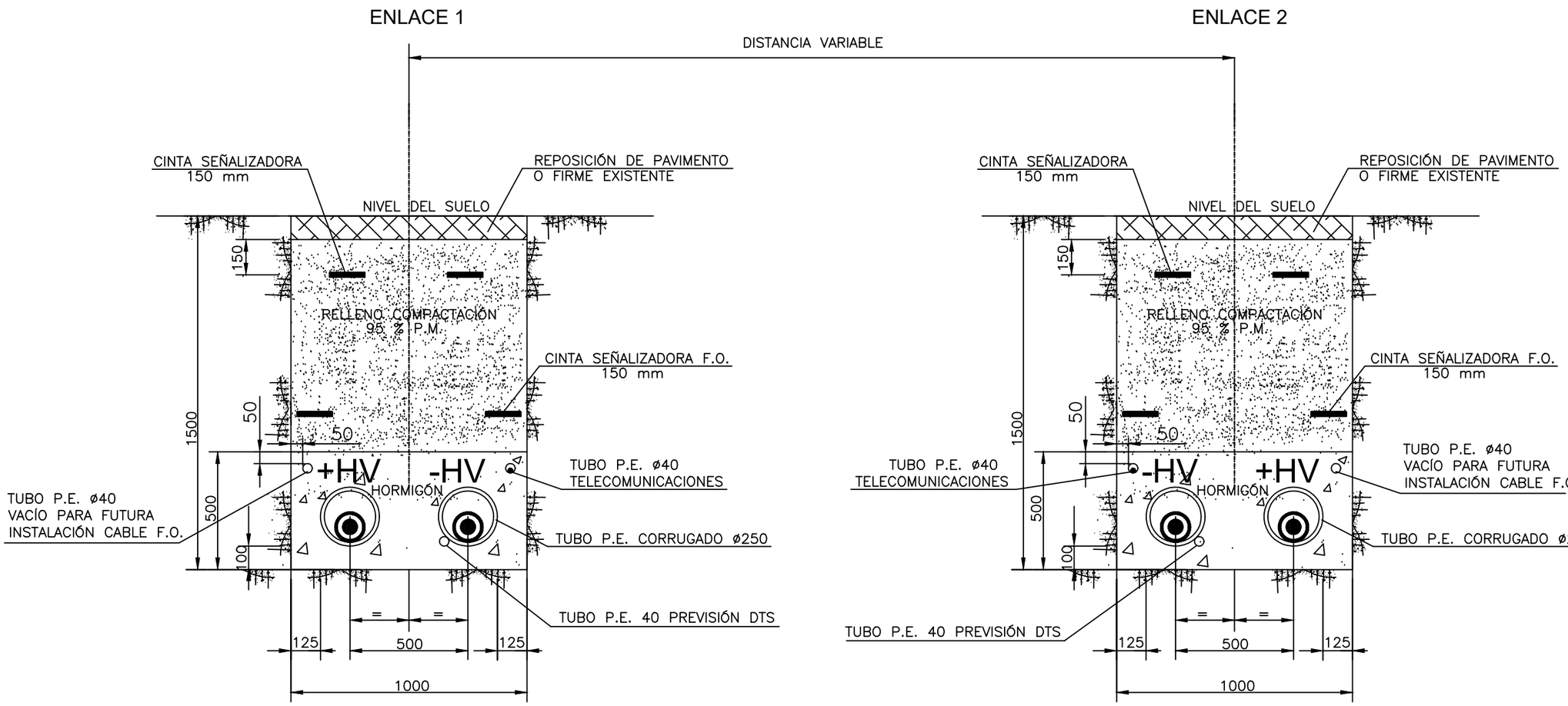
PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H:1/750 V:1/750
Los servicios afectados reflejados en este documento tienen un valor orientativo.



| PLANO DE COMPARACION | | |

CUBNEZAIS



GATIKA

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electrónicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwM]
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
-	-	-	-	-	-

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12-2020	S.M.M.	
APROBADO	12-2020	M.S.S.	

INSTALACION
PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

TITULO
ZANJA HORMIGONADA

Nº 7983LSZ001

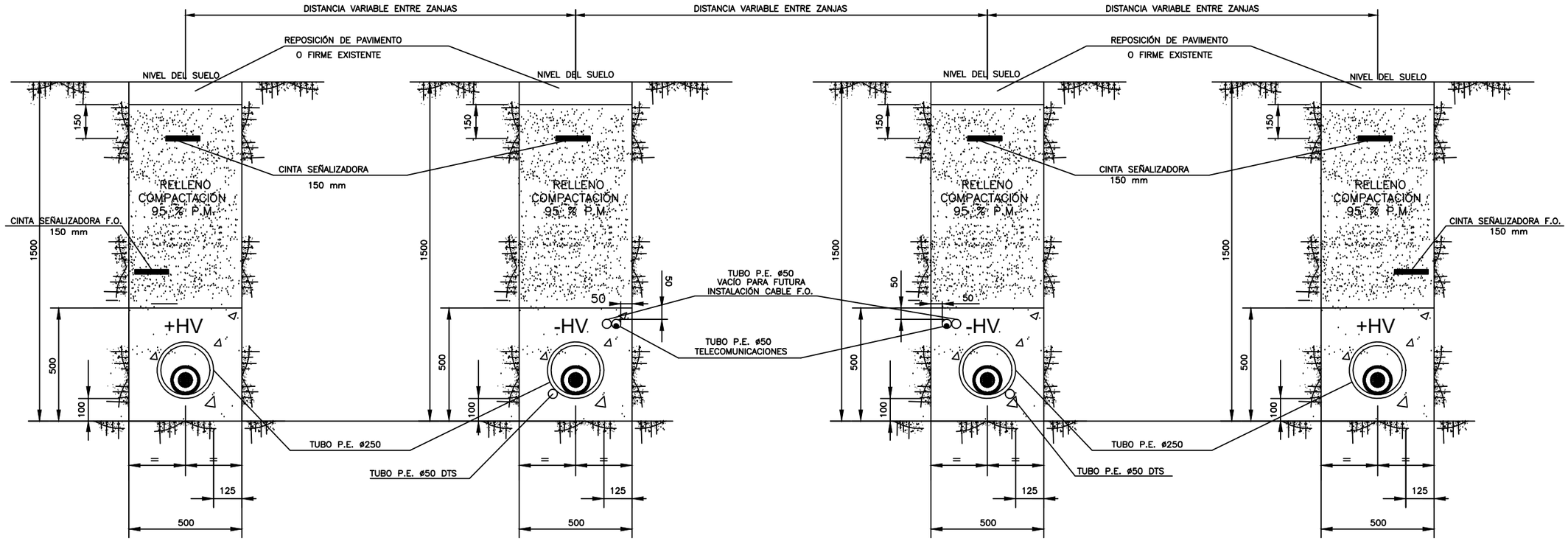
HOJA 1 DE 1

ZANJA DE DERIVACIÓN A
TUBO N°1 PERFORACIÓN DIRIGIDA

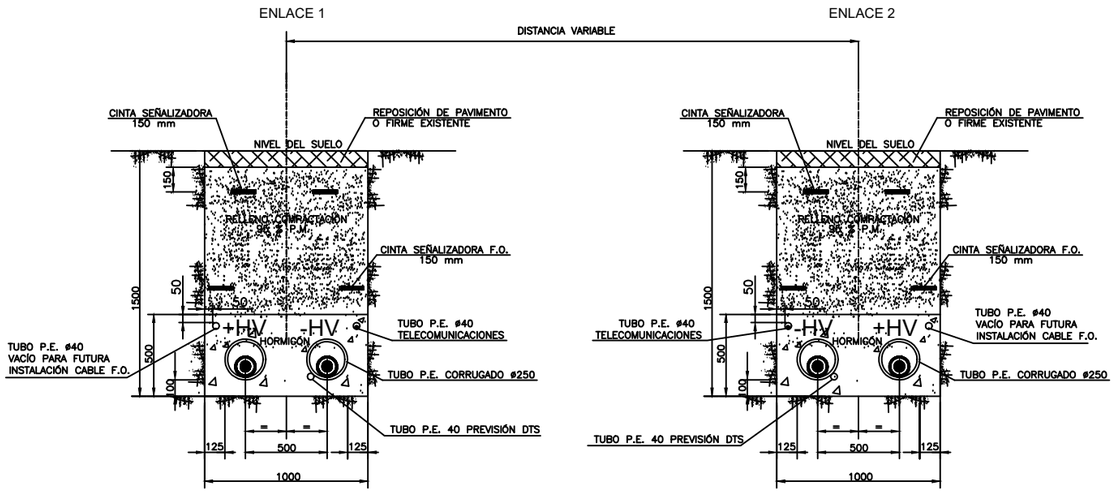
ZANJA DE DERIVACIÓN A
TUBO N°2 PERFORACIÓN DIRIGIDA

ZANJA DE DERIVACIÓN A
TUBO N°3 PERFORACIÓN DIRIGIDA

ZANJA DE DERIVACIÓN A
TUBO N°4 PERFORACIÓN DIRIGIDA



CUBNEZAIS



GATIKA

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161956222MGNmYTQwM]
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
-	-	-	-	-	-

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

INSTALACION
PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12–2020	S.M.M.	
APROBADO	12–2020	M.S.S.	

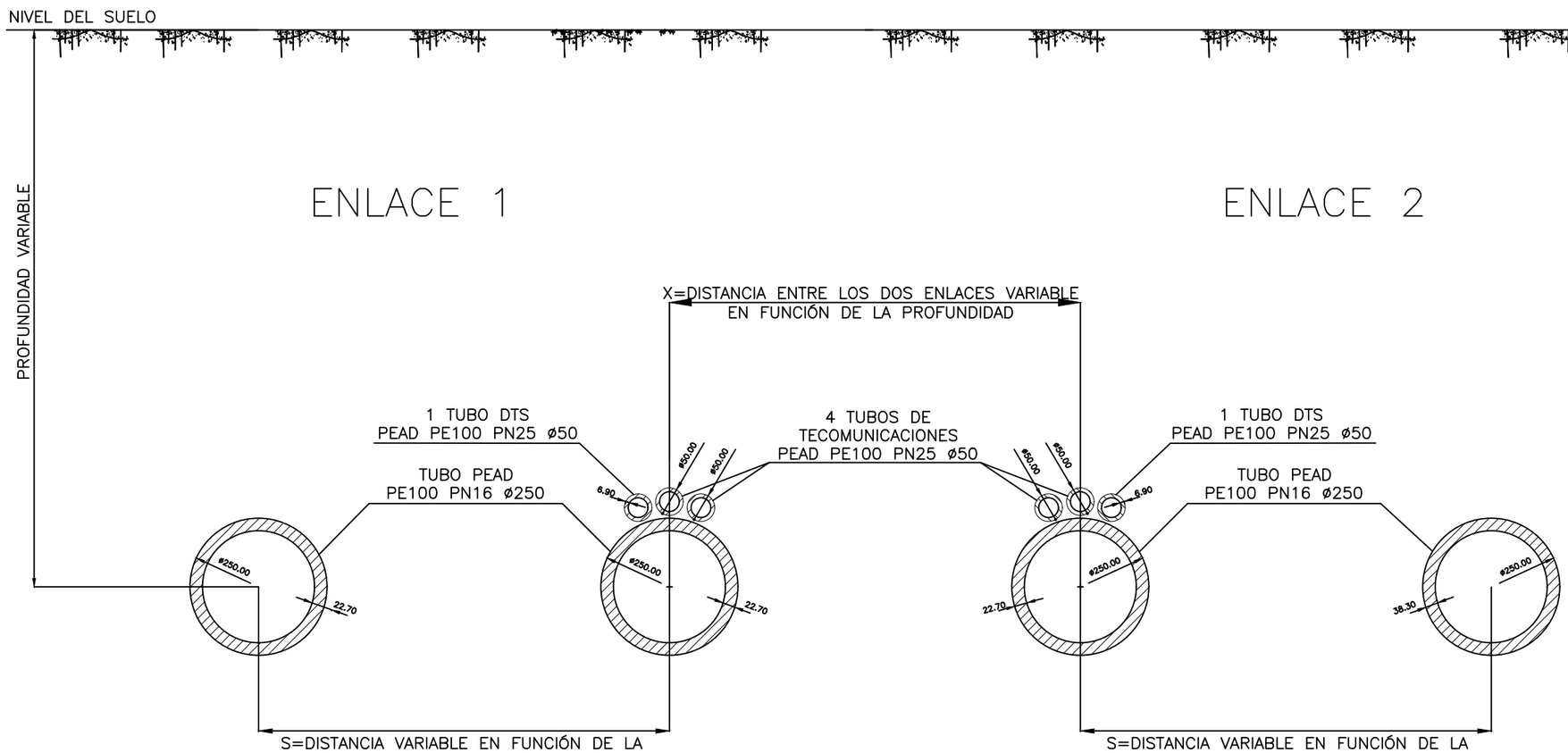
TITULO

ZANJA PARA ENTRONQUE CON PERFORACIÓN DIRIGIDA

Nº 7983LSZ002

HOJA 1 DE 1

CUBNEZAIS



GATIKA

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
-	-	-	-	-	-

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

INSTALACION
PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12–2020	S.M.M.	
APROBADO	12–2020	M.S.S.	

TITULO

SECCIÓN PERFORACIÓN DIRIGIDA TERRESTRE

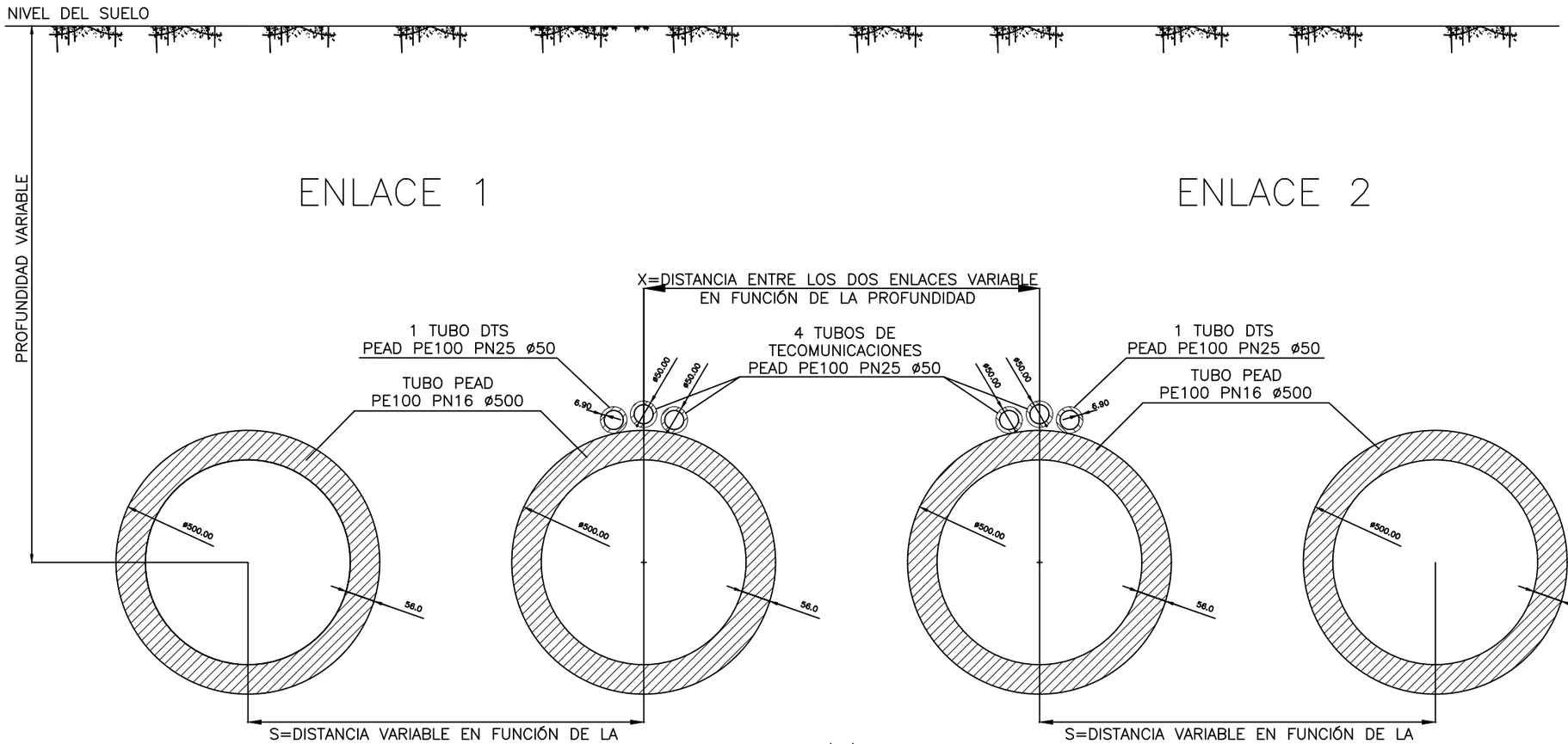
Nº 7983LSZ003

HOJA 1 DE 2

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

CUBNEZAIS

PHD–7



GATIKA

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

–	–	–	–	–	–
EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

INSTALACION
PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12–2020	S.M.M.	
APROBADO	12–2020	M.S.S.	

TITULO

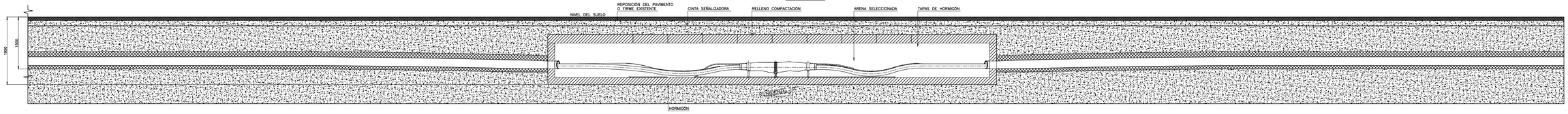
SECCIÓN PERFORACIÓN DIRIGIDA SALIDA AL MAR

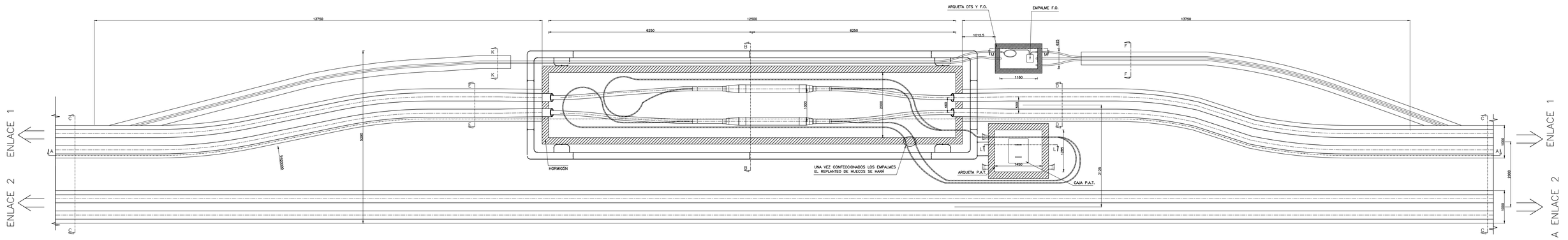
Nº 7983LSZ003

HOJA 2 DE 2

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

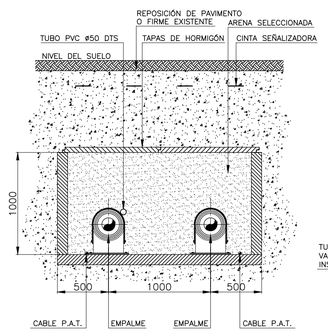
SECCIÓN "A–A"





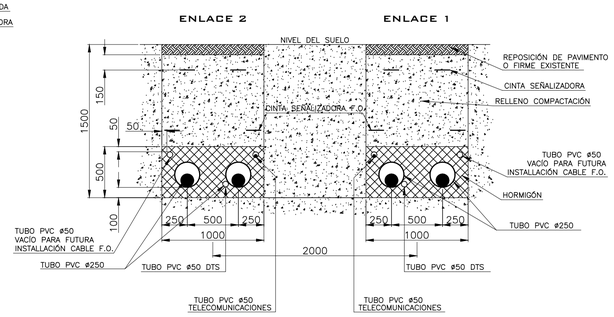
NOTA : – TODAS LAS COTAS ESTÁN EN mm

SECCIÓN "B–B"



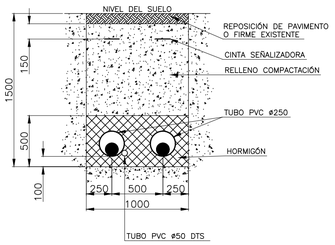
ESCALA 1:30

SECCIÓN "C–C"



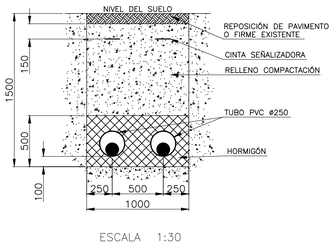
ESCALA 1:30

SECCIÓN "D–D"



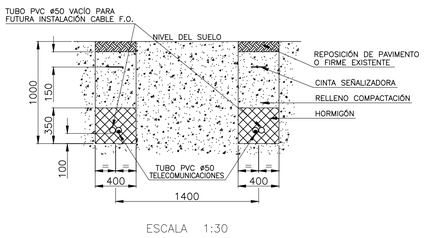
ESCALA 1:30

SECCIÓN "E–E"



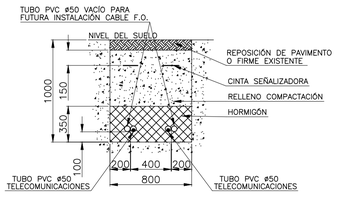
ESCALA 1:30

SECCIÓN "F–F"



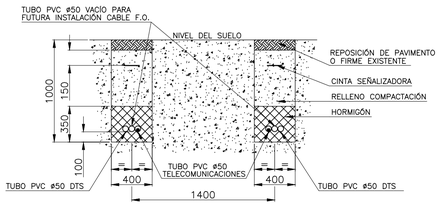
ESCALA 1:30

SECCIÓN "G–G"



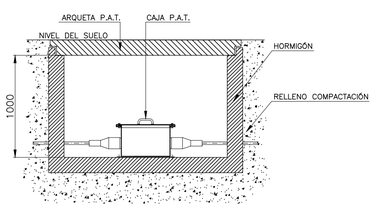
ESCALA 1:30

SECCIÓN "K–K"



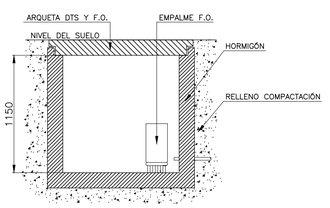
ESCALA 1:30

SECCIÓN "L–L"



ESCALA 1:30

SECCIÓN "M–M"



ESCALA 1:30

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI
NÚMERO DE COLEGIADO: 4123
FECHA: 12/11/2020 11:54:21
Autenticidad verificable mediante CSV: SPS1619209223A8CNYY1GeM
Autenticidad verificable a través de la página https://www.coi.es/verificacion-de-documentos

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

–	–	–	–	–	–
EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12–2020	S.M.M.	
APROBADO	12–2020	M.S.S.	

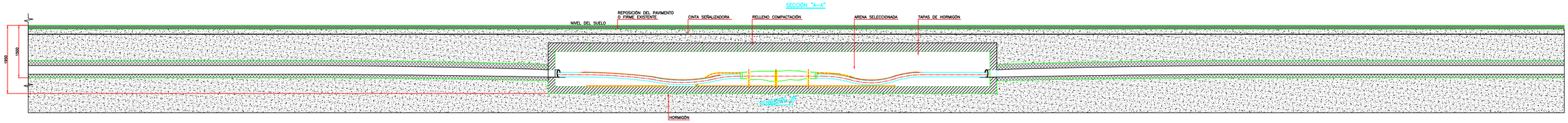
INSTALACION
PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

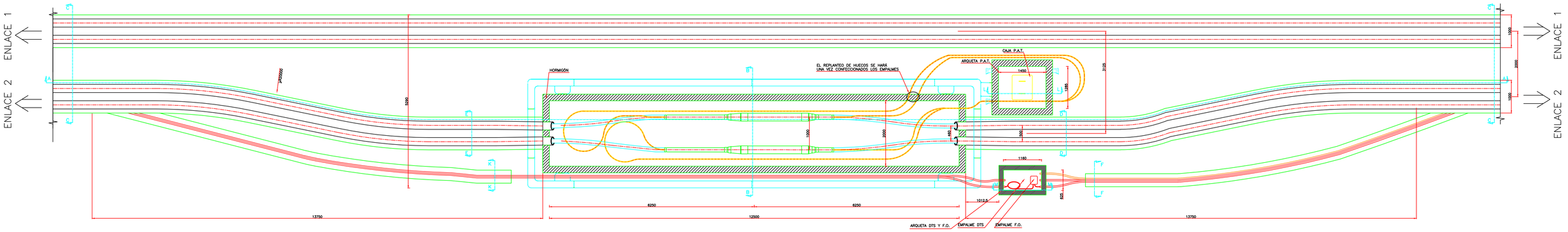
TITULO
CÁMARA DE EMPALME CON P.o.T. ENLACE 1

Nº 7983LSC001

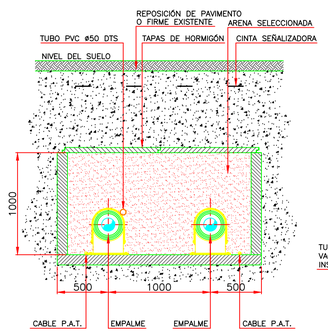
HOJA 1 DE 2

SECCIÓN "A–A"



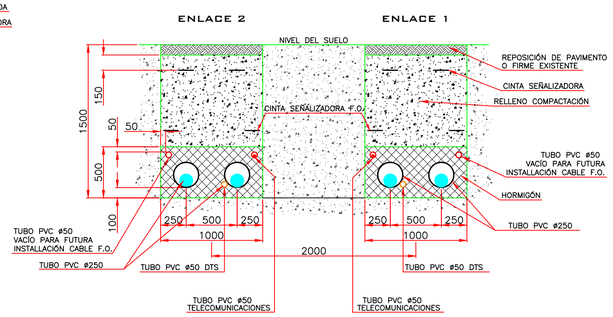


SECCIÓN "B–B"



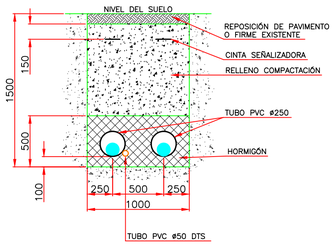
ESCALA 1:30

SECCIÓN "C–C"



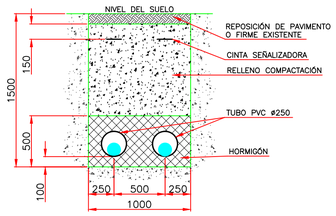
ESCALA 1:30

SECCIÓN "D–D"



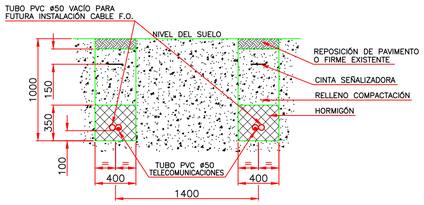
ESCALA 1:30

SECCIÓN "E–E"



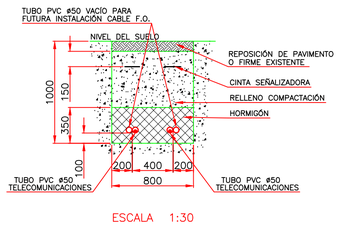
ESCALA 1:30

SECCIÓN "F–F"



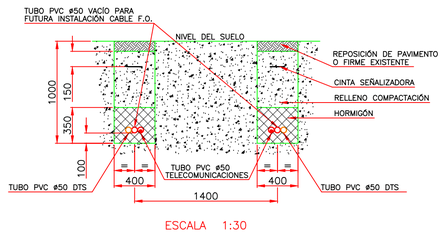
ESCALA 1:30

SECCIÓN "G–G"



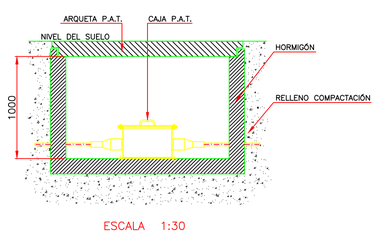
ESCALA 1:30

SECCIÓN "K–K"



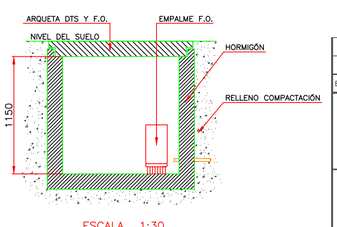
ESCALA 1:30

SECCIÓN "L–L"



ESCALA 1:30

SECCIÓN "M–M"



ESCALA 1:30

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
–	–	–	–	–	–

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

INSTALACION
PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12–2020	S.M.M.	
APROBADO	12–2020	M.S.S	

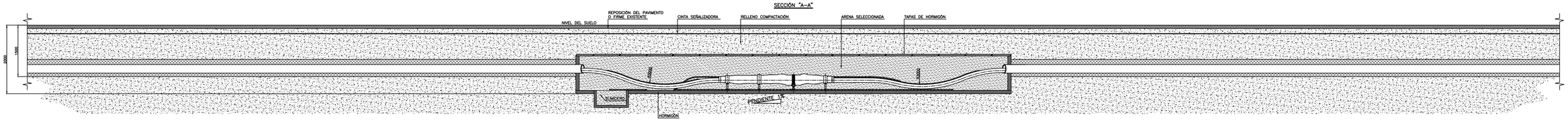
TITULO
CÁMARA DE EMPALME CON P.a.T. ENLACE 2

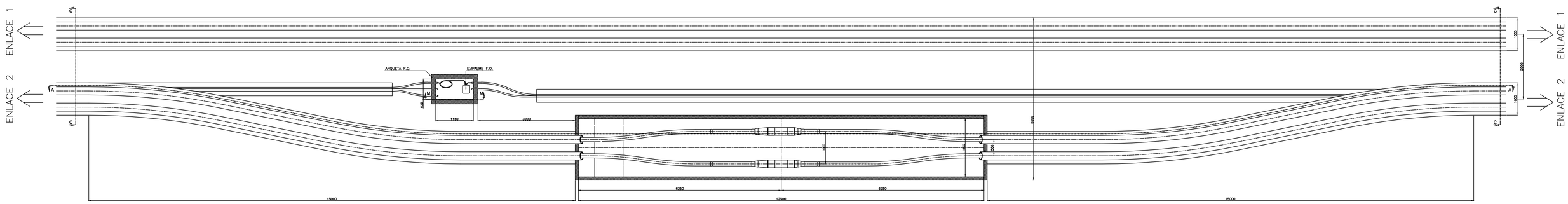
Nº 7983LSC001

HOJA 2 DE 2

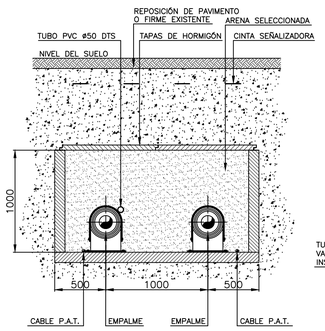
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI
Visado nº 111401, de fecha 19/02/2021
Autenticidad verificable a través de la página https://www.coi.es/verificacion-de-documentos
NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 28513619200223AENYVTGOAM)

SECCIÓN "A–A"



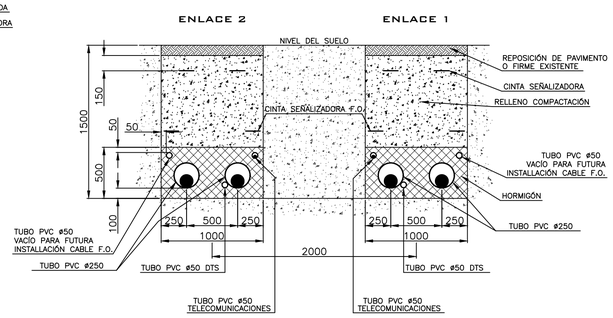


SECCIÓN "B–B"



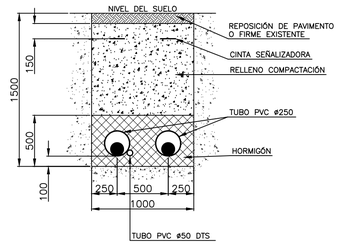
ESCALA 1:30

SECCIÓN "C–C"



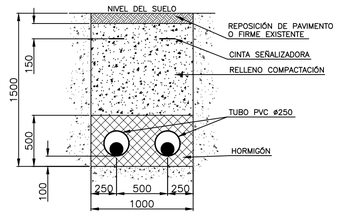
ESCALA 1:30

SECCIÓN "D–D"



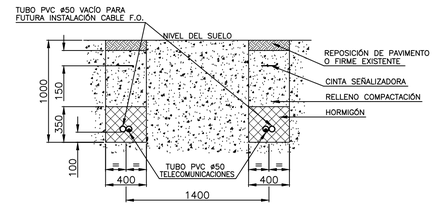
ESCALA 1:30

SECCIÓN "E–E"



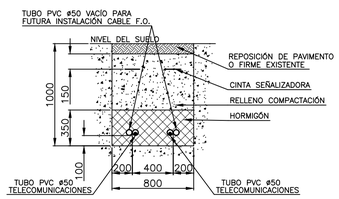
ESCALA 1:30

SECCIÓN "F–F"



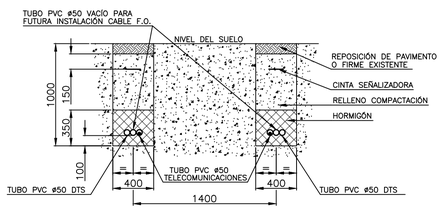
ESCALA 1:30

SECCIÓN "G–G"



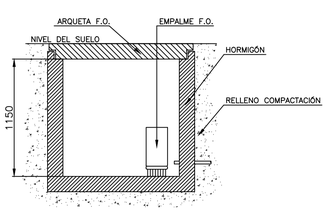
ESCALA 1:30

SECCIÓN "K–K"



ESCALA 1:30

SECCIÓN "M–M"



ESCALA 1:30

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

–	–	–	–	–	–
EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION
PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12–2020	S.M.M.	
APROBADO	12–2020	M.S.S.	

TITULO

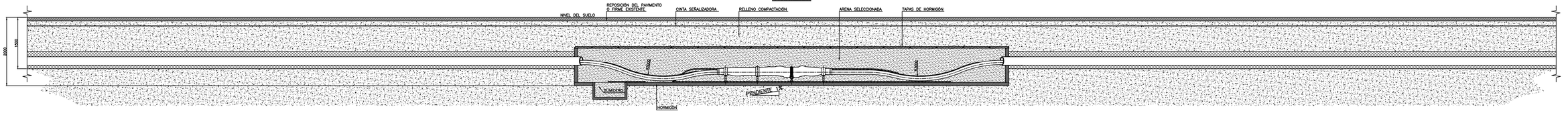
CÁMARA DE EMPALME SIN P.a.T. ENLACE 1

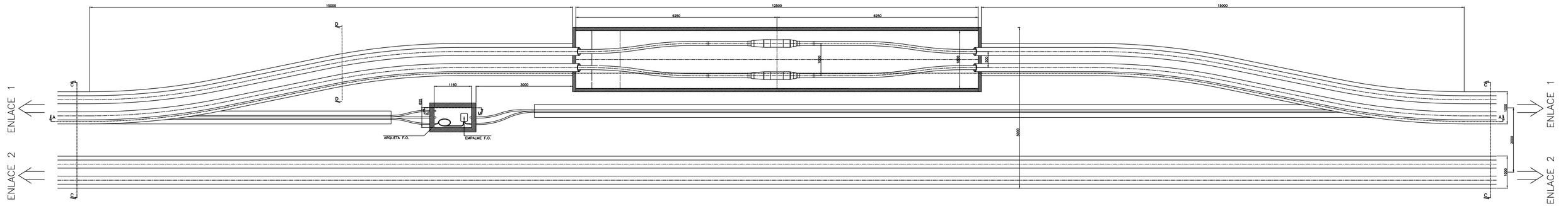
Nº 7983LSC002

HOJA 1 DE 2

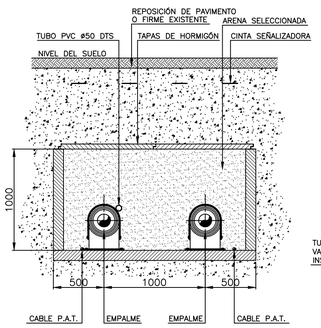
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 014621. Fecha: 09/12/2020. Trabajo profesional con visado electrónico. Verificable mediante CSV: 29f51161f0f0823f4f47e1c710ef4f4j
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.coi.es/verificacion-de-documentos

SECCIÓN "A–A"



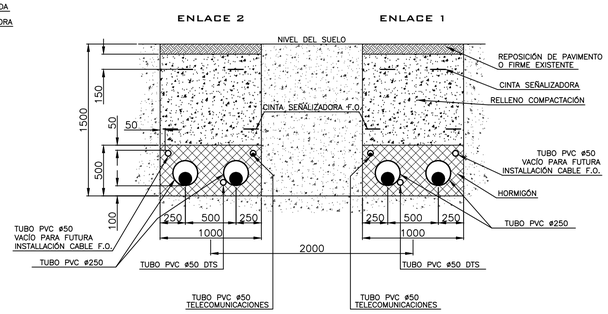


SECCIÓN "B–B"



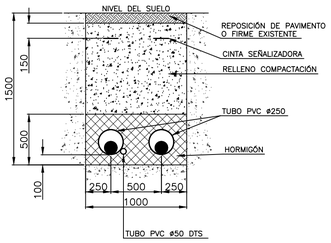
ESCALA 1:30

SECCIÓN "C–C"



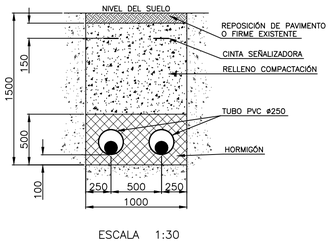
ESCALA 1:30

SECCIÓN "D–D"



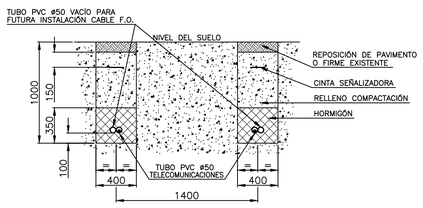
ESCALA 1:30

SECCIÓN "E–E"



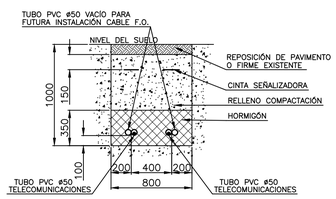
ESCALA 1:30

SECCIÓN "F–F"



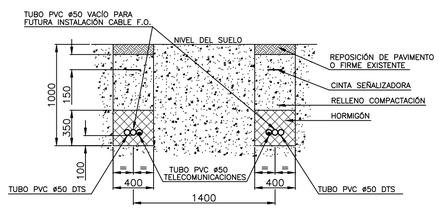
ESCALA 1:30

SECCIÓN "G–G"



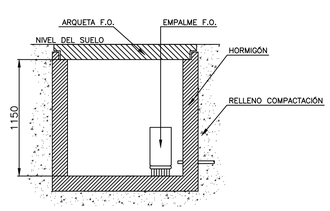
ESCALA 1:30

SECCIÓN "K–K"



ESCALA 1:30

SECCIÓN "M–M"



ESCALA 1:30

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

–	–	–	–	–	–
EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12–2020	S.M.M.	
APROBADO	12–2020	M.S.S.	

INSTALACION
PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

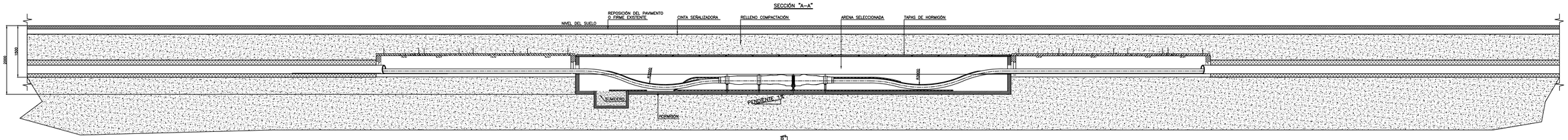
TITULO
CÁMARA DE EMPALME SIN P.A.T. ENLACE 2

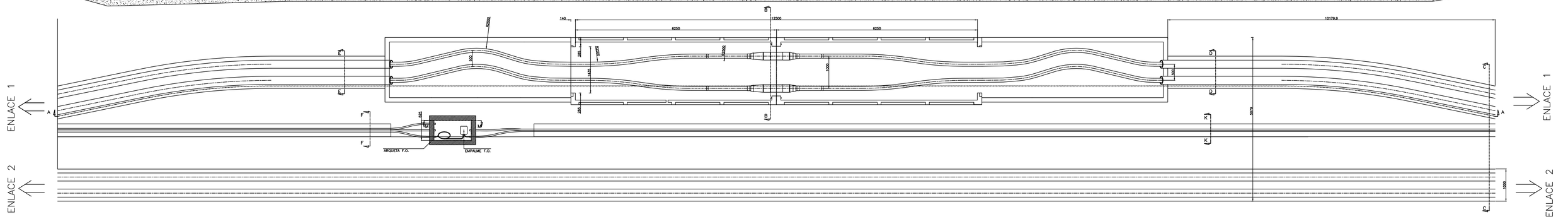
Nº 7983LSC002

HOJA 2 DE 2

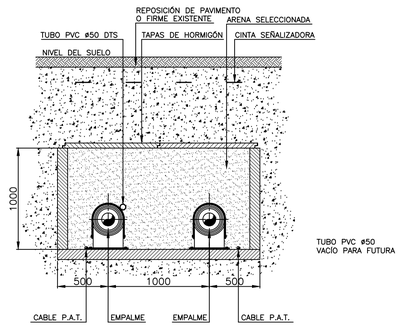
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI
Visado nº 174421 Fecha: 09/12/2020
Autenticidad verificable mediante CSV: DPS161809023240KNYYTGeM
Autenticidad verificable a través de la página https://www.coi.es/verificacion-de-documentos
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI Autenticidad verificada mediante CSV. Permite verificación telemática por el COLEGIO

SECCIÓN "A–A"



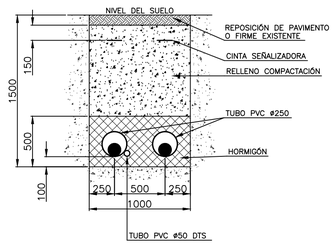


SECCIÓN "B–B"



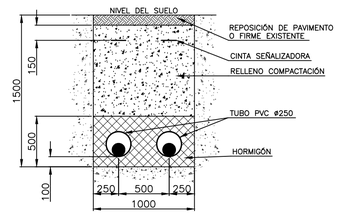
ESCALA 1:30

SECCIÓN "D–D"



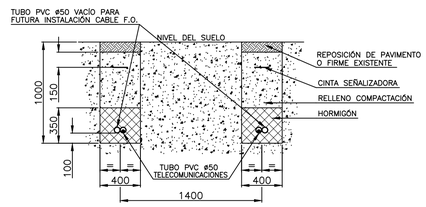
ESCALA 1:30

SECCIÓN "E–E"



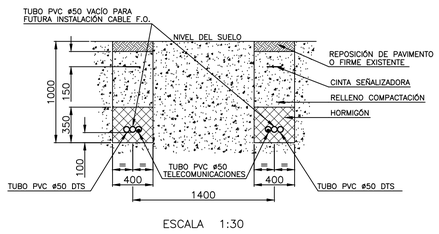
ESCALA 1:30

SECCIÓN "F–F"



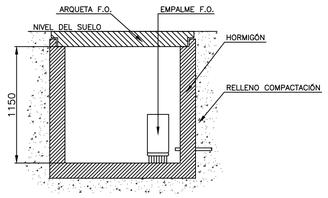
ESCALA 1:30

SECCIÓN "K–K"



ESCALA 1:30

SECCIÓN "M–M"



ESCALA 1:30

DOCUMENTO VISADO POR EL INTERESADO EN FECHA 12/11/2020 Visado nº: 1746871 Fecha: 26/11/2020 Trabajo profesional NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 28516190992334A2NYYTGeM4j Autenticidad verificable a través de la página https://www.cdi.es/verificacion-de-documentos

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial
María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
–	–	–	–	–	–

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12-2020	S.M.M.	
APROBADO	12-2020	M.S.S.	

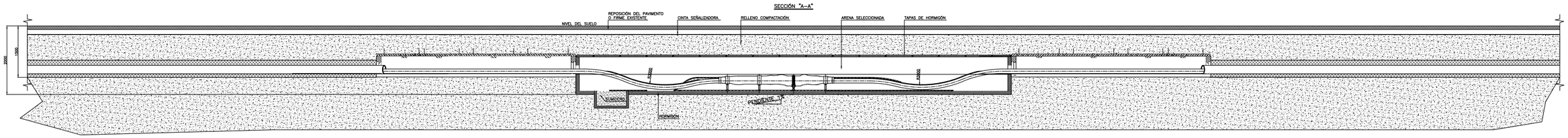
INSTALACION
PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

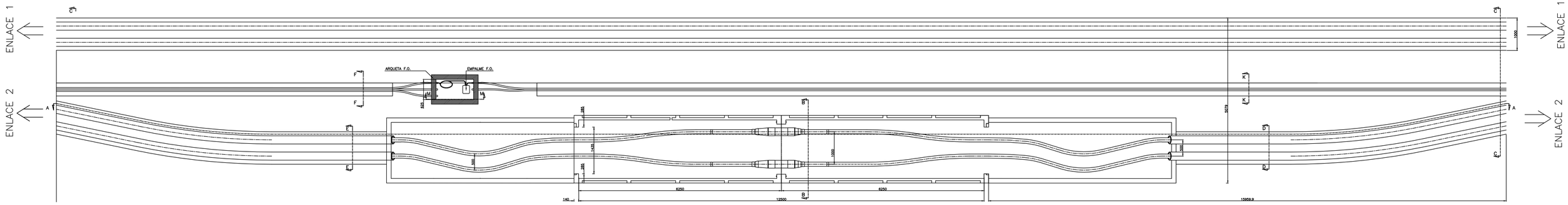
TITULO
CÁMARA DE EMPALME CON SNAKING ENLACE 1

Nº 7983LSC003

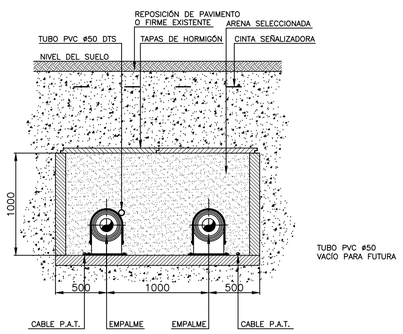
HOJA 1 DE 2

SECCIÓN "A–A"



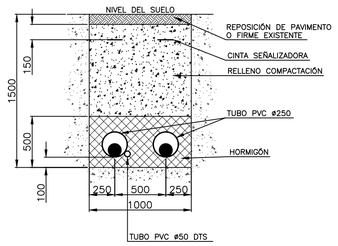


SECCIÓN "B–B"



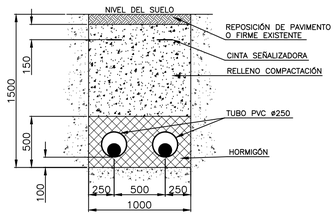
ESCALA 1:30

SECCIÓN "D–D"



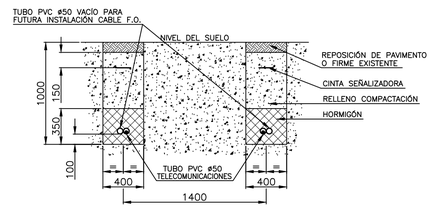
ESCALA 1:30

SECCIÓN "E–E"



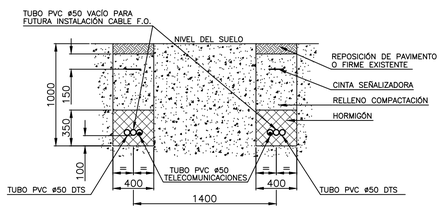
ESCALA 1:30

SECCIÓN "F–F"



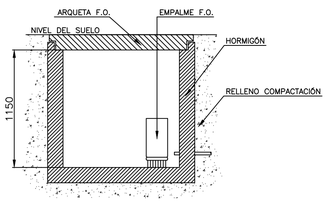
ESCALA 1:30

SECCIÓN "K–K"



ESCALA 1:30

SECCIÓN "M–M"



ESCALA 1:30

DOCUMENTO NACIONAL DE INTERCAMBIO. Versión: 1.0 (MAY). Firma: 2020-05-11 11:56:00. Emisor: COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autoridad verificadora: FNMT-RCM. CSV: SPS1619099233MKNYYTGMM. Autenticidad verificable a través de la página https://www.sede.fnmt.gob.es/descargas/descarga-de-documentos

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira

Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

–	–	–	–	–	–
EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION
PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

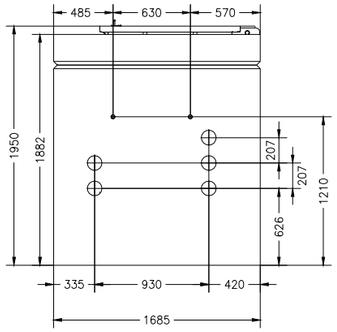
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12–2020	S.M.M.	
APROBADO	12–2020	M.S.S	

TITULO

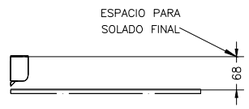
CÁMARA DE EMPALME CON SNAKING ENLACE 2

Nº 7983LSC003

HOJA 2 DE 2

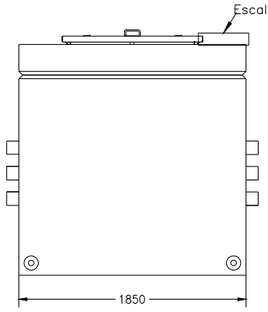


VISTA LATERAL DERECHA

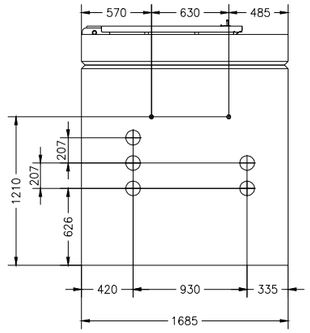


DETALLE 3

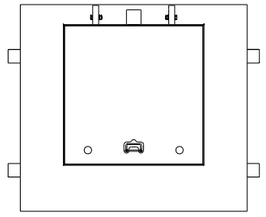
Escala 1:10



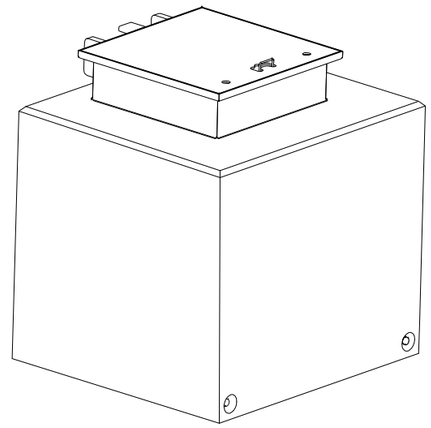
ALZADO



VISTA LATERAL IZQUIERDA



PLANTA



VISTA 3D

SIN ESCALA

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electrónicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS16195622MGNmYTQwM]
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

NOTAS

1. Peso aproximado 7.770kg.
2. Requerimientos estructurales :
   - Vida útil 50 Años
   - Clase de exposición IIIb+Qb
   - Resistencia mecanica del hormigón ≥ 35 N /mm²
   - Cemento sulforesistente (tipo SR)
   - Hormigón AH-40/AC/12/IIIb+Qb
   - Tamaño de árido máximo entre 12 mm. y 20 mm.
   - Máxima relación a/c 0,5 y mínimo contenido cemento 350 (kg/m³)
   - Recubrimiento mínimo armaduras 40 mm.
   - Acero armaduras B-500-SD soldado o electrosoldado
   - Resistencia al fuego REI-120
3. Estanqueidad IP-X8
4. Acabados :
   - Parte exterior pintada mediante una membrana elástica de poliuretano en color gris para protegerla de ataques de elementos externos agresivos
   - El interior pintado con pintura blanca anticondensación
   - Tornillería de acero inoxidable AISI 316

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N
–	–	–	–	–	–

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

INSTALACION

PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

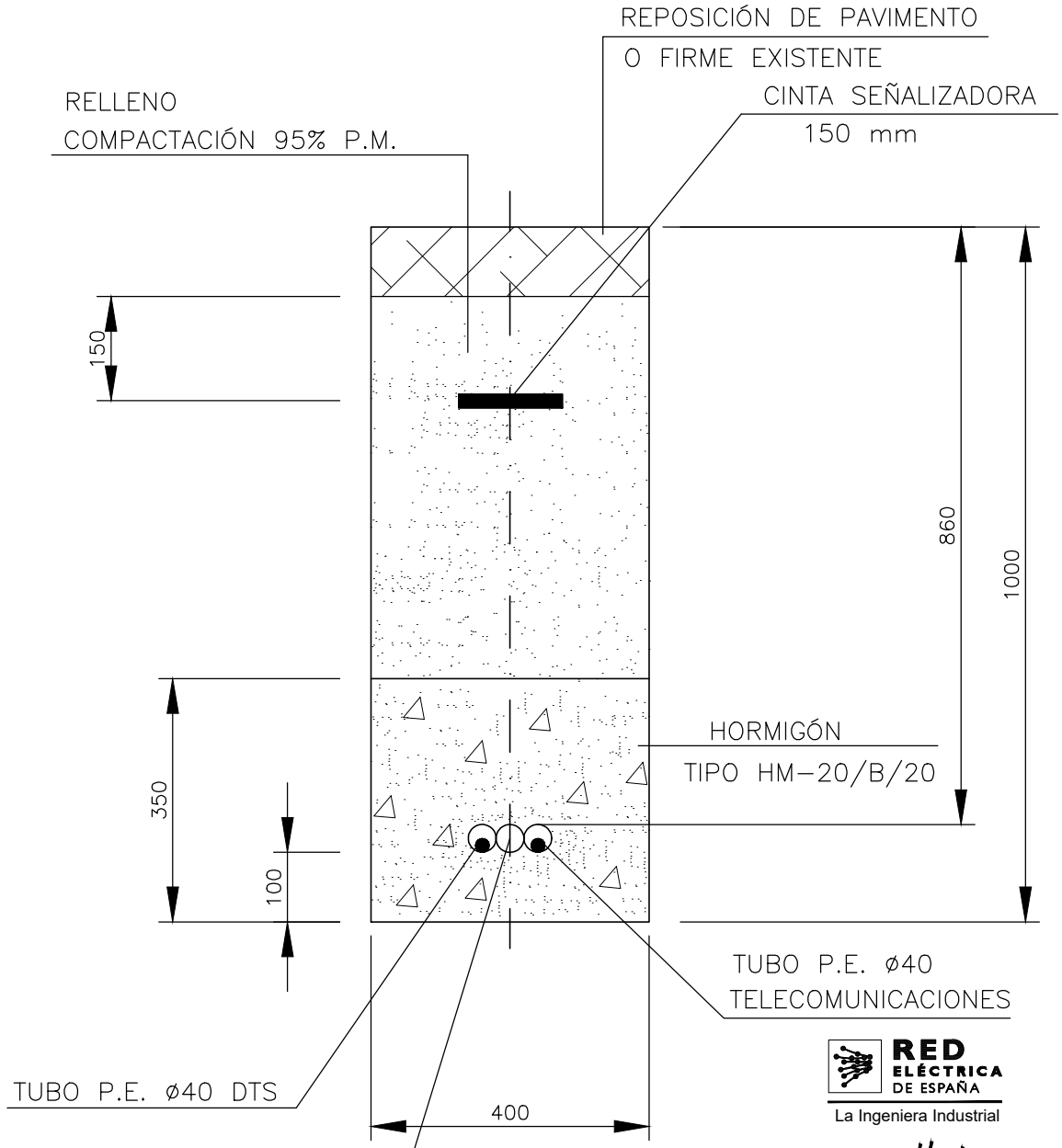
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12–2020	S.M.M.	
APROBADO	12–2020	M.S.S.	

TITULO

ARQUETA ESTANCA PARA INSTALACIÓN
DE LA CAJA DE CONEXIÓN DE PANTALLAS

N° 7983LSC004

HOJA 1 DE 1



RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
-	-	-	-	-	-

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:

INSTALACION
PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA-FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA-FRONTERA FRANCESA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12-2020	S.M.M.	
APROBADO	12-2020	M.S.S	

TITULO

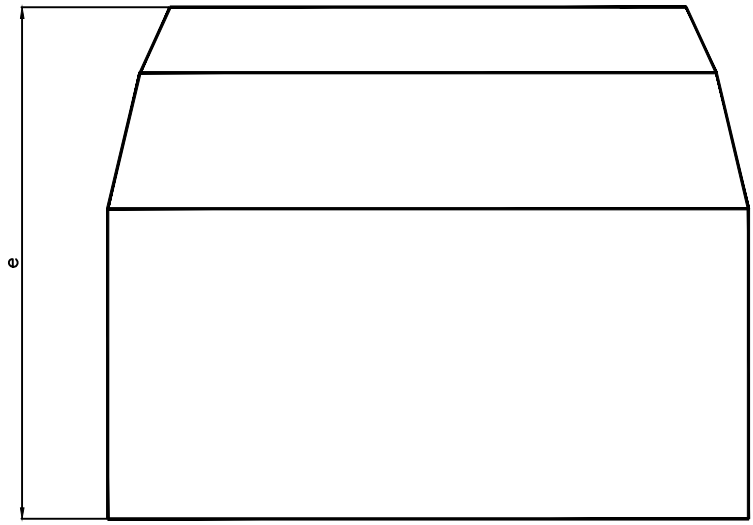
ZANJA TIPO FIBRA ÓPTICA PARA DERIVACIONES A ARQUETA

Nº 7983LST001

HOJA 1 DE 1

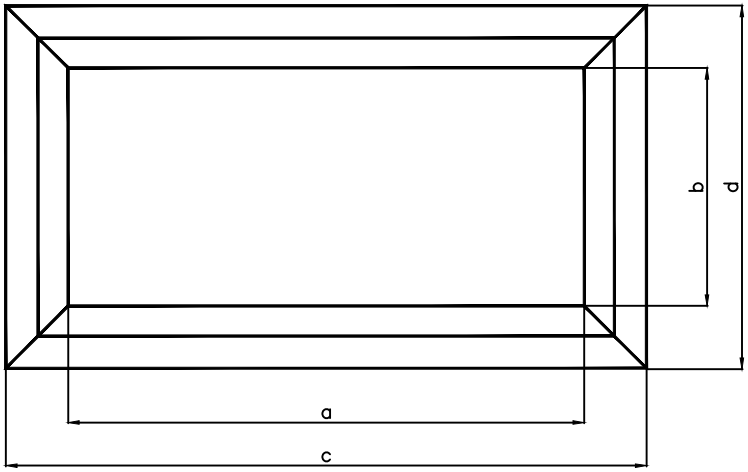
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ALZADO



Cotas	Dimensión (mm)
a	1145±25
b	625±5
c	1425±25
d	900±15
e	1200±50

PLANTA



RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

NOTAS:

1.–Se instalará una arqueta doble de telecomunicaciones en cada cámara de empalme, en el inicio y final de la perforación dirigida, en los apoyos de paso aéreo–subterraneo, en las proximidades de los soportes metálicos de los parques tipo intemperie y en los puntos singulares del trazado según definición del proyectista de la instalación.

2.–Arqueta según ET202.

3.–Empleo de la arqueta como "ENCOFRADO PERDIDO" rellenando sus laterales tanto paredes como solera con hormigón HM–20/B/14/I de 25 cm de espesor mínimo. La pared de hormigón deberá ser continua desde el suelo de la arqueta hasta recoger el cerco de la tapa.

4.–La arqueta dispondrá de tapa de fundición tipo D–400 para calzada o tipo B–125 para acera según caso.

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N
C					SE MODIFICA CRITERIO INSTALACIÓN ARQUETAS SENCILLAS, NOTA 2 Y NOTA 3
B					SE MODIFICAN DIMENSIONES SEGÚN ESPECIFICACIÓN TÉCNICA ET202
A					SE INDICA CUANDO INSTALAR LAS ARQUETAS

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12–2020	S.M.M.	
APROBADO	12–2020	M.S.S.	

ESCALA S/E
Formato A4

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

ARQUETA FIBRA ÓPTICA

SUSTITUYE A:

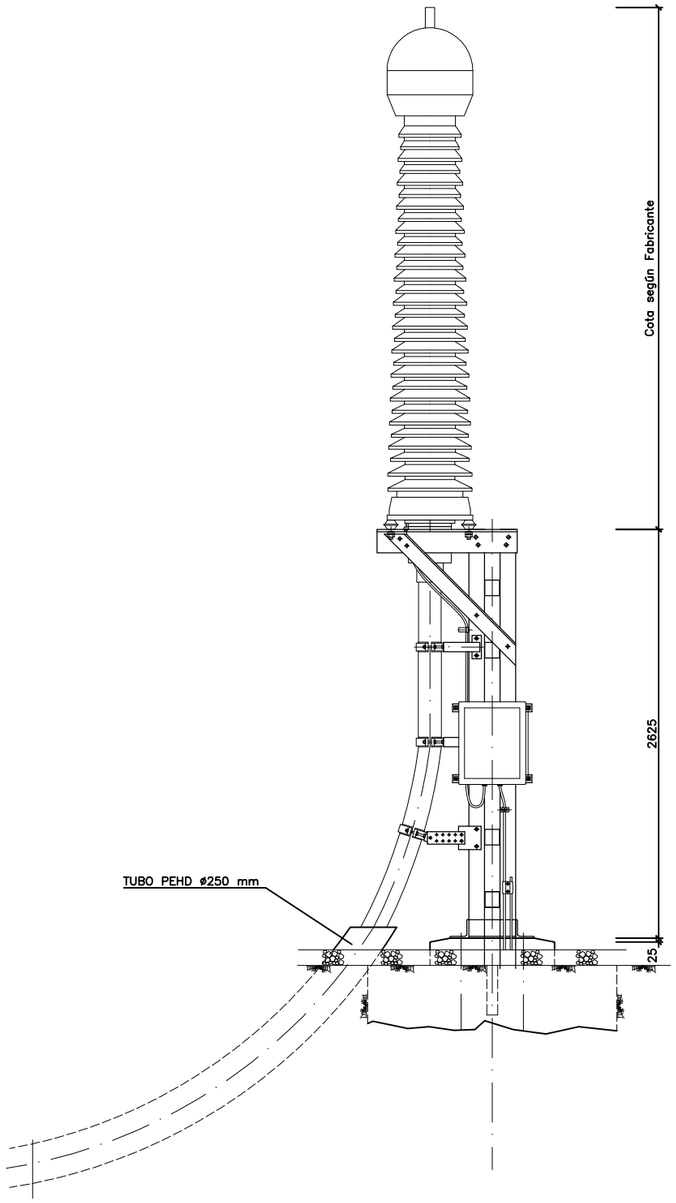
SUSTITUIDO POR:

N° 79836LST002

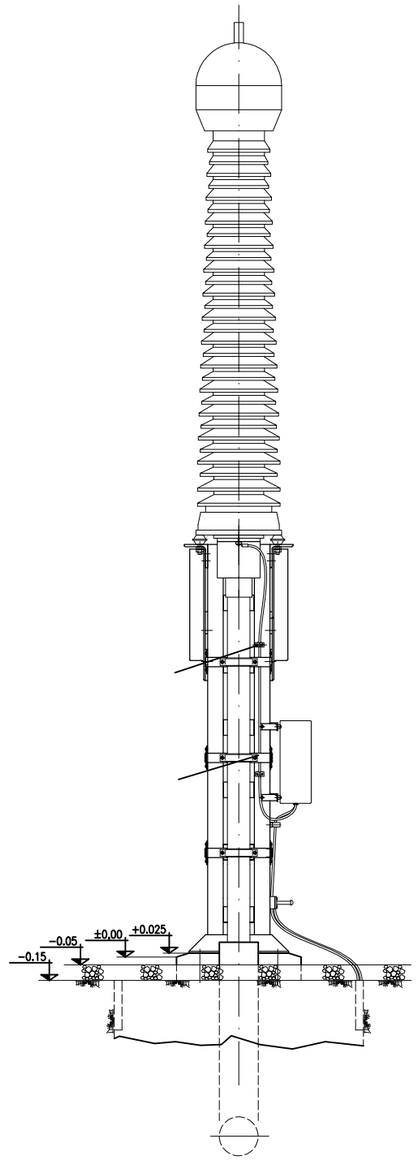
HOJA 1 DE 1

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



ALZADO PRINCIPAL



ALZADO LATERAL

NOTAS:

1.– DIMENSIONES EN MILIMETROS. ELEVACIONES EN METROS

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12/2020	V.G.L	
VERIFICADO	12/2020	S.M.M.	
APROBADO	12/2020	M.S.S.	

ESCALA : 1/40

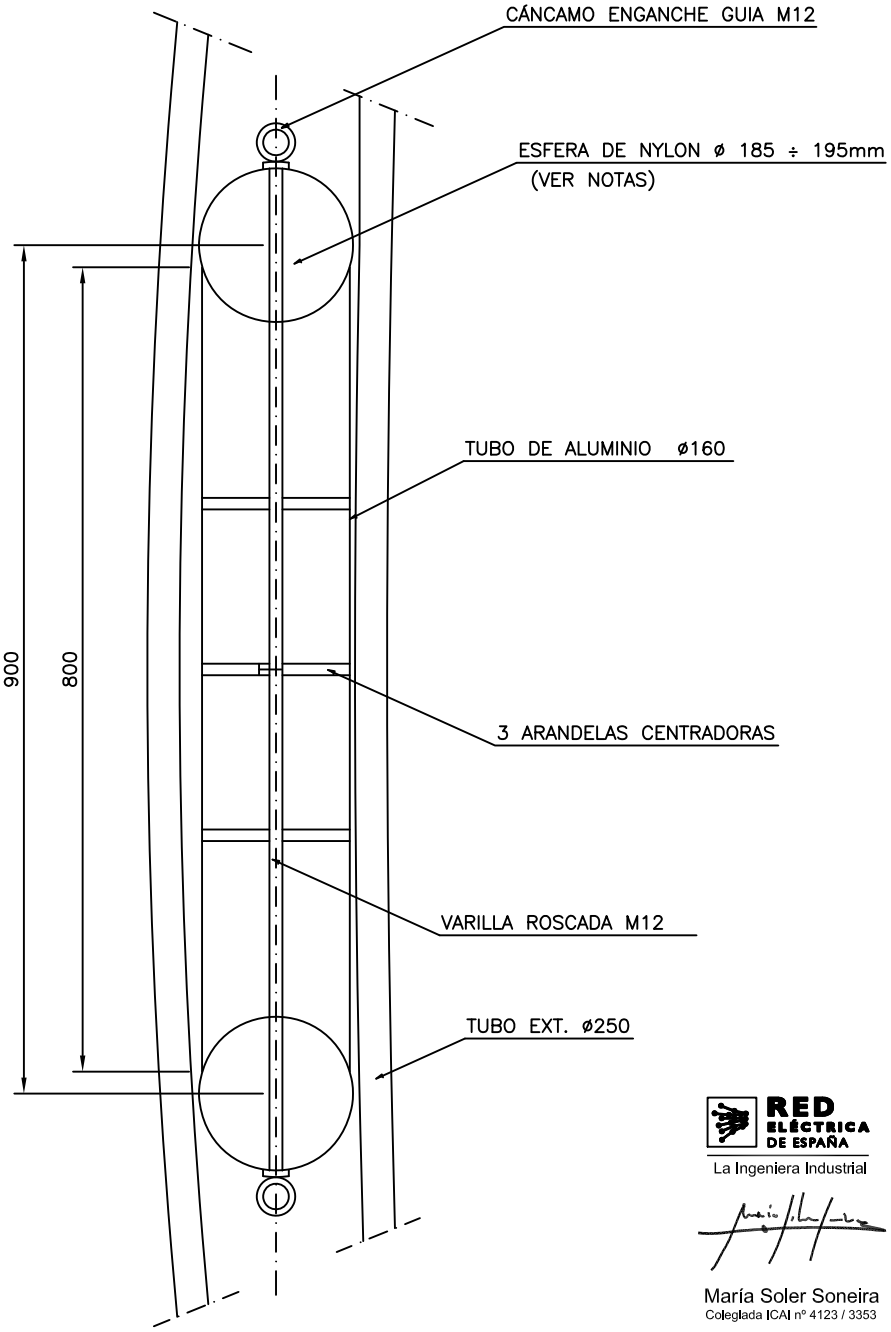
inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

MONTAJE TERMINALES CABLE

SUSTITUYE A:	
SUSTITUIDO POR:	
Nº	7983LSS001
Hoja 1 de 1	



RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

NOTAS

1. En tubos corrugados según ET140 o en tubos de perforaciones dirigidas PE100 SDR17 según ET204, el diámetro exterior de la esfera del mandril deberá estar dentro del rango indicado.
2. Para otros tipos de tubos el diámetro exterior de la esfera deberá ser ≥85% y ≤90% del diámetro interior del tubo a mandrilar.
3. Si en un tramo de canalización existen diferentes tipos de tubos el mandrilado en la ejecución de la canalización se deberá realizar en dos fases:
   - Fase 1: Mandrilado individual de cada uno de los tramos con tipos de tubos diferentes. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser ≥85% y ≤90% del diámetro interior del tipo de tubo en el tramo a mandrilar.
   - Fase 2: Mandrilado de la totalidad de la canalización. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser ≥85% y ≤90% del diámetro interior del tipo de tubo con menor diámetro interior en el tramo a mandrilar.
4. Previo al tendido se realizará un mandrilado de la totalidad del tramo de canalización en la que se vayan a instalar los cables. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser ≥85% y ≤90% del diámetro interior del tipo de tubo con menor diámetro interior en el tramo de canalización en el que se vayan a instalar los cables.

					SE ACTUALIZAN DIMENSIONES
					SE ACTUALIZAN DIMENSIONES Y SUSTITUYE EL PLANO LSV001 EDICIÓN B
EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	M O D I F I C A C I O N

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12-2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12-2020	S.M.M.	
APROBADO	12-2020	M.S.S.	

ESCALA
Formato A4

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

MANDRIL PARA TUBO DE ø250

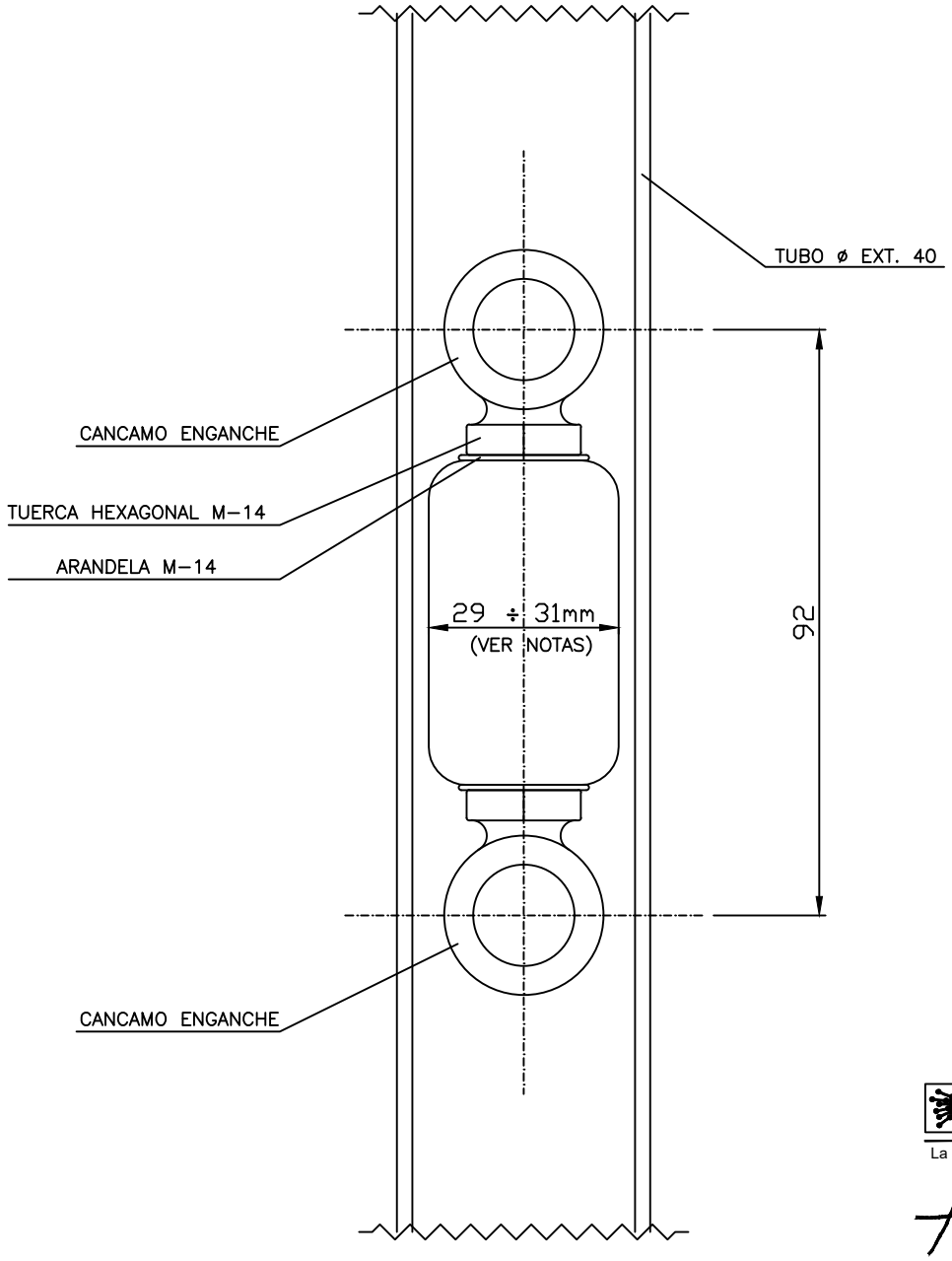
SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

N° 7983LSMA001

HOJA 1 DE 1

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622 2MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

NOTAS

1. En tubos de telecomunicaciones según ET203 o en tubos de perforaciones dirigidas PE100 SDR17 según ET204, el diámetro exterior del mandril deberá estar dentro del rango indicado.
2. Para otros tipos de tubos el diámetro exterior de la esfera deberá ser ≥85% y ≤90% del diámetro interior del tubo a mandrilar.
3. Si en un tramo de canalización existen diferentes tipos de tubos el mandrilado en la ejecución de la canalización se deberá realizar en dos fases:
   - Fase 1: Mandrilado individual de cada uno de los tramos con tipos de tubos diferentes. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser ≥85% y ≤90% del diámetro interior del tipo de tubo en el tramo a mandrilar.
   - Fase 2: Mandrilado de la totalidad de la canalización. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser ≥85% y ≤90% del diámetro interior del tipo de tubo con menor diámetro interior en el tramo a mandrilar.
4. Previo al tendido se realizará un mandrilado de la totalidad del tramo de canalización en la que se vayan a instalar los cables. El diámetro de la esfera del mandril deberá ser ≥85% y ≤90% del diámetro interior del tipo de tubo con menor diámetro interior en el tramo de canalización en el que se vayan a instalar los cables.

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION
					SE ACTUALIZAN DIMENSIONES
					SE ACTUALIZAN DIMENSIONES Y SUSTITUYE EL PLANO LSV001 EDICIÓN B

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12–2020	V.G.L.	
VERIFICADO	12–2020	S.M.M.	
APROBADO	12–2020	M.S.S.	

ESCALA
Formato A4

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

MANDRIL PARA TUBO DE ø40mm

SUSTITUYE A:

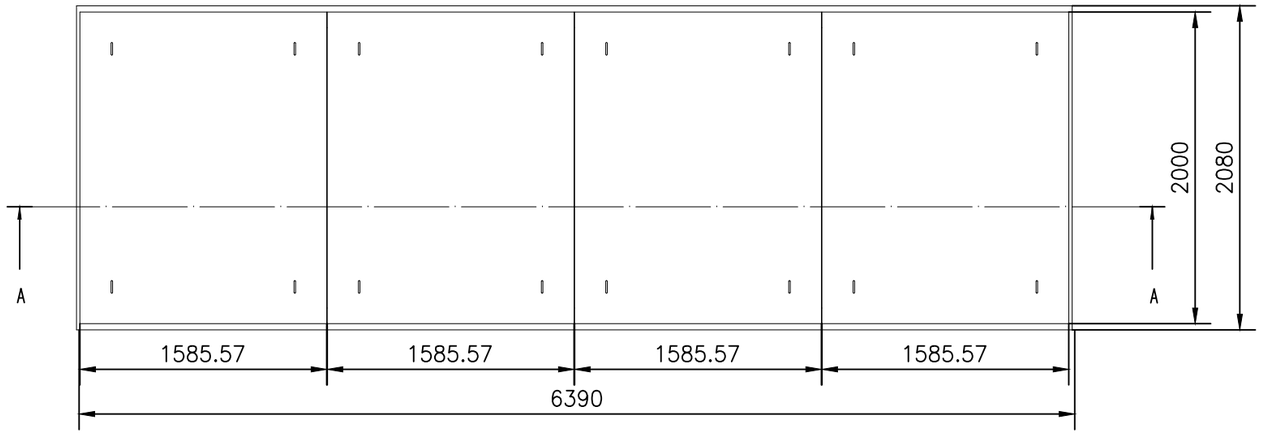
SUSTITUIDO POR:

N° 7983LSMA002

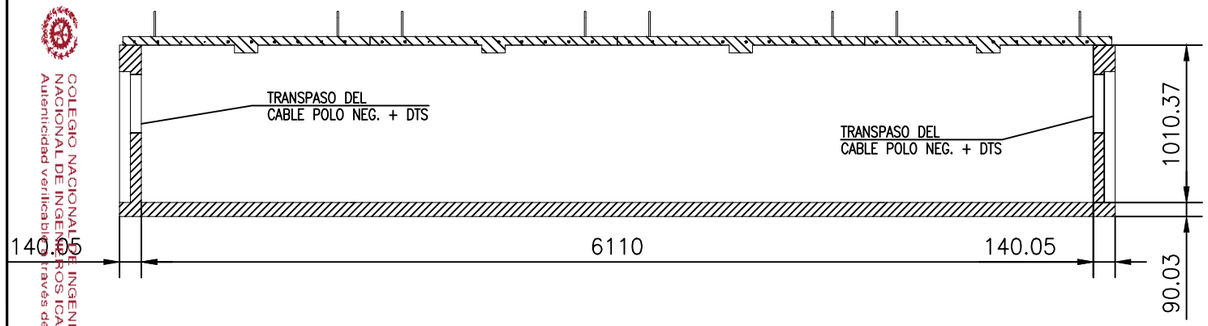
HOJA 1 DE 1

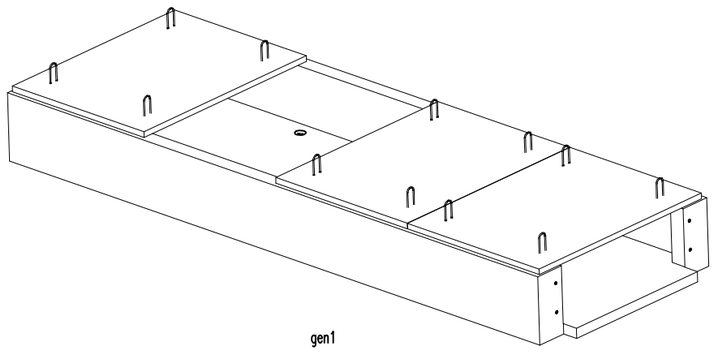
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

PLANTA
Escala 1:40

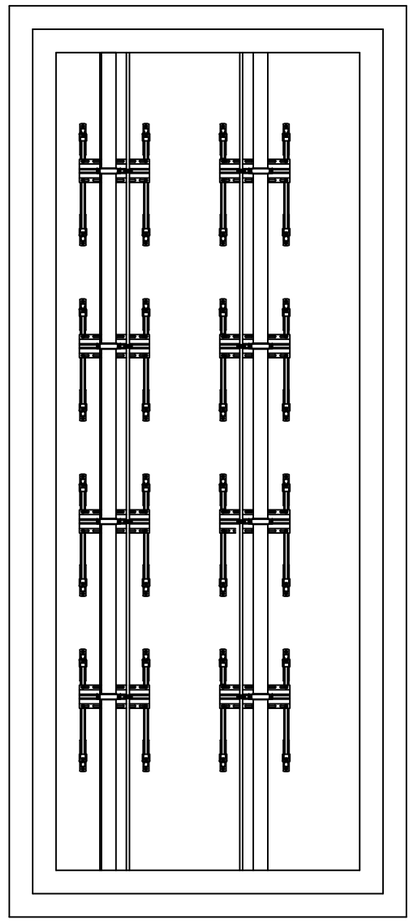


Sección A–A
Escala 1:40



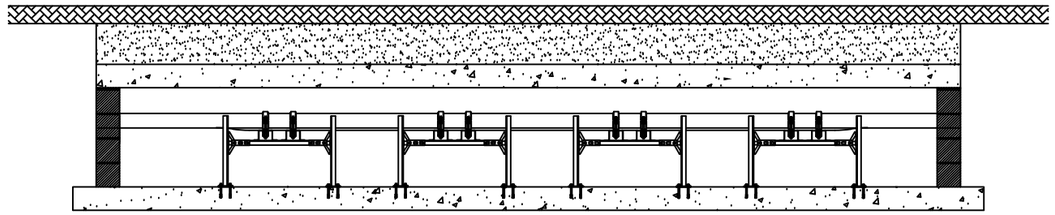


gen1
Escala 1:40



PLANTA INTERIOR
S/E

SECCIÓN B-B'
S/E



COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 01947/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electrónicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable mediante la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
La Ingeniera Industrial

María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº 4123 / 3353

EDICION	FECHA	REALIZADO	VERIFICADO	APROBADO	MODIFICACION

	FECHA	NOMBRE	FIRMA
REALIZADO	12/2020	V.G.L	
VERIFICADO	12/2020	S.M.M.	
APROBADO	12/2020	M.S.S.	

ESCALA : 1/40

inelfe

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

PROYECTO DE EJECUCIÓN INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA–FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA. LÍNEA SUBTERRÁNEA–SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400kV. GATIKA–FRONTERA FRANCESA

ARQUETA AYUDA AL TENDIDO

SUSTITUYE A:
SUSTITUIDO POR:
Nº 7983LSV001

Hoja 1 de 1

ANTEPROYECTO

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA - FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA

LÍNEA SUBTERRÁNEA - SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400 kV GATIKA – FRONTERA FRANCESA

DOCUMENTO 4

PRESUPUESTO

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

DOCUMENTO Nº 4 PRESUPUESTO

1. TRAMO SUBTERRÁNEO 3

2. TRAMO SUBMARINO 6

3. RESUMEN TRAMO SUBTERRÁNEO 8

4. RESUMEN TRAMO SUBMARINO 9

5. RESUMEN TOTAL 10

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

1. TRAMO SUBTERRÁNEO

		Uds	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
1. INGENIERÍA				
Incluye: Realización del anteproyecto, trabajos de topografía del trazado, etc... y separatas de cruzamientos necesarias para los Organismos afectados.	1	P.A.	719.130,00	719.130
TOTAL INGENIERÍA				**719.130**
2. GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS				
Visado del Anteproyecto, tramitación de expedientes y la realización de todas las gestiones necesarias para la autorización y la legalización del Proyecto de Ejecución por parte de la Administración.	1	P.A.	179.780,00	179.780
Indemnizaciones para la obtención de permisos y pago de daños.	1	P.A.	2.140.000,00	2.140.000
TOTAL GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS				**2.319.780**
3. MATERIALES				
3.1 CABLE ACCESORIOS				
Suministro de cable de potencia XLPE 400 kVcc 1800Cu instalación en zanja.	52.259	m	258,08	13.487.042
3.2 ACCESORIOS				
Suministro de empalmes con seccionamiento de pantallas.	28	ud.	4.594,24	128.639
Suministro de empalmes sin seccionamiento de pantallas.	24	ud.	4.882,20	117.173
Suministro de terminales.	4	ud.	32.722,51	130.890
3.3 SISTEMA DE P.A.T DE LAS PANTALLAS				
Suministro y acopio de cajas p.a.t. para terminales.	4	ud.	1.152,62	4.610
Suministro y acopio de cajas p.a.t para empalmes.	14	ud.	3.926,70	54.974
Suministro y acopio del cable de conexión de los empalmes y terminales con las cajas p.a.t.	320	P.A.	32,72	10.470

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3.4 SISTEMA DE COMUNICACIONES				
Suministro cable de F.O. para telecomunicaciones.	26.130	m	1,98	51.737
3.5 SOPORTES				
Suministro del sistema de bridas y soportes para la instalación de los empalmes en las cámaras de empalme.	52	ud	750,00	39.000
TOTAL MATERIALES				**14.024.536**
4. OBRA CIVIL				
4.1 ZANJA				
Adecuación de camino de 7 m. de ancho.	3.918	m	276,60	1.083.571
Adecuación de camino de 5 m. de ancho.	8.294	m	197,57	1.638.722
Zanja para los dos enlaces según plano 7983LSZ001. Incluye excavación, instalación de tubos, hormigonado, relleno y reposición del firme.	7.835	m	190,00	1.488.650
4.2 PERFORACIONES DIRIGIDAS				
Perforación horizontal dirigidas. Incluye los tubos de perforación.	8.211	m	1.700,00	13.958.700
Hinca.	101	m	1.575,00	158.287
4.3 CÁMARAS Y ARQUETAS				
Cámaras de empalme para un enlace. Incluye excavación, instalación sistema de p.a.t., relleno con reposición de firme y instalación de las tapas de fundición.	26	ud.	50.621,00	1.316.146
Arqueta telecomunicaciones.	76	ud.	1.413,00	107.388
Arquetas estancas para cajas de conexión de pantallas.	13	ud.	8.200,00	106.600

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622 2MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TOTAL OBRA CIVIL				**19.858.064**

5. MONTAJE

Tendido del cable en zanja.	52.259	m	18,00	940.665
Confección de empalmes.	52	m	19.349,18	1.006.157
Confección de terminales.	4	m	19.349,18	77.397
Tendido cable F.O. telecomunicaciones.	26.130	ud.	1,90	49.647
TOTAL MONTAJE				**2.073.866**

6. DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA

Dirección técnica, supervisión y vigilancia de las actividades de construcción.	1	P.A.	657.957,89	657.958
TOTAL DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA				**657.958**

7. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD

Presupuesto de seguridad.	1	P.A.	23.550,00	23.550
TOTAL PRESUPUESTO DE SEGURIDAD				**23.550**

8. PRESUPUESTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Presupuesto de Gestión de Residuos.	1	P.A.	297.870,96	297.871
TOTAL GESTIÓN DE RESIDUOS				**297.871**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2. TRAMO SUBMARINO

		Uds	Precio Unitario (Euros)	Precio Total (Euros)
1. INGENIERÍA				
Incluye: Realización del Anteproyecto, trabajos de topografía del trazado, etc... y separatas de cruzamientos necesarias para los Organismos afectados.	1	P.A.	4.633.040,00	4.633.040,00
TOTAL INGENIERÍA				**4.633.040,00**
2. GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS				
Visado del Anteproyecto, tramitación de expedientes y la realización de todas las gestiones necesarias para la autorización y la legalización del Anteproyecto por parte de la Administración	1	P.A.	2.090.680,00	2.090.680,00
TOTAL GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS				**2.090.680,00**
3. MATERIALES				
3.1 CABLE ACCESORIOS				
Suministro de cable de potencia XLPE 400 kV 1800 Cu	2.436	m	379,00	923.244,00
Suministro de cable de potencia XLPE 400 kV 1000 Cu	196.929	m	370,00	72.863.875,85
Suministro de cable de potencia MI 400 kV 2500 Cu	2.436	m	386,00	940.296,00
Suministro de cable de potencia MI 400 kV 1400 Cu	196.496	m	377,00	74.078.846,08
TOTAL MATERIALES				**148.806.261,94**
4. TRANSPORTE, TENDIDO Y PROTECCIÓN				
Incluye: Todas las operaciones necesarias para el transporte, tendido y protección del cable submarino	398.297	m	208,00	82.845.777,49
TOTAL TRANSPORTE, TENDIDO Y PROTECCIÓN				**82.845.777,49**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5. ENSAYOS FINALES

Ensayos eléctricos finales cable submarino	1	Ud.	346.000,00	346.000,00
Ensayos mecánicos finales cable submarino	1	Ud.	653.000,00	653.000,00
TOTAL ENSAYOS FINALES				**999.000,00**

6. DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA

Dirección técnica, supervisión y vigilancia de las actividades de construcción.	1	P.A.	828.457,77	828.457,77
TOTAL DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA				**828.457,77**

7. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD

Presupuesto de seguridad	**1**	P.A.	54.950,00	54.950,00
TOTAL PRESUPUESTO DE SEGURIDAD				**54.950,00**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3. RESUMEN TRAMO SUBTERRÁNEO

RESUMEN

1. INGENIERÍA	719.130 €
2. GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS	2.319.780 €
3. MATERIALES	14.024.536 €
4. OBRA CIVIL	19.858.064 €
5. MONTAJE	2.073.866 €
6. DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA	657.958 €
7. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD	23.550 €
8. PRESUPUESTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS	297.871 €
TOTAL	**39.974.754 €**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

4. RESUMEN TRAMO SUBMARINO

RESUMEN

1. INGENIERÍA	4.633.040 €
2. GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS	2.090.680 €
3. MATERIALES	148.806.262 €
4. TRANSPORTE, TENDIDO Y PROTECCIÓN	82.845.777 €
5. ENSAYOS FINALES	999.000 €
6. DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA	828.458 €
7. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD	54.950 €
TOTAL	**240.258.167 €**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

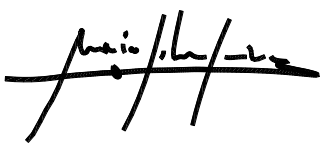
5. RESUMEN TOTAL

RESUMEN

1. INGENIERÍA	5.352.170 €
2. GESTIÓN, TRAMITACIONES Y PERMISOS	4.410.460 €
3. MATERIALES	162.830.798 €
4. OBRA CIVIL	19.858.064
5. TRANSPORTE, TENDIDO Y PROTECCIÓN	82.845.777 €
6. MONTAJE	2.073.866
7. ENSAYOS FINALES	999.000 €
8. DIRECCIÓN FACULTATIVA Y SUPERVISIÓN DE OBRA	1.486.416 €
9. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD	78.500 €
10. PRESUPUESTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS	297.871 €
TOTAL	**280.232.921 €**

El importe del presente presupuesto asciende a la cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA MILLONES DOSCIENTOS TREINTA Y DOS MIL NOVECIENTOS VEINTIUNO euros.

Madrid, abril de 2021
La Ingeniera Industrial



María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº4123/3353

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



ANTEPROYECTO

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA
ESPAÑA - FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA

LÍNEA SUBTERRÁNEA - SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400 kV GATIKA – FRONTERA FRANCESA

DOCUMENTO 5
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ESTUDIO DE SEGURIDAD

LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTECONTINUA A ±400 kV

GATIKA – FRONTERA FRANCESA

ÍNDICE

1. MEMORIA 4
1.1 OBJETO DE ESTE ESTUDIO 4
2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA 6
2.1 SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA OBRA 6
2.2 CONFORMIDAD PARA TAREAS DE MANTENIMIENTO POSTERIORES 9
2.3 PRESUPUESTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y Nº OPERARIOS 10
2.4 ACTIVIDADES PARA EJECUCIÓN DEL ANTEPROYECTO 11
2.5 TRABAJOS PREVIOS, INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS 11
2.6 CONTROL DE ACCESOS 15
2.7 UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN LA OBRA 15
2.7.1 Gestión de la obra 15
2.7.2 Ejecución de trabajos de talas y desbroces 17
2.7.3 Ejecución de trabajos de obra civil de líneas subterráneas 17
2.7.4 Ejecución de trabajos de tendido de cables aislados en zanjas 23
2.7.5 Arquetas de puesta a tierra 23
2.7.6 Obra civil tramo submarino 23
2.7.7 Tendido tramo submarino 24
2.8 OFICIOS INTERVINIENTES 27
2.9 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS 28
2.10 EVALUACIÓN DE RIESGOS 28
2.10.1 Alcance de la identificación inicial 29
2.10.2 Riegos laborales no evitables completamente 44
2.10.3 Evaluación de los riesgos 45
2.10.4 Medidas de prevención 52
2.10.5 Revisión 65
2.11 PLANIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA 65
2.11.1 Organización de la Seguridad 65
2.11.2 Principios Generales aplicables durante la ejecución de la obra 70
2.11.3 Conocimiento y Formación 70
2.11.4 Medicina Preventiva 71
2.11.5 Medios de protección 71
2.12 INICIO DE LOS TRABAJOS 73
2.13 SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LOS TRABAJOS 74
2.13.1 Objeto 74
2.13.2 Forma de ejecución 74
2.13.3 Petición de acciones correctoras 74
2.13.4 Información sobre accidentabilidad. 74
2.13.5 Medición del desempeño 75
2.14 LOCALES DE DESCANSO Y SERVICIOS HIGIÉNICOS 76
2.15 DISPOSICIONES DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN 77

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.15.1 Vías de Evacuación 77
2.15.2 Iluminación 77
2.15.3 Instalaciones de suministro y reparto de energía 78
2.15.4 Ventilación 78
2.15.5 Ambientes nocivos y factores atmosféricos: 79
2.15.6 Detección y lucha contra incendios: 79
2.15.7 Primeros auxilios 79
2.16 PLAN DE SEGURIDAD 79
3. PLIEGO DE CONDICIONES 82
3.1 NORMATIVA LEGAL DE APLICACIÓN 82
3.2 NORMATIVA INTERNA DE RED ELÉCTRICA 87
3.3 POTESTAD DE CONTROL POR PARTE DE RED ELÉCTRICA. 88
4. CROQUIS Y FICHAS TÉCNICAS 89
4.1 CROQUIS DE LÍNEAS SUBTERRANEAS 89
4.2 CROQUIS MANIOBRAS TRABAJOS TENDIDO SUBTERRÁNEO 93
4.3 ESQUEMAS DE SEÑALIZACIÓN EN OBRA. 96
5. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD 98
5.1 OBRA CIVIL TRAMO SUBTERRÁNEO Y SUBMARINO 98
5.2 TENDIDO SUBTERRÁNEO Y SUBMARINO DE CABLE AISLADO 99
5.3 RESUMEN DE PRESUPUESTO DE SEGURIDAD 100
6. ANEXO 1. NORMAS DE UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS DE TRABAJO 101
7. ANEXO 2. NORMAS ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD 102
7.1.1 Cuadros eléctricos de obra 102
7.1.2 Trabajos de excavación de zanjas. 102
7.1.3 Trabajos de entibado-desentibado de zanjas 103
7.1.4 Trabajos de perforación dirigida 104
7.1.5 Trabajos en galerías de cables y cámaras de empalmes. Espacios confinados 105
7.1.6 Tendido de cables aislados 106
7.1.7 Montaje y utilización de andamios para montaje de equipos y botellas sobre apoyos terminales 109
7.1.8 Manejo de cargas 110
7.1.9 Trabajos en altura 113
7.1.11 Trabajos de pruebas y puesta en servicio. 114
7.1.12 Distancias de seguridad a instalaciones de alta tensión. 114
7.1.13 Fenómenos de inducción. 116
7.1.14 Medidas de seguridad generales a bordo de un buque 117
7.1.15 Ejemplos de Equipos de Protección Individual para tripulación de embarcaciones 124
7.1.16 Otras consideraciones de seguridad 127
8. ANEXO 3. IMPRESOS Y APLICACIONES 130
8.1.1 Autorización de trabajo 130
8.1.2 Realización de las Inspecciones de Seguridad. 132
8.1.3 Forma de comunicación de accidentes y riesgos 133

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

1. MEMORIA

1.1 OBJETO DE ESTE ESTUDIO

Este Estudio de Seguridad y Salud establece las medidas de Seguridad que deben adoptarse en los trabajos de construcción a realizar en la construcción de la **Línea subterránea-submarina en corriente continua a ±400 kV Gatika - Frontera francesa** que interconectará España con Francia por el Golfo de Bizkaia.

Servirá para dar las directrices básicas de las Normas de Seguridad y Salud aplicables a la obra, facilitando la aplicación que la Dirección Facultativa debe realizar de tales Normas, conforme establece el R.D. 1627/97 por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad en las Obras de Construcción.

El Estudio de Seguridad forma parte del Anteproyecto de la Obra, tiene por objeto definir y desarrollar las líneas generales de actuación en Seguridad y Salud Laboral de todas las Empresas y Trabajadores que intervienen, cualquiera que sea su carácter o participación, estableciendo consecuentemente las medidas oportunas para la vigilancia de su funcionamiento y el control de sus resultados.

Concebido fundamentalmente como conjunción de acciones en el campo de la prevención de accidente de trabajo y enfermedades profesionales, el Estudio de Seguridad pretende conseguir los siguientes objetivos principales:

Evitar los riesgos de la actividad a realizar, facilitando los elementos de protección colectiva y personales que sean precisos para garantizar la integridad física de los trabajadores.

Atender las necesidades de los Trabajadores en caso de accidente, habilitando los adecuados medios de transporte y asistencia médica.

Organizar conjunta, homogénea y racionalmente todas las actividades preventivas, de tal forma que la acción resulte técnicamente idónea y económicamente rentable, tanto para las Empresas participantes en la Obra como para Red Eléctrica de España, S.A.U.

Cumplir las disposiciones legales vigentes relativas a la Seguridad y Salud Laboral, procurando la mayor eficacia en la aplicación de las diferentes medidas preceptivas.

El presente Estudio de Seguridad y Salud Laboral tiene carácter obligatorio y contractual para todas las empresas que participan en el desarrollo de la Obra.

Este Estudio es vinculante a todos los contratos firmados entre Red Eléctrica de España, S.A.U. y las Empresas Contratistas que intervengan en la Obra, así como en los que éstas suscriban con Subcontratistas.

Se consideran Empresas Contratistas todas aquellas Empresas contratadas directamente por Red Eléctrica de España, S.A.U., considerando también, a efecto de cumplimiento de la normativa de seguridad, como personal propio de aquellas el perteneciente a las Empresas subcontratadas.

La Empresa Contratista quedará obligada a elaborar un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de ejecución de la Obra, las previsiones contenidas en este Estudio. Estas previsiones no implicarán variación del importe económico en él señalado. Dicho Plan de Seguridad deberá ser presentado antes del inicio de la Obra a Red Eléctrica S.A.U. para su aprobación.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Como consecuencia de la puesta en práctica del Plan de Seguridad y Salud, y a la vista de los resultados obtenidos, puede determinarse la modificación o ampliación de una o varias de las disposiciones en él contenidas, siempre con la aprobación de la Dirección de Obra.

Red Eléctrica S.A.U. se reserva el derecho de la interpretación última del Plan de Seguridad que se apruebe.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

2.1 SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

INELFE ha proyectado construir una línea subterránea-submarina de transporte de energía eléctrica en 400 kV de corriente continua, que conectará la Estación Conversora, situada en el término municipal de Gatika (Bizkaia/España), con la Estación Conversora situada en el término municipal de Cubnezais (Burdeos/Francia), cuyo trazado discurrirá por los términos municipales de Gatika, Maruri-Jatabe y Lemóniz, en Bizkaia, con una longitud aproximada de 15 km (tramo subterráneo), más una longitud aproximada de 100 km de tramo submarino hasta la frontera España-Francia que formará parte de la red de transporte.

La nueva interconexión entre Francia y España consiste en un doble enlace de Alta Tensión 400 kV en Corriente Continua (HVDC en sus siglas en inglés) con dos sistemas independientes y una potencia de 2 × 1000 MW de potencia, que conectará la futura estación conversora de Gatika, en la provincia de Bizkaia, y la futura estación conversora de Cubnezais, situada al norte de la localidad de Burdeos, situada en Francia.

Las principales partes de que consta el enlace HVDC a efectos del presente anteproyecto son:

- 4 cables subterráneos de corriente continua a ±400 kV para instalación en zanja (aproximadamente 12,7km por territorio español).
- 4 cables submarinos de corriente continua a ±400 kV con una longitud total de 280km, cada cable de potencia, para la interconexión con Francia (100 km en territorio marítimo español).
- 4 cables subterráneos de corriente continua a ±400 Kv para instalación en zanja (aproximadamente 80km por territorio Frances).
- 2 cables de F.O. de comunicaciones de 48 fibras.
- 2 cables de F.O. para la monitorización de la temperatura del doble enlace de 4 fibras.

El enlace estará constituido por los siguientes tramos:

TRAMO SUBTERRÁNEO

La línea tendrá su origen en las botellas terminales de cable situadas dentro del edificio de la futura estación conversora de Gatika y circulará por el interior de los terrenos de la misma, por espacios habilitados para tal fin hasta su salida al exterior. A la salida de la estación conversora se abrirá una zanja por el camino que bordea la subestación eléctrica existente, de Gatika, dirección norte hasta llegar a él campo municipal de futbol de Gatika.

En ese punto, la futura interconexión, girara completamente en ángulo de 90 grados en dirección este, atravesando aproximadamente 430 metros de campo de cultivo, hasta encontrarse con el pozo de ataque de la primera perforación horizontal dirigida prevista.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

En ese punto tendrá lugar la realización de la PHD-1 para el cruzamiento con la carretera BI-634, una perforación horizontal dirigida de aproximadamente 320 metros dirección norte hasta enlazar la salida de la PHD1 a las cercanías de un camino por donde seguirá dirección norte aproximadamente durante 130 metros para, en ese punto, realizará un giro dirección noroeste que transcurrirá aproximadamente 80 metros por campo de cultivo hasta enlazar con el pozo de ataque de la PHD-2 prevista.

En el pozo de ataque de PHD-2 será dentro del término municipal de Gatika para finalizar la segunda perforación horizontal dirigida en el término municipal de Mungia. La finalidad de la PHD-2 será salvar cruzamiento con el río Butrón, en dirección noroeste y con una longitud aproximada de 300 metros. La línea continua en zanja por campos de cultivo aproximadamente 300 metros en dirección noroeste hasta llegar al pozo de ataque de la tercera perforación horizontal dirigida, PHD-3. Dicha perforación tiene una longitud aproximada de 300 metros y discurre en dirección noroeste para salvar cruzamiento con el río Butrón, hasta finalizar en el inicio de un pequeño polígono industrial en el término municipal de Gatika.

La futura línea de interconexión, tomará un pequeño giro hacia la derecha, dirección noreste y continuará por la calle trasera y asfaltada, del polígono industrial, aproximadamente 300 metros, para tomar un pequeño giro a la derecha y en dirección norte, adentrándose 80 metros hasta encontrar el futuro pozo de ataque de la PHD-4 prevista.

La finalidad de la PHD-4 tendrá como objetivo salvar el cruzamiento, por tercera vez, con el río Butrón. Se prevé realizar una PHD, aproximadamente de 420 metros, dirección norte con inicio en el término municipal de Gatika y final en el término municipal de Maruri-Jatabe. El pozo de ataque y salida de la PHD-4 quedarán instaladas en terreno de cultivo, punto dónde continuará la traza dirección norte, tomando un leve giro a la derecha.

La línea transcurrirá aproximadamente 350 metros bajo campo de cultivo hasta encontrar el pozo de ataque de la futura PHD-5, en dicho punto enlazará con la cámara de empalmes a instalar. En ese punto, y situando el pozo de ataque orientado levemente hacía la derecha en dirección noreste tendrá inicio la PHD-5, con la finalidad de salvar el cruzamiento con la BI-2120. La longitud de la PHD-5 de 205 metros, aproximadamente y dentro del término municipal de Maruri-Jatabe, para finalizar en una cámara de empalmes prevista en campo de cultivo.

Allí continuará en dirección norte durante 350 metros aproximadamente hasta llegar al pozo de ataque de la futura PHD-6 prevista.

El pozo de ataque, para la futura PHD-6, quedará encarado con un leve giro a la derecha, para encarar la PHD dirección noreste y encarar la subida del monte. La finalidad de esta PHD es salvar el trazado de calle asfaltada de las urbanizaciones existentes, del barrio Erdigune debido a que se trata del único acceso, para los propietarios, y que las calles son demasiado estrechas. La longitud prevista será aproximadamente de 450 metros y finalizará, prácticamente al final de la calle asfaltada de la urbanización y el inicio de la pista forestal, existente.

Llegados a ese punto, la futura interconexión, tomará un giro de 90 grados a la derecha para continuar la zanja por la pista forestal existente. Este tramo atravesará el término municipal de Maruri-Jatabe, hasta llegar a la bifurcación con el GR-123. En ese punto girará en dirección oeste para continuar la traza por el GR-123, hasta llegar a la intersección con la carretera, Maruri – Lemóiz, (BI-3117) se realizará un cruce a zanja abierta y se continuará por la pista forestal existente, camino de Ikelza, dirección lago Urbieta.

Finalmente, y pasadas las últimas casas, del camino forestal, la futura interconexión llegará al pozo de ataque previsto para la futura PHD-7, allí se realizará una cámara de empalmes para la transición cable subterráneo / cable submarino. La finalidad de la PHD-7, es salvar el cruzamiento con la carretera BI-3151 y la entrada al mar cantábrico, para continuar la interconexión en tramo submarino hasta territorio terrestre francés.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TRAMO SUBMARINO

Entre la costa del Norte del País Vasco, desde la localidad de Lemóiz hasta la costa oeste del Territorio Francés, entrando por la playa de “La Cantine”, al sur de Lacanau (Burdeos), con una longitud aproximada de 280km, con el cable tendido sobre el lecho Marino y se protegerá mediante técnicas de jetting en zonas arenosas y matrices o rock dumping en zonas rocosas donde no sea factible lo anterior.

La línea objeto del presente anteproyecto tiene como principales características las siguientes:

- Sistema ..... Corriente continua
- Configuración ..... 2 enlaces independientes
- Tensión nominal ..... ±400 kV
- Potencia nominal ..... 2x1000 MW
- Flujo de potencia ..... Bidireccional
- Factor de carga ..... 100 %
- Nº de enlaces 2
- Nº de cables totales 4
- Tipo de cable subterráneo ..... Aislamiento seco XLPE
- Tipo de cable submarino ..... MIND 400kV
- Sección de conductor subterráneo ..... 2500 mm^2 Cu
- Sección de conductor submarino ..... 2500 mm^2 Cu
- Tipo de instalación:
  - Gatika – Mar Cantábrico ..... Zanja con tubos hormigonados
  - Mar Cantábrico – Límite terrestre Francia ..... cable submarino.
- Tipo de conexión de las pantallas metálicas ..... Directamente a tierra
- Longitud aproximada
  - Tramo en zanja terrestre en territorio español ..... 13 km aproximadamente
  - Tramo enlace Submarino (incluyendo tramo en aguas francesas) ..... 280km aproximadamente
  - Tramo enlace submarino en aguas españolas: ..... 93,5 km aproximadamente
- Términos municipales afectados
  - Excmo. Ayuntamiento de Gatika ..... 3,107 km
  - Excmo. Ayuntamiento de Maruri – Jatabe ..... 6,910 km
  - Excmo. Ayuntamiento de Lemoiz ..... 2,256 km
  - Excmo. Ayuntamiento de Mungia ..... 0,672 km

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Para ello se procederá a realizar las siguientes actividades:

- Preparación de caminos y vías de acceso a lugares de trabajo
- Excavación en zanja
- Entubado
- Ejecución del prisma hormigonado
- Colocación de elementos prefabricados de hormigón
- Relleno de zanjas
- Entibaciones y apuntalamientos
- Tendido del cable subterráneo bajo tubo y/o galería
- Tendido del cable submarino
- Obra civil tramo submarino
- Descargo de las instalaciones a conectar, zonas protegidas y de trabajo
- Conexionado del cable
- Retirar zonas de trabajo y protegidas, devolver descargo
- Pruebas y puesta en servicio

2.2 CONFORMIDAD PARA TAREAS DE MANTENIMIENTO POSTERIORES

El diseño y medios establecidos en la instalación, conforme se indica en el anteproyecto de ejecución, garantizan la seguridad de las futuras tareas de mantenimiento de la instalación, tal y como está establecido en los criterios de Ingeniería para el desarrollo de los proyectos de líneas de alta tensión.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.3 PRESUPUESTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y Nº OPERARIOS

Según consta en el Anteproyecto para esta Obra se considera que los trabajos requerirán los siguientes capítulos y presupuestos. En función de datos estadísticos de Obras similares y dado el volumen de excavación y la longitud de conductores a tender, se prevé el siguiente plazo de ejecución y número de operarios.

Actividad adjudicada a Contratas	Presupuesto (K€)	Plazo de Ejecución (meses)	Operarios previstos
Tramo Subterráneo			
- Obra Civil		8	18
- Tendido		6	14
Tramo Submarino			
- Obra Civil		12	28
- Transporte, tendido y protección		14	26
Presupuesto de Ejecución Material	> 450	Kilo €uros	
Punta de trabajadores	80	Trabajadores	
Volumen de mano de obra estimada	18560	Jornadas - hombre	

En virtud de estos valores y conforme a lo establecido en el art. 4 del R.D. 1627/1997 para Obras de Construcción o Ingeniería Civil, donde se expone que hay obligatoriedad de elaborar un Estudio de Seguridad en los casos en que se superen alguna de las de las circunstancias siguientes:

- Cuando el presupuesto total adjudicado de Obra supere 450 Kilo€uros
- Cuando la duración sea superior a 30 días y haya 20 o más trabajadores
- Cuando el Volumen de Mano de Obra supere 500 jornadas - hombre

Se procede a elaborar este Estudio de Seguridad y Salud.

Para determinar la exigencia del estudio de seguridad se ha incluido el costo de los equipos empleados en el presupuesto de ejecución por las Contratas. Se han contemplado aquellos equipos que estén asociados a las características propias o de uso de la obra adjudicada.

El presupuesto de ejecución por contrata contempla: *PEC = (PEM + GG + BI) x (1 + IVA)* donde:

PEC = presupuesto de ejecución por contrata.

PEM = presupuesto de ejecución material.

GG = gastos generales.

BI = beneficio industrial.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.4 ACTIVIDADES PARA EJECUCIÓN DEL ANTEPROYECTO

Este Estudio de seguridad contempla actividades diferenciadas según la siguiente clasificación:

Clave	Actividad
00	Gestión de la obra.
01	Ejecución de trabajos de obra civil de líneas aéreas
02	Ejecución de trabajos de armado e izado de apoyos de líneas
03	Ejecución de trabajos de tendido de conductores (engrapado y desengrapado, protección de cruzamientos)
07	Ejecución de trabajos de obra civil de líneas subterráneas
08	Ejecución de trabajos de tendido de cables aislados en zanjas y galerías
18	Ejecución de trabajos de comunicaciones en la red de cables (en FO´s)
22	Ejecución de trabajos de talas y desbroces
25	Estudios geotécnicos, topografía, termografía a pie, medidas de tierras

Se prevé que la Obra sea dividida en dos partes diferenciadas e independientes entre sí, lo cual supondrá que pueden intervenir de una a cuatro Empresas adjudicatarias como Contratistas Principales, cada una en una fase del Anteproyecto.

2.5 TRABAJOS PREVIOS, INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS

Los trabajos de Obra Civil en Zanjas y el Montaje de Cable Subterráneo y Conexionado no estarán interferidos entre sí, aunque se realicen por varias empresas, por ejecutarse ambos en fases secuencialmente distintas. Tampoco estarán interferidos los trabajos de tendido submarino y los trabajos de protección del cable aislado (obra civil), que se ejecutará posteriormente a este.

Los Planos y el resto de documentación que el Anteproyecto incorpora, relativos a la existencia y la situación de servicios, cables, cañerías, conducciones, arquetas, pozos y en general, de instalaciones y estructuras de obra soterradas o aéreas, tienen un carácter informativo y no garantizan la exhaustividad ni la exactitud y por lo tanto no serán objeto de reclamación por faltas y/u omisiones. No obstante, cuando se haga la reunión de lanzamiento de los trabajos se comprobará si hay interferencias no reflejadas en el anteproyecto.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La relación de servicios afectados por cruzamientos y paralelismos con la línea de transporte eléctrica y de comunicaciones será:

CRUZAMIENTO Nº	SERVICIOS CRUZADOS
1.1-1	Canalización Gas Pk 0 + 990 m
1.1-2	Canalización Gas PK 1 + 540m
1.1-3	Canalización de Gas Pk 1 + 640 m
1.1-4	Canalización de alumbrado Pk 1 + 705m
1.1-5	Canalización de pluviales Pk 1 + 708m
1.1-6	Ctra. BI-364 Pk 1 + 705m a pk 1 + 718 m
1.1-7	Río Butron Pk 1 + 785m a Pk 1 + 855m
1.1-8	Abastecimiento Ura Pk 1 + 880m
1.1-9	Río Butron Pk 2 + 502m a Pk 2 + 532m
1.1-10	Río Butron Pk 3 + 145m a Pk 3 + 185m
1.1-11	Saneamiento Pk 3 + 195m
1.1-12	Canalización de pluviales Pk 3 + 282m
1.1-13	Saneamiento Pk 3 + 284m
1.1-14	Canalización Iberdrola BT Pk 3 + 286m
1.1-15	Canalización Iberdrola MT Pk 3 + 287m
1.1-16	Telefónica Pk 3 + 288m
1.1-17	Saneamiento Pk 3 + 292m
1.1-18	Canalización de pluviales Pk 3 + 295m
1.1-19	Canalización de pluviales Pk 3 + 315m
1.1-20	Abastecimiento Ura Pk 3 + 331m
1.1-21	Telefónica Pk 3 + 336m
1.1-22	Canalización de pluviales Pk 3 + 338m
1.1-23	Saneamiento Pk 3 + 347m
1.1-24	Canalización de pluviales Pk 3 + 358m
1.1-25	Canalización de pluviales Pk 3 + 375m

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

CRUZAMIENTO Nº	SERVICIOS CRUZADOS
1.1-26	Telefónica Pk 3 + 475m
1.1-27	Canalización de pluviales Pk 3 + 484m
1.1-28	Saneamiento CABB Pk 3 + 570m
1.1-29	Camino Pk 3 + 600m a Pk 3 + 610m
1.1-30	Río Butron Pk 3 + 764m a Pk 3 + 795m
1.1-31	Canalización Gas Pk 0 + 812 m
1.1-32	Camino Pk 3 + 815m a Pk 3 + 835m
1.1-33	Carretera Pk 3 + 910m a Pk 3 + 990m
1.1-34	Saneamiento Municipal Pk 4 + 118m
1.1-35	Saneamiento Municipal Pk 4 + 255m
1.1-36	Saneamiento Municipal Pk 4 + 295m
1.1-37	Arroyo Pk 4 + 355m
1.1-38	Abastecimiento Udalsareak Pk 4 + 515m
1.1-39	Abastecimiento Udalsareak Pk 4 + 605m
1.1-40	Ctra. BI-2120 de Pk 4 + 608m a Pk 4 + 668m
1.1-41	Abastecimiento Udalsareak Pk 4 + 682m
1.1-42	Abastecimiento Udalsareak Pk 4 + 692m
1.1-43	Abastecimiento Udalsareak Pk 4 + 773m
1.1-44	Abastecimiento Udalsareak Pk 5 + 195m
1.1-45	Abastecimiento Udalsareak Pk 5 + 199m
1.1-46	Abastecimiento Udalsareak Pk 5 + 235m
1.1.47	Abastecimiento Udalsareak Pk 5 + 238m
1.1-48	Abastecimiento Udalsareak Pk 5 + 430m
1.1-49	Red abastecimiento Pk 5 + 435m
1.1-50	Arroyo Zaldizuri Pk 9 + 030m
1.1-51	Ctra. BI-3117 Pk 10 + 705m a Pk 10 + 713m
1.1-52	Red desconocida Pk 12 + 038m

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

CRUZAMIENTO Nº	SERVICIOS CRUZADOS
1.1-53	Red desconocida Pk 12 + 087m
1.1-54	Canalización Iberdrola MT Pk 12 + 112m
1.1-55	Tubería desconocida Pk 12 + 229m
1.1-56	Tubería desconocida Pk 12 + 297m
2.1-1	Gasoducto almacenamiento subterráneo Gaviota Pk 26 + 517 m

PARALELSMO Nº	SERVICIOS AFECTADOS
1.1-1	Canalización Gas Pk 1 + 000 m a Pk 1 + 195m
1.1-2	Abastecimiento Pk 11 + 155 m a Pk 11 + 630m

Además, el Contratista viene obligado a su propia investigación por lo que solicitará a los titulares de obras y servicios, planos de situación y localizará y descubrirá las conducciones y obras enterradas, por medio del detector de conducciones o por calas.

En caso de que se detectará la existencia de otras infraestructuras subterráneas o canalizaciones, se deberán mantener las siguientes distancias mínimas:

Canalizaciones de Agua	Canalizaciones de Gas	Cables Telecomunicaciones	Otros Cables de Energía Eléctrica
0,40 m.	0,20 m.	0,20 m.	0,25 m.

De ser así, se preverá el apuntalamiento o la sujeción de las mismas, para la prevención de fenómenos de rotura o desprendimientos.

Las adopciones de medidas de seguridad o la disminución de los rendimientos se considerarán incluidos en los precios y, por consiguiente, no serán objeto de abono independiente.

Si el plan de implantación de la obra comporta la desviación del tránsito rodado o la reducción de viales de circulación, se aplicarán las medidas definidas en la Norma de Señalización de Obras 8.3.

Los desplazamientos y las maniobras de la maquinaria prevista en Obra estarán condicionados por el entorno en que se muevan. La actuación en Prevención se realizará conforme a las normas indicadas en este documento en los apartados que les afecten.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

En el caso de los trabajos de Obra Civil de las cimentaciones, del Armado e Izado de las torres y del Montaje de Equipos no estarán interferidos entre sí al ser cada uno tarea siguiente de la anterior. Sin embargo habrá que prever las posibles concurrencias con los trabajos desarrollados por otras empresas contratistas o con las tareas de mantenimiento y explotación de las instalaciones de entrada y salida. La actuación en prevención se realizará conforme a las normas indicadas en este documento en los apartados que les afecten.

Los trabajos se realizarán bajo la dirección, control y seguimiento del técnico o técnicos encuadrados en el Equipo del Anteproyecto, según asignación de la Dirección de Ingeniería y la Dirección de Construcción.

2.6 CONTROL DE ACCESOS

En el Plan de Seguridad el Contratista definirá: las desviaciones y pasos provisionales para vehículos y peatones, los circuitos y tramos de señalización, la señalización, las medidas de protección y detección, los pavimentos provisionales, las modificaciones que comporta la implantación de la obra y su ejecución, diferenciando, si es oportuno, las diferentes fases de ejecución. A estos efectos, se tendrá en cuenta lo que determina la Normativa.

Cuando corresponda, de acuerdo con las previsiones de ejecución de las obras, se diferenciará con claridad y para cada una de las diferentes fases de la obra, los ámbitos de trabajo y los ámbitos destinados a la circulación de vehículos y peatones, de acceso a edificios y vados, etc., y se definirán las medidas de señalización y protección que corresponda a cada una de las fases.

Deberá señalizarse toda la excavación con elementos adecuados a la intemperie. Si se establece la existencia de lugares de paso, estarán protegidos con elementos de resistencia garantizada.

Se colocará la señalización adecuada a lo largo de las excavaciones y para informar al personal ajeno de la prohibición de acceder a la obra.

Solo es personal de obra, aquel que está incluido en el Plan de Seguridad aprobado al Adjudicatario.

2.7 UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN LA OBRA

2.7.1 Gestión de la obra

UC: Preparación de los trabajos

La preparación de los trabajos se manifestará mediante la reunión de lanzamiento en la que participarán todas las unidades intervinientes, incluso los contratistas adjudicatarios.

Se analizarán si existen imposiciones externas (administrativas, de licencias, de permisos,…) que afecten a la prevención de riesgos y en consecuencia se acordarán las actuaciones a seguir admitiéndose que no serán atendidos aquellos condicionantes que afecten negativamente a la prevención de riesgos laborales.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Se determinará qué trabajos habrán de realizarse con otras líneas existentes en servicio, y cuáles no. Para los trabajos con las líneas en servicio, deben adoptarse las medidas preventivas que se establecen en la normativa sobre riesgo eléctrico.

Si se viera la necesidad de realizar trabajos sin tensión, se indicará que serán aplicables los procedimientos de REE que permitan realizar el descargo de las líneas, y a continuación crear la zona protegida y la zona de trabajo. Se expondrá de forma dominante la funcionalidad de la Autorización de Trabajos y la participación del jefe de trabajos del contratista.

Esta UC no tiene riesgos identificados.

UC: Seguimiento de los trabajos

La estructura organizativa que se haya establecido realizará seguimiento in situ de la obra, desde su inicio hasta su finalización, verificando de forma razonable las medidas preventivas establecidas para la ejecución de los trabajos.

Esta UC tiene riesgos identificados que se exponen más adelante.

UC: Puesta en Servicio

Esta unidad constructiva forma parte de la gestión de obra y supone la realización de las pruebas previas a conectar eléctricamente las subestaciones conversoras. Es pues la fase final de los trabajos.

Para la realización de trabajos de pruebas o energizado de una parte, o de la totalidad, de una Instalación todos los trabajos de construcción se habrán dado por terminados, permaneciendo solo una brigada de apoyo para resoluciones de tareas no detectadas.

En esta unidad constructiva la instalación será la unidad de Mantenimiento la responsable de la instalación y se actuará conforme a las premisas siguientes:

- Los elementos de corte que sean frontera entre la instalación y la que está en servicio (en explotación) deben estar abiertos, bloqueados y señalizados como consecuencia de un descargo, o en su caso desmontados.
- La instalación en Construcción permanecerá bajo la responsabilidad del Técnico asignado hasta en tanto este no indique la finalización de los trabajos a su Director de Anteproyecto para que se lo comunique a la Unidad de Mantenimiento correspondiente.
- La comunicación de que los trabajos han finalizado se hará con constancia escrita e indicando claramente que en lo que se refiere a la actividad de construcción, la instalación no tiene ningún impedimento de materiales, equipos o personas trabajando, para poder ser sometida a tensión por primera vez.
- A partir de la entrega, la nueva instalación pasará a depender de la Unidad de Mantenimiento. Desde ese momento, ninguna actividad puede iniciarse en su Área de Proximidad, sin el conocimiento y autorización escrita de la Unidad de Mantenimiento.
- Si otros trabajos de Construcción persisten en posiciones contiguas a la de la P.E.S, la Unidad de Mantenimiento gestionará un Descargo para bloquear y señalizar los elementos de corte que pasan a ser posibles fuentes de tensión. Informará de la nueva situación al Técnico de Construcción.

Esta UC tiene riesgos identificados que se exponen más adelante.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.7.2 Ejecución de trabajos de talas y desbroces

UC: Trabajos de talas y desbroces

Esta unidad constructiva es complementaria de los trabajos de tendido y complementaria para facilitar el tendido de pilotos y cables eléctricos.

Supone preparar la traza de la línea para garantizar la distancia de aislamiento una vez se ponga la instalación en servicio.

- **A masas de arbolado** $1,5 + D_{el}$ min. 2 m RLAT ITC 07

Los trabajos de talas y desbroces se realizarán por equipos profesionales

Esta UC tiene riesgos identificados que se exponen más adelante

2.7.3 Ejecución de trabajos de obra civil de líneas subterráneas

UC: Caminos y vías de acceso

La adecuación y preparación necesaria de los caminos para el tránsito de vehículos y maquinaria de obra debe garantizar la circulación segura de los mismos.

La preparación de los caminos se realizará con dominancia de medios mecánicos, de forma que la presencia de operarios reduzca al máximo

Esta UC tiene riesgos identificados que se exponen más adelante.

UC: Zanja

Según se indica en el anteproyecto técnico,

El tipo de canalización a utilizar será conducción en zanja con los cables entubados y los tubos embebidos en hormigón. Cada uno de los dos enlaces de que consta la línea subterránea se tenderá en una zanja independiente, separadas una distancia de dos metros entre ejes, suficiente para reducir la influencia térmica entre los dos.

Sobre el eje de las dos zanjas se construirá un camino de 4 m de ancho a base de zahorras para evitar usos indebidos sobre el trazado, por ejemplo campos de cultivos, que pudieran poner en peligro la línea. En aquellos puntos donde el trazado discurra bajo suelo asfaltado una vez realizada y rellenada la zanja se repondrá el firme existente previamente a la realización de la canalización.

La zanja por la que discurrirán la línea subterránea será la indicada en el plano Nº INELLSZ001 del documento Nº 3 Planos del presente anteproyecto. Cada una de las zanjas tendrá unas dimensiones de 1 m de anchura con una profundidad de 1,5 m.

Se instalarán en cada zanja los dos cables de potencia de un mismo enlace. Cada cable irá en el interior de un tubo y los tubos serán independientes entre sí, siendo sus características principales:

Tubo de polietileno de alta densidad, rígidos corrugados de doble pared, lisa interna y corrugada la externa.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Diámetro exterior de 250 mm. En general, se debe cumplir que el diámetro interior del tubo sea 1,5 veces mayor que el diámetro del cable de potencia.

Tramos de 6 m de longitud, con uniones entre tubos mediante manguitos con junta de estanqueidad.

Para la instalación de los cables de fibra óptica necesarios para las comunicaciones entre la estación conversora de Gatika y la de Cubnezais (extremo de la línea en el lado de Francia) se colocarán dos tubos de telecomunicaciones de 40 mm de diámetro exterior situados simétricamente por encima de los cables de potencia y próximos a los bordes exteriores de cada zanja.

Los tubos de telecomunicaciones serán de color exterior verde e interior blanco siliconado y estriado, espesor 3 mm, presión nominal 10 bar y coeficiente de rozamiento menor 0,08.

Adicionalmente se colocará un tubo adicional de 40 mm de diámetro de características similares a los de comunicaciones próximo a uno de los tubos de los cables de potencia en cada una de las zanjas. Este tubo contendrá el cable de fibra óptica utilizado para el sistema de monitorización de temperatura del enlace (DTS).

Los cambios de dirección del trazado del tramo subterráneo se intentarán realizar con radios de curvatura no inferiores a 12,5 m (50 veces el diámetro exterior del tubo) con motivo de facilitar la operación de tendido.

Se deberá tener especial cuidado en la colocación de los tubos evitando rebabas y hendiduras producidas por el transporte de los mismos, realizando una inspección visual antes de montar cada tubo, desechando los tubos que presenten fisuras, aplastamiento o cualquier tipo de defecto.

Las uniones de los tubos deberán tener un sellado eficaz con objeto de evitar que a través de las mismas puedan penetrar materiales sólidos o líquidos procedentes de los trabajos a realizar durante la obra civil o posteriormente que pudieran dificultar el desarrollo normal de las operaciones de tendido de los cables (agua, barro, hormigón, etc.).

Durante el trabajo de colocación de los tubos se deberá instalar en su interior una cuerda guía para facilitar el posterior mandrilado de los tubos. Estas guías deberán ser de nylon de diámetro no inferior a 10 mm para los tubos destinados a alojar los cables de potencia y de 6 mm para los tubos de los cables de telecomunicaciones y DTS.

Una vez colocados los tubos de los cables de potencia y los del sistema DTS, inmovilizados y perfectamente alineados y unidos se procederá al hormigonado de los mismos, sin pisar la canalización, vertiendo y vibrando el hormigón de calidad HM-20/B/20 al menos en dos tongadas. Una primera para fijar los tubos y otra para alcanzar la cota de hormigón especificada según el plano de la zanja.

Los tubos quedarán totalmente rodeados por el hormigón constituyendo un prisma de hormigón que tiene como función la inmovilización de los tubos y soportar los esfuerzos de dilatación-contracción térmica o los esfuerzos de cortocircuito que se producen en los cables.

A continuación, se procederá a la colocación de los tubos de los cables de telecomunicaciones, y una vez inmovilizados y perfectamente alineados se procederá al hormigonado de los mismos, sin pisar la canalización, vertiendo y vibrando el hormigón de calidad HM-20/B/20 hasta obtener el dado de hormigón según se especifica para los cables de telecomunicaciones en el plano de la zanja.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Una vez hormigonada la canalización se rellenará la zanja, en capas compactadas no superiores a 250 mm de espesor, con tierra procedente de la excavación, arena, o todo-uno normal al 95% P.M. (Proctor Modificado). Dentro de la capa de relleno, sobre cada uno de los tubos de telecomunicaciones se instalará una cinta de polietileno de 150 mm de ancho, indicativa de la presencia de cables de fibra óptica. Igualmente, en dicha capa de relleno a una distancia de 150 mm del firme existente, se instalarán las cintas de polietileno de 150 mm de ancho, indicativas de la presencia de cables eléctricos de alta tensión.

Por último, se procederá al vertido de una capa de zahorras de 300 mm compactada al 98% P.M. para la realización de la plataforma de 4 m de ancho que quedará situada sobre la línea salvo en aquellos casos en los que el doble enlace discurra bajo suelo asfaltado en cuyo caso se procederá a la reposición del firme existente. Las reposiciones de pavimentos se realizarán según las normas de los organismos afectados, con reposición a nuevo del mismo existente antes de realizar el trabajo. Con carácter general la reposición de la capa asfáltica será como mínimo de 70 mm, salvo que el organismo afectado indique un espesor superior.

Una vez finalizada la obra civil, para comprobar que se ha realizado adecuadamente, se realizará el mandrilado de todos los tubos en los dos sentidos. Para realizar dicho mandrilado se emplearán mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo.

El mandril deberá recorrer la totalidad de los tubos y deslizarse por ellos sin aparente dificultad. El mandril deberá arrastrar una cuerda guía que servirá para el tendido del piloto que se empleará posteriormente en el tendido de los cables. La cuerda guía deberá ser de nylon de diámetro no inferior a 10 mm para los tubos de los cables de potencia y de diámetro no inferior a 6 mm para los tubos de la FO.

Una vez hayan sido mandrilados todos los tubos sus extremos deberán ser sellados con espuma de poliuretano o tapones normalizados para evitar el riesgo de que se introduzca cualquier elemento (agua, barro, roedores, etc.) hasta el momento en que vaya a ser realizado el tendido de los cables.

Esta UC tiene riesgos identificados que se exponen más adelante.

UC: Cámaras de empalmes

Las cámaras de empalme serán prefabricadas o de realización in-situ y cada una de ellas albergará únicamente empalmes del mismo enlace. Serán del tipo no visitable y una vez confeccionados los empalmes se rellenarán de arena seleccionada de forma que en caso de defecto en un empalme esta absorba le energía liberada y minimice su impacto. Existirán dos tipos de cámaras de empalme, unas con puesta a tierra de las pantallas metálicas de los cables y otras en la que los empalmes que albergan no son seccionados y por tanto no es necesaria la realización de un anillo perimetral de tierras.

Las dimensiones exteriores aproximadas de las cámaras de empalme serán 2,2 m ancho x 1,15 m alto x 12,9 m largo, estando situada su base a una profundidad de 2 m. Las cámaras de empalme de ambos enlaces se evitaran situarse en paralelo, para minimizar las afecciones, conforme a lo representado en el plano nº INELLSC001 y en el plano nº INELLSC002 del documento Nº 3 Planos del presente anteproyecto.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622 2MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Las bobinas de cables serán transportadas hasta algunas de las cámaras de empalme donde se realizarán plataformas adecuadas para permitir su ubicación y el tendido del cable. En otras cámaras se realizarán plataformas más reducidas para el posicionamiento de las máquinas de tiro que podrán consistir en una simple compactación del terreno. En determinados casos las cámaras llevarán una plataforma para las bobinas en uno de sus extremos y en el otro una plataforma para la cámara de tiro.

Una vez construida o colocada la cámara de empalme en su sitio –según éstas sean de fabricación *in situ* o prefabricadas- se procederá a la conexión de los distintos tubos de la canalización con la cámara. Tras ello se procederá a su sellado. En los planos nº INELLSC001 y nº INELLSC002 del documento Nº 3 Planos del presente anteproyecto se indica la disposición de los tubos y las conexiones con las arquetas de fibra óptica y de puesta a tierra, esta última cuando proceda.

Para finalizar estas tareas se rellenará el espacio entre la cámara y el terreno con tierra procedente de la excavación, arena, o todo-uno normal al 95% P.M. (Proctor Modificado). Dentro de la capa de relleno, relleno a una distancia de 150 mm del firme existente, se instalarán las cintas de polietileno de 150 mm de ancho, indicativas de la presencia de cables eléctricos de alta tensión.

Por último, se procederá al vertido de una capa de zahorras de 300 mm compactada al 98% P.M. en todo el ancho correspondiente a la ocupación permanente de la cámara de empalme.

Esta UC tiene riesgos identificados que se exponen más adelante

UC: Arquetas de telecomunicaciones

Para poder realizar los empalmes de los cables de fibra óptica necesarios para las comunicaciones entre las estaciones conversoras y como ayuda para el tendido de los mismos se requiere la instalación de arquetas de telecomunicaciones.

Las arquetas de comunicaciones albergarán las cajas de empalme tanto de los cables de fibra óptica para las telecomunicaciones como de los cables de fibra óptica para el sistema de monitorización de la temperatura (DTS) en aquellos casos en que sea necesario realizar dichos empalmes. En el resto de los casos las arquetas de telecomunicaciones se instalarán únicamente con la finalidad de servir de ayuda al tendido.

Por cada uno de los enlaces se instalará una arqueta de telecomunicaciones en cada cámara de empalme y al inicio y al final de las perforaciones dirigidas, próximas a los dos tubos más exteriores. En el caso de que la cámara de empalme se encuentre próxima a una perforación dirigida no se instalarán las arquetas de telecomunicaciones en la cámara de empalme.

La arqueta será de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) con nervaduras exteriores para soportar la presión exterior.

La arqueta se empleará como “encofrado perdido” rellenando sus laterales, tanto paredes como solera, con hormigón HM/20/P/20 de 25 cm de espesor mínimo. La pared de hormigón deberá ser continua desde el suelo hasta recoger el cerco de la tapa de fundición.

La arqueta de telecomunicaciones dispondrá de tapa de función tipo D-400.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Los tubos de telecomunicaciones se instalarán en una única pieza (sin empalmes) entre las arquetas de telecomunicaciones, siendo pasantes en aquellas que sólo sirvan de ayuda al tendido.

El corte de los tubos de telecomunicaciones en el interior de las arquetas se realizará a 30 cm de la pared interior.

UC: Perforación dirigida

La perforación horizontal dirigida es una técnica que permite la instalación de tuberías subterráneas mediante la realización de un túnel, sin abrir zanjas y con un control absoluto de la trayectoria de perforación.

Este control permite librar obstáculos naturales o artificiales sin afectar al terreno, con lo cual se garantiza la mínima repercusión ambiental al terreno.

La trayectoria de perforación se realiza a partir de arcos de circunferencia y tramos rectos.

La perforación dirigida se puede ver como una secuencia de cuatro fases.

Fase 1 – Disposición

La perforación puede comenzar desde una pequeña cata, quedando siempre la máquina en la superficie, o bien desde el nivel de tierra. En esta primera fase se determinarán los puntos de entrada y de salida de la perforación, ejecutando las catas si procede, y se seleccionará la trayectoria más adecuada a seguir.

Fase 2 – Perforación piloto

Se van introduciendo varillas, las cuales son roscadas automáticamente unas a otras a medida que va avanzando la perforación. En el proceso se van combinando adecuadamente el empuje con el giro de las varillas con el fin de obtener un resultado óptimo.

Para facilitar la perforación se utiliza un compuesto llamado bentonita. Esto es una arcilla de grano muy fino que contiene bases y hierro. La bentonita es inyectada a presión por el interior de las varillas hasta el cabezal de perforación siendo su misión principal refrigerar y lubricar dicho cabezal y suministrar estabilidad a la perforación. En esta perforación piloto, la cabeza está dotada de una sonda, de manera que mediante un receptor se puede conocer la posición exacta del cabezal.

La perforación piloto se deberá realizar a la profundidad apropiada para evitar derrumbamientos o situaciones donde los fluidos utilizados pudieran salir a la superficie. La trayectoria se puede variar si fuese necesario debido a la aparición de obstáculos en la trayectoria marcada.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Fase 3 – Escariado

Una vez hecha la perforación piloto se desmonta el cabezal de perforación. En su lugar se montan conos escariadores para aumentar el diámetro del túnel. Se hacen tantas pasadas como sea necesario aumentando sucesivamente las dimensiones de los conos escariadores, y así el diámetro del túnel.

Este proceso se realiza en sentido inverso, es decir, tirando hacia la máquina.

Fase 4 – Instalación de la tubería

Finalmente se une la tubería, previamente soldada por termofusión en toda su longitud, a un cono escariador-ensanchador mediante una pieza de giro libre de modo que va quedando instalada en el túnel practicado.

Los cables de potencia irán instalados dentro de tubos de polietileno de alta densidad (PEHD Ø250 PN10 PE100) en color negro con banda azul según norma UNE-12201.

Se instalarán a su vez dos monotubos de comunicaciones por enlace más un monotubo adicional para el sistema de monitorización de la temperatura. Los tres monotubos se instalarán junto al cable HVDC más externo de cada enlace. Estos monotubos serán de polietileno de alta densidad (PEHD DN40 mm PN16 PE100) negros banda azul norma UNEEN12201.

En el interior de los tubos destinados a los cables de potencia se instalará una cuerda guía de nylon de 10 mm en los tubos de los cables de potencia y de 6 mm en los tubos de los cables de comunicaciones y DTS.

UC: Entibaciones y Apuntalamientos

Se procederá a la entibación de las zanjas, cuya profundidad supere a 1,3 m., mediante los procedimientos propuestos por la empresa contratista de obra civil.

Además, en esta fase deberán apearse mediante la colocación de puntales o la sujeción mediante bragas de obra las conducciones interceptadas de abastecimiento, saneamiento y otros servicios afectados en el trazado de la zanja.

Mediante esta protección y con los medios auxiliares utilizados para lo descrito anteriormente podrá realizarse el hormigonado del prisma en la parte inferior de la misma.

Esta UC tiene riesgos identificados que se exponen más adelante

UC: Reposición de Pavimentos

Es la fase final de la obra civil, en la cual se procederá a restablecerse, en las condiciones que el caso lo determine el pavimento definitivo que existirá sobre la zanja realizada. La unidad contemplada incluye la realización tanto de pavimentos continuos (hormigón, aglomerado asfáltico, etc.) como discontinuos (aplacado de losetas, adoquines, etc.), mediante la utilización de la maquinaria específica para cada caso.

Esta UC tiene riesgos identificados que se exponen más adelante

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.7.4 Ejecución de trabajos de tendido de cables aislados en zanjas

UC: Tendido de cables aislados y conexionado

El tendido de los cables de potencia consiste en desplegar los mismos a lo largo de la línea, pasándolos por los rodillos o tubos situados en la canalización. Antes de empezar el tendido de los cables habrá que limpiar el interior del tubo, asegurar que no haya cantos vivos, aristas y que los tubos estén sin taponamientos. Con este fin antes de iniciar el tendido de los cables se realizará un nuevo mandrilado de todos los tubos de la instalación utilizando los mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo cuyas dimensiones se indican en el Documento 3 - Planos, en los planos LSMA002, LSMA004 y LSMA005 del Anteproyecto.

Esta UC posee medidas preventivas específicas que se exponen más adelante.

2.7.5 Arquetas de puesta a tierra

En las cámaras que alberguen empalmes con puesta a tierra de pantallas se instalará adosada a la cámara de empalme una arqueta de P.aT. conforme a lo indicado en el en el plano nº 7983LSC001 del documento Nº 3 Planos del presente anteproyecto.

En estas arquetas se instalarán las cajas de P.aT. de conexión directa de las pantallas de los cables. Estas arquetas tendrán unas dimensiones interiores de 1600 x 1100 x 1150 mm (largo x ancho x alto) y podrán ser prefabricadas o de construcción in situ.

Estas arquetas irán adosadas a la cámara de empalme y situadas en uno de sus extremos, en sentido longitudinal, de forma que las arquetas correspondientes a los dos diferentes enlaces se encuentren en los extremos opuestos de sus respectivas cámaras (en un caso al comienzo y en el otro al final) con la finalidad de poder llevar las canalizaciones de fibra óptica por entre las dos cámaras de empalme del doble enlace según se indica en el en el plano nº 7983LSC001 del documento Nº 3 Planos del presente anteproyecto.

Esta UC tiene riesgos identificados que se exponen más adelante

2.7.6 Obra civil tramo submarino

Los cables submarinos irán posados sobre el fondo y parcialmente enterrados bajo terreno arenoso.

El método proyectado de soterramiento de los cables en el fondo se denomina “jetting”, y se realizará posteriormente al tendido. Se utilizará un barco desde el que se manejará remotamente un vehículo submarino que descenderá hasta colocarse sobre el cable. El citado submarino irá provisto de un mecanismo de chorros de agua a alta presión, que licuará el terreno bajo y alrededor del cable, permitiendo que el cable se hunda a través de los sedimentos en suspensión hacia el fondo de la zanja según el mecanismo avanza hacia adelante. Cuando la máquina se haya desplazado suficientemente para que la presión del agua en la zanja sea la normal, los sedimentos en suspensión se asentarán en el fondo, solidificándose de nuevo y rellenando por sí mismos la zanja.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Este método es válido para la mayor parte del trazado, con sedimentos arenosos o blandos.

Los riesgos asociados a esta UC se identificarán según los medios a emplear por el contratista y quedarán reflejados en el Plan de Seguridad y Salud que el mismo elabore.

2.7.7 Tendido tramo submarino

Después de la fabricación y ensayos en fábrica de los cables submarinos, éstos serán transferidos a grandes plataformas giratorias en las fábricas y desde allí se cargarán directamente a las plataformas de los barcos encargados del tendido.

Los barcos estarán equipados con sistemas de posicionamiento GPS dinámicos para seguir exactamente las trayectorias prefijadas y mantenerse fijos cuando las condiciones del mar requieran suspender durante unas horas los trabajos de tendido.

El método de tendido, a grandes rasgos, puede describirse como sigue:

Para comenzar las operaciones de tendido el barco se situará lo más cerca posible de la costa en línea con la dirección de la ruta a seguir por los cables. El barco, para mantener la posición preestablecida sin necesidad de muertos o amarres, utilizará su propio sistema de posicionamiento dinámico.

Cuando el barco esté situado correctamente, el cable submarino será lentamente cargado desde el barco con una serie de flotadores hinchables y tendido hacia la costa por medio de botes auxiliares. Del mismo modo, desde la máquina de tiro instalada en tierra, se tenderá un cable piloto de tiro con otro bote auxiliar. El número de botes auxiliares necesarios para realizar esta operación dependerá de las condiciones atmosféricas y la distancia de flotación necesaria.

Cuando se alcance aproximadamente la profundidad de 1.5 – 2 m el cable piloto será conectado al extremo o al cabezal del cable submarino. Entonces se empezará a tirar del cable piloto hasta la máquina de tiro situada en tierra detrás del punto del empalme de transición entre el cable submarino y el cable subterráneo, mientras que simultáneamente el barco va entregando más cable en los flotadores hinchables.

Una vez finalizada la operación de tendido en la costa el cable será sumergido en el fondo del mar por buceadores especializados que irán retirando los flotadores hinchables del cable. La retirada de los flotadores se realizará partiendo del barco hacia la costa, permitiendo así que los submarinistas posicionen el cable en el fondo del mar.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Una vez preparada la salida del cable submarino, el barco procede a recorrer la traza del cable correspondiente hasta la llegada en la costa. Para el tendido del cable el barco avanza lentamente siguiendo la traza del mismo, desenrollando el cable desde la bodega del barco de forma paulatina y ajustada al avance del mismo. El cable abandona la bodega y siguiendo las poleas y guías dispuestas en la cubierta, cuelga por la popa y siguiendo una amplia curva, se deposita en el fondo del mar siguiendo la estela del navío. El peso del cable hace que se sitúe exactamente en la traza definida.

En su avance el barco de tendido va depositando el cable en el fondo, siguiendo en todo momento la trayectoria prefijada, utilizando para ello el sistema de posicionamiento dinámico. La navegación estará basada en el uso del DGPS (Diferencial Global Positioning System). El GPS es un sistema de medida de distancia donde el receptor, situado a bordo del barco de tendido, mide la distancia simultáneamente de todos los satélites GPS sobre el horizonte.

El tendido del cable estará basado en el perfil del fondo marino e información obtenida del informe marino desarrollado antes del tendido y posterior estudio realizado sobre los parámetros de tendido.

Por lo tanto, para poder comparar los valores precalculados y asegurar que el cable es tendido adecuadamente sobre el fondo marino según el trazado previsto, se monitorizará desde el barco cablero con la siguiente información:

- Posicionamiento del barco de tendido.
- Posición del vehículo de control remoto (ROV).
- Velocidad de suministro del cable.
- Tensión del cable y ángulo de la bobina de tendido.
- Longitud del cable ya tendido.
- Profundidad.
- Velocidad y dirección del viento.

Durante el tendido se realizará una monitorización del posicionamiento del cable en el lecho marino (touch down monitoring), es decir, se realizará la detección del punto de contacto o posado del cable mediante un vehículo de control remoto para posibilitar pequeños ajustes de trazado con los que evitar apoyar sobre obstáculos aislados y evitar los “free spans”, vanos libres entre apoyos del cable en irregularidades locales del fondo marino. El ROV operará desde un barco de apoyo independiente con su propio sistema de posicionamiento dinámico.

Esto se realizará de forma continua salvo en la zona de gran profundidad (y menores irregularidades) con el objeto de reducir al máximo la duración de las campañas de tendido de los cables ya que el ROV tiene mayores restricciones meteorológicas que el barco cablero.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

En las proximidades del punto de llegada a tierra y antes de comenzar las operaciones terrestres, el barco se alejará cuidadosamente de la alineación de la ruta final del cable de forma que deje su popa libre para las operaciones de tendido y será situado en su posición final utilizando su sistema de posicionamiento dinámico.

Cuando el barco esté correctamente asegurado en su posición final, el cable flotará en un amplio bucle con la ayuda de flotadores y buceadores hasta que haya una suficiente longitud de cable fuera del barco.

Al ser el cable de mayor longitud que la necesaria para su tendido, el mismo será cortado y sellado a bordo, procediéndose entonces al tendido del lazo mediante botes auxiliares hacia tierra.

Cuando se alcance aproximadamente la profundidad de 1.5 – 2 m el cable piloto será conectado al extremo o cabezal del cable submarino. Entonces, se empezará a tirar del cable piloto desde la máquina de tiro situada en tierra detrás del punto de empalme entre el cable submarino y el cable subterráneo.

La retirada de los flotadores se realizará partiendo desde el barco hacia la costa, permitiendo así que los submarinistas posicionen el cable en el fondo del mar.

Los riesgos asociados a esta UC se identificarán según los medios a emplear por el contratista y quedarán reflejados en el Plan de Seguridad y Salud que el mismo elabore.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.8 OFICIOS INTERVINIENTES

Se considera que en el emplazamiento, para la ejecución del anteproyecto, intervendrán de forma frecuente, muy frecuente o permanente los siguientes oficios, sin considerar el listado exhaustivo.

Otros intervinientes que de forma esporádica acudan al emplazamiento, tendrán la consideración de visitantes y su actuación en cualquier punto de la obra será siempre guiada por personal con responsabilidad y en todo caso su acceso y permanencia estará restringida a lugares y zonas de riesgo limitado.

Oficios	Clave actividad (ver 2.4)
Técnicos de prueba y control	00
Supervisores de obra	00
Encargados de Obra	00
Ayudantes de obra	00
Administrativos	00
Topógrafos	00,01,07,25
Técnicos de Prevención	00,02,03,07,08,25
Gruista	01,02
Conductores	01,02
Operario hormigonado	01,07
Maquinista de retroexcavadora y perforadoras	01,07
Albañiles	01,07
Peones especialistas	01,02,07,08,22,25
Jefes de Trabajo	01,02,03,07,08,22,25
Montadores de líneas AT	02,08
Operador camión-grúa	02,03,08
Maquinista de tendido	03,08
Operario TET	03,08
Ferrallistas	07
Encofradores	07
Soldadores	07,08
Tuberos	08
Montadores electromecánico	08
Instaladores electricistas	08
Taladores	22

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Oficios	Clave actividad (ver 2.4)
Motoserrista	22
Maquinista desbrozadora	22
Desbrozador	22
Astilladores	22

2.9 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

La identificación es pieza básica de la prevención porque en función de sus resultados ha de diseñarse la planificación de la actividad preventiva.

2.10 EVALUACIÓN DE RIESGOS

La evaluación de los riesgos está realizada considerando que las actividades se realizan con los medios, con la iluminación, con los accesos, con las técnicas y con los entornos más favorables posibles; conforme a lo establecido en la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

La finalidad general de la evaluación de riesgos es la de dar cumplimiento al derecho que tienen los trabajadores a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Los objetivos concretos de la evaluación son:

La eliminación o evitación de los riesgos.

La reducción de los riesgos cuando no sea posible su eliminación.

• Controlando periódicamente las condiciones de trabajo

• Interponiendo medidas correctoras.

Esta evaluación se aplica a todas las tareas que forman parte de la actividad.

La evaluación de riesgos que aquí se contempla ha de ser verificada en la Obra una vez que esta haya comenzado y se puedan controlar entre otros, aspectos como:

- Si se ha establecido la estructura organizativa de la obra prevista en este Estudio
- La organización y control del trabajo que cada empresa adjudicataria tiene establecidas, lo que influye en la magnitud de los riesgos.
- Si se dispone del material de seguridad y es utilizado eficazmente por los trabajadores
- Si los trabajadores han sido formados y han asumido el conocimiento.
- Si los trabajadores han sido informados de los riesgos previsibles
- Si se emplean los equipos de trabajo y son conformes a la normativa de seguridad.
- Si se trabaja conforme a los criterios de seguridad establecidos en este estudio y en la normativa legal aplicable.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- La inadecuación de los puestos de trabajo a las características de los trabajadores especialmente sensibles a ciertos riesgos.
- Si se exigen y verifican criterios similares de seguridad a subcontratista.

La valoración de riesgos en cada momento se realizará mediante inspecciones de los trabajos. Para ello se establecen criterios de inspección en el “Seguimiento y Control de los Trabajos”

Las Empresas Contratistas adjudicatarias de los trabajos deben disponer de una Valoración de Riesgos genérica concerniente a la actividad que se le adjudique donde se hayan establecido los riesgos previsibles en función de los parámetros anteriormente señalados.

2.10.1 Alcance de la identificación inicial

La identificación de los riesgos asociados a cada una de las actividades de construcción de Líneas supone el estudio previo y el conocimiento de:

Las condiciones generales del trabajo inherentes a los lugares donde se desarrollen, a las máquinas y equipos que se manejen, a las instalaciones próximas existentes y a los agentes físicos, químicos y biológicos que puedan existir.

Las características de organización y control del trabajo que cada Empresa tiene establecidas, lo que influye en la magnitud de los riesgos.

La inadecuación de los puestos de trabajo a las características de los trabajadores especialmente sensibles a ciertos riesgos.

Se consideran Riesgos Generales y como tales están presentes en cualquier actividad de construcción de líneas los de la siguiente relación no exhaustiva:

- En levantamiento y transporte de cargas manualmente, se pueden producir lesiones musculares, atrapamiento, cortes, etc.
- Heridas y punzamientos en pies, manos y otras partes del cuerpo debido a la existencia de elementos punzantes y cortantes (ferralla, clavos, flejes, perfiles).
- Caídas al mismo nivel durante los desplazamientos alrededor del apoyo.
- Choques o golpes por pisadas sobre objetos
- Atropellos, vuelcos, golpes, choques, etc., debido a la circulación de vehículos por las pistas de acceso.
- Proyección de materiales hacia la cara, ojos y otras partes del cuerpo, en excavaciones sobre terreno rocoso utilizando herramientas percutoras.
- Atrapamiento por desprendimientos de tierra en excavación del hoyo, por sobrecarga de los bordes o por variación de la densidad del terreno.
- Caídas a distinto nivel por trabajos realizados al borde del hoyo excavado.
- Tropiezos, caídas y torceduras debido a lo irregular del terreno y en muchos apoyos a lo limitado del espacio disponible para aprovisionamiento de materiales.
- Atrapamiento por desprendimientos de tierra por sobrecarga de los bordes de la excavación, por variación de humedad de terrenos o por excavaciones bajo nivel freático.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Caída de objetos pesados sobre personas, golpes en maniobras, etc., durante el levantamiento de elementos constructivos con grúa.
- Caídas a distinto nivel durante las operaciones de ascenso y descenso de zanjas y de apoyos.
- Caídas a distinto nivel por lo específico de los trabajos en altura sobre las plataformas de trabajo y apoyos terminales.
- Atrapamiento por maquinaria durante el proceso de tendido de cables aislados.
- Riesgos eléctricos, debidos a la proximidad de elementos en Alta Tensión (A.T.), lo que puede ocasionar daños por contactos directos y arcos eléctricos.
- Riesgos eléctricos derivados de la inducción producida por los cruzamientos con líneas eléctricas ya existentes.
- Riesgos eléctricos, debidos a no haber puesto previamente las instalaciones de A.T. en condiciones de trabajar en las mismas modificando su topología o estableciendo áreas de intervención.
- Riesgos a terceros, derivados de la intromisión descontrolada de terceros en la proximidad de algún apoyo, que por las características de linealidad en la Obra no es posible vallar.
- Otros riesgos pueden ser: problemas de las vías respiratorias en atmósferas cargadas de polvo, excesivo nivel acústico en el uso de algunas herramientas, etc.

En las tablas siguientes se indican de forma más exhaustivas las situaciones de riesgo que van a presentarse. El Adjudicatario de los trabajos debe tenerlas en cuenta para reflejarlas en su Plan de Seguridad y darlas a conocer a sus empleados y a sus subcontratistas.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622 2MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Seguimiento de los trabajos de líneas
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Agresión de animales	Picadura de insectos Ataque de perros Agresión por otros animales.
Caídas de personas a distinto nivel	Caída por desniveles, zanjas, taludes, etc.
Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el suelo. Caída por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.). Resbalones / tropezones por malos apoyos del pie.
Configuración del puesto de trabajo	Espacios de trabajo Distribución de equipos Características de equipos (PDV's, iluminación, reflejos, etc.)
Choques y golpes	Choques contra estructuras Golpes por máquinas y equipos de trabajo manejados por otros. Golpes por herramientas manuales manejadas por otros. Golpes por otros objetos.
Desprendimientos desplomes y derrumbes	Desprendimiento de tierras excavadas. Desprendimientos de elementos de la torre en fase de montaje
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor. Exposición prolongada al frío. Cambios bruscos de temperatura. Estrés térmico.
Iluminación	Iluminación ambiental insuficiente. Deslumbramientos y reflejos
Vuelco de vehículos	Salida de vehículos de caminos de acceso Vuelco de vehículos por accidente de tráfico.

Unidad constructiva	Trabajos de talas y desbroces
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Agresión de animales	Picadura de insectos Agresión por otros animales.
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	Atrapamiento por tractores de desbrozado.
Caídas de personas a distinto nivel	Caída desde árboles durante la actividad de podas.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Trabajos de talas y desbroces
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el suelo. Caída por pisar o tropezar con objetos en el suelo. Caída por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.). Resbalones / tropezones por malos apoyos del pie.
Carga física	Carga dinámica por manejo de desbrozadoras (actividad física).
Carga mental	Aislamiento. Horario de trabajo
Condiciones ambientales	Humedad.
Cortes	Cortes por motosierras y desbrozadoras.
Desprendimientos desplomes y derrumbes	Derrumbe de piedras masas desestabilizadas por arboles abatidos
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor. Exposición prolongada al frío. Cambios bruscos de temperatura.
Incendios	Acumulación de material combustible. Almacenamiento y trasvase de productos inflamables.
Proyecciones	Impacto por fragmentos o partículas sólidasproyectadas .
Ruido	Exposición a ruido de motosierras.
Sobreesfuerzos	Esfuerzos al retirar material de desbroce. Esfuerzo por el uso de herramientas. Movimientos bruscos.
Vibraciones	Exposición a vibraciones de maquinas.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Preparación de caminos y vías de acceso
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Agresión de animales	Picadura de insectos Ataque de perros Agresión por otros animales.
Atrapamiento por maquinaria automotriz y vehículos	Salidas de vehículos de las vías. Choques y golpes entre vehículos. Choques y golpes contra elementos fijos. Vuelco de vehículos. Caída de cargas Atropello a personal circulante
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	Atrapamiento por herramientas manuales Atrapamiento por objetos. Atrapamiento por mecanismos en movimiento.
Caídas de personas a distinto nivel	Caída por huecos. Caída por desniveles, zanjas, taludes, etc. Caída desde árboles.
Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el suelo. Caída por pisar o tropezar con objetos en el suelo. Caída por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.). Resbalones / tropezones por malos apoyos del pie.
Carga física	Movimientos repetitivos. Carga dinámica (actividad física). Condiciones climáticas exteriores.
Carga mental	Distribución de tiempos. Aislamiento. Horario de trabajo
Condiciones ambientales	Humedad.
Contactos eléctricos	Contactos directos con líneas de MT.
Cortes	Cortes por herramientas manuales.
Choques y golpes	Choques contra objetos fijos y choques contra objetos móviles. Golpes por herramientas manuales. Golpes por herramientas portátiles eléctricas. Golpes por otros objetos.
Desprendimientos desplomes y derrumbes	Desprendimientos de taludes

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Preparación de caminos y vías de acceso
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor. Exposición prolongada al frío. Cambios bruscos de temperatura. Estrés térmico.
Explosiones	Voladuras o Material explosivo
Iluminación	Iluminación ambiental insuficiente.
Incendios	Acumulación de material combustible. Almacenamiento y trasvase de productos inflamables.
Proyecciones	Impacto por fragmentos o partículas sólidas. Proyecciones líquidas.
Ruido	Exposición a ruido.
Sobreesfuerzos	Esfuerzos al empujar o tirar de objetos. Esfuerzo por el uso de herramientas. Movimientos bruscos. Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.
Vibraciones	Exposición a vibraciones de máquinas.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Zanja
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Agentes químicos	Exposición a sustancias tóxicas (hormigones). Exposición a tierras polvorientas
Agresión de animales	Picadura de insectos Agresión por otros animales.
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	Atrapamiento por herramientas neumáticas manuales Atrapamiento por máquinas de excavación Atrapamiento por máquinas de carga y transporte
Caídas de objetos	Caída por manipulación manual de objetos y herramientas. Caída de componentes manipulados con grúas autopropulsadas. Caída de objetos en el interior de la zanja durante tareas de excavación y rellenos
Caídas de personas a distinto nivel	Caída desde el borde de la zanja excavada Caída por desniveles, taludes, etc. Caída desde escaleras portátiles al bajar y salir a la zanja. Caída de acceso a fondos para rellenos
Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el suelo. Caída por pisar o tropezar con objetos en el suelo. Caída por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.). Resbalones / tropezones por malos apoyos del pie. Caída por falta de iluminación
Carga física	Carga dinámica durante el hormigonado (actividad física).
Carga mental	Distribución de tiempos. Aislamiento. Horario de trabajo
Condiciones ambientales	Humedad. Temperatura Ruido de maquinaria de excavación.
Contactos eléctricos	Contactos directos con circuitos eléctricos subterráneos
Cortes	Cortes por herramientas portátiles neumáticas. Cortes por herramientas manuales. Cortes por objetos superficiales. Cortes por objetos punzantes.
Choques y golpes	Golpes por herramientas manuales. Golpes por herramientas portátiles eléctricas. Golpes por otros objetos. Pisadas sobre objetos por falta de iluminación
Desprendimientos desplomes y derrumbes	Desprendimientos de elementos de protección perimetral Hundimiento de paredes de la zanja

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	**Zanja**
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor. Exposición prolongada al frío. Cambios bruscos de temperatura.
Explosiones	Máquinas, equipos y botellas de gases. Voladuras o Material explosivo
Iluminación	Iluminación ambiental insuficiente en caso de horarios prolongados Iluminación ambiental insuficiente en trabajos bajo rasante
Incendios	Acumulación de material combustible. Almacenamiento y trasvase de productos inflamables.
Proyecciones	Impacto por fragmentos o partículas sólidas.
Sobreesfuerzos	Esfuerzos al colocar encofrados Esfuerzo por el uso de herramientas. Movimientos bruscos. Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.
Ruido	Exposición a ruido de máquinas de excavación y rellenos Exposición a ruido de máquinas de carga y transporte
Vibraciones	Exposición a vibraciones de herramientas de perforación. Exposición a vibraciones en cabinas de máquinas de excavación y/o rellenos Exposición a vibraciones en cabinas de máquinas de carga y transporte

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Cámaras de empalmes
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	Atrapamiento al dirigir y situar los elementos prefabricados.
Caídas de objetos	Caída por manipulación manual de objetos y herramientas. Caída de elementos manipulados con grúas autopropulsadas.
Caídas de personas a distinto nivel	Caída por huecos. Caída desde escaleras portátiles.
Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el suelo. Caída por pisar o tropezar con objetos en el suelo. Caída por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.). Resbalones / tropezones por malos apoyos del pie.
Carga física	Carga dinámica durante la manipulación de cajones (actividad física).
Confinamiento	Golpes, choques, cortes o atrapamientos por espacio reducido. Posición incómoda, esfuerzos.
Cortes	Cortes por herramientas manuales. Cortes por objetos superficiales. Cortes por objetos punzantes.
Choques y golpes	Golpes por herramientas manuales. Golpes por herramientas portátiles. Golpes por otros objetos estructurales
Desprendimientos desplomes y derrumbes	Desprendimientos de elementos de montaje fijos Hundimiento de hoyos o cimentaciones
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor. Exposición prolongada al frío. Cambios bruscos de temperatura.
Explosiones	Máquinas, equipos y botellas de gases.
Iluminación	Iluminación ambiental insuficiente en el interior de la cámara.
Proyecciones	Impacto por fragmentos o partículas sólidas. Proyecciones líquidas.
Sobreesfuerzos	Esfuerzos al empujar o posicionar cajones prefabricados. Esfuerzo por el uso de herramientas. Movimientos bruscos. Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Entibaciones y apuntalamientos
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Agentes químicos	Exposición a tierras polvorientas Exposición a sustancias tóxicas existentes en el nivel freático
Agresión de animales	Picadura de insectos Agresión por otros animales.
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	Atrapamiento por herramientas neumáticas manuales Atrapamiento por máquinas de elevación de materiales para la realización de entibaciones y apuntalamientos
Caídas de objetos	Caída por manipulación manual de objetos y herramientas. Caída de componentes manipulados con grúas autopropulsadas. Caída de objetos en el interior de la zanja durante tareas de entibación y apuntalamiento
Caídas de personas a distinto nivel	Caída por desniveles, taludes, etc. Caída desde escaleras portátiles al bajar y salir a la zanja. Caída durante el proceso de colocación de estribos
Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el terreno Caída por pisar o tropezar con objetos en el terreno Caída por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.). Resbalones / tropezones por malos apoyos del pie. Caída por falta de iluminación
Carga física	Carga dinámica durante el apuntalamiento y realización de entibaciones (actividad física).
Carga mental	Distribución de tiempos. Aislamiento. Horario de trabajo
Condiciones ambientales	Humedad. Temperatura Ruido de maquinaria
Contactos eléctricos	Contactos directos con circuitos eléctricos subterráneos
Cortes	Cortes por herramientas portátiles neumáticas. Cortes por herramientas manuales. Cortes por objetos superficiales. Cortes por objetos punzantes. Cortes por uso de herramientas manuales y/o mecánicas con elementos estructurales
Choques y golpes	Golpes por herramientas manuales. Golpes por herramientas portátiles eléctricas. Golpes por otros objetos. Pisadas sobre objetos por falta de iluminación

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Entibaciones y apuntalamientos
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Desprendimientos desplomes y derrumbes	Desprendimientos de elementos de sujeción de taludes e infraestructuras subterráneas Hundimiento de paredes de la zanja
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor. Exposición prolongada al frío. Cambios bruscos de temperatura.
Explosiones	Máquinas, equipos y botellas de gases. Producidas por atmósferas explosivas
Iluminación	Iluminación ambiental insuficiente en caso de horarios prolongados Iluminación ambiental insuficiente en trabajos bajo rasante
Incendios	Acumulación de material combustible. Almacenamiento y trasvase de productos inflamables.
Proyecciones	Impacto por fragmentos o partículas sólidas. En el proceso de ajuste de piezas En el uso del martillo neumático
Sobreesfuerzos	Esfuerzos al colocar entablados Esfuerzo por el uso de herramientas. Movimientos bruscos. Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.
Ruido	Exposición a ruido de herramientas manuales
Vibraciones	Exposición a vibraciones de herramientas manuales

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Reposición de pavimentos
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Agentes químicos	Exposición a sustancias tóxicas componentes de los elementos del pavimento a utilizar (cementos, betunes, aditivos, etc.)
Agresión de animales	Picadura de insectos Agresión por otros animales.
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	Atrapamiento por herramientas neumáticas manuales Atrapamiento por máquinas de ejecución de pavimentos continuos Atrapamiento por el mecanismo de giro de la hormigonera
Caídas de objetos	Caída por manipulación manual de objetos y herramientas. Caída de componentes manipulados con grúas autopropulsadas.
Caídas de personas a distinto nivel	Caída por desniveles, huecos existentes en el acerado, etc. Caídas desde el perímetro de zonas a diferente nivel
Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el terreno Caída por pisar o tropezar con objetos en el terreno Caída por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.). Resbalones / tropezones por malos apoyos del pie. Caída por falta de iluminación
Carga física	Carga dinámica durante la ejecución de pavimentos (actividad física).
Carga mental	Distribución de tiempos. Aislamiento. Horario de trabajo
Condiciones ambientales	Humedad. Temperatura Ruido de maquinaria
Cortes	Cortes por herramientas portátiles neumáticas. Cortes por herramientas manuales. Cortes por objetos superficiales. Cortes por objetos punzantes. Cortes por uso de herramientas manuales y/o mecánicas con elementos estructurales
Choques y golpes	Golpes por herramientas manuales. Golpes por herramientas portátiles eléctricas. Golpes por otros objetos. Pisadas sobre objetos por falta de iluminación Golpes por compuertas de camiones de suministro Golpes por cambios de complementos de máquinas Golpes y choques por descarga y reparto de materiales
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor. Exposición prolongada al frío. Cambios bruscos de temperatura.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Reposición de pavimentos
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Iluminación	Iluminación ambiental insuficiente en caso de horarios prolongados
Incendios	Acumulación de material combustible. Almacenamiento y trasvase de productos inflamables.
Proyecciones	Impacto por fragmentos o partículas sólidas. Cortes de materiales en seco En el proceso de ajuste de losas de pavimentos En el uso del martillo neumático
Sobreesfuerzos	Esfuerzo por el uso de herramientas. Movimientos bruscos. Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.
Ruido	Exposición a ruido de herramientas manuales
Vibraciones	Exposición a vibraciones de herramientas manuales

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Tendido de cables aislados y conexionado
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Arcos eléctricos	Durante la realización de pruebas de aislamiento Por golpes o perforaciones involuntarias durante trabajos próximos
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	Atrapamiento por mecanismos de tendido de cables aislados.
Caídas de personas a distinto nivel	Caída desde escaleras portátiles. Caída desde bocas de acceso a la galería
Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el suelo. Caída por pisar o tropezar con objetos en el suelo. Resbalones / tropezones por malos apoyos del pie.
Carga física	Carga estática o postural (espacios de trabajo) Carga dinámica durante el asentamiento de cables (actividad física).
Carga mental	Atención complejidad. Horario de trabajo
Confinamiento	Golpes, choques, cortes o atrapamientos por espacio reducido. Posición incómoda, esfuerzos. Dificultades para rescate.
Contactos eléctricos	Contactos directos con cables de fuerza y control Contactos indirectos por manipulación en cajas de conexiones Corrientes inducidas por existencia de circuitos próximos
Cortes	Cortes por herramientas portátiles eléctricas. Cortes por herramientas manuales. Cortes por objetos superficiales. Cortes por objetos punzantes.
Choques y golpes	Golpes por herramientas manuales. Golpes por herramientas portátiles. Golpes contra ménsulas soporte de los cables.
Iluminación	Iluminación ambiental insuficiente en el interior de la galería.
Proyecciones	Impacto por fragmentos o partículas sólidas.
Sobreesfuerzos	Esfuerzos al empujar o tirar de los cables aislados. Esfuerzo por el uso de herramientas. Movimientos bruscos. Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.
Ventilación	Ventilación ambiental insuficiente en el interior de la zanja Atmósferas bajas en oxígeno.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Montaje de equipos y botellas
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Agresión de animales	Picadura de insectos
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	Atrapamiento por montaje de las bobinas sobre bastidores de giro Atrapamiento por cabrestante de freno. Atrapamiento por máquina de tiro
Caídas de objetos	Caída de herramientas durante el tendido de cables piloto. Caída de herramientas durante el tendido de conductores.
Caídas de personas a distinto nivel	Caída por desniveles y taludes naturales Caída en el ascenso /descenso plataformas de trabajo. Caída durante la permanencia en la estructura del apoyo terminal. Caída durante el montaje de equipos sobre plataformas.
Caídas de personas al mismo nivel	Resbalones / tropezones en la zona de ubicación máquinas Resbalones / tropezones en la traza de la línea
Carga física	Carga dinámica (actividad física) por ascenso y descenso de las plataformas de trabajo
Contactos eléctricos	Por corrientes inducidas procedentes de otros circuitos próximos
Cortes	Cortes por herramientas manuales. Cortes por flejes y elementos punzantes de las bobinas.
Choques y golpes	Choques contra equipos de trabajo en la zona de montaje de equipos. Golpes por herramientas manuales. Golpes por fallos de grapas de retención.
Desprendimientos desplomes y derrumbes	De poleas de cable aislado durante su instalación.
Proyecciones	Polvo de lijado (no tóxico) durante la confección de terminales
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor. Exposición prolongada al frío durante la permanencia en las torres. Golpe de calor.
Iluminación	Iluminación ambiental insuficiente en horarios nocturnos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Puesta en Servicio
Riesgos	*Situaciones de riesgo*
Arcos eléctricos	No haber retirado elementos de obra que generen cortocircuitos. Aislamientos defectuosos en la fase de construcción.
Carga mental	Distribución de tiempos. Atención complejidad de la p.e.t.
Configuración del puesto	Espacios de trabajo durante la p.e.t. Distribución de equipos Características de equipos (PDV's, iluminación, reflejos, etc.)
Contactos eléctricos	Contactos directos por permanencia en zona de tensión Contactos indirectos por deficiencias.
Iluminación	Iluminación ambiental insuficiente en espacio de control

2.10.2 Riegos laborales no evitables completamente

Pa cada unidad constructiva básica se han estudiado los riesgos existentes, se han definido las medidas preventivas y de protección colectiva y se detallan los equipos de protección personal que debe utilizar los trabajadores así como la frecuencia de empleo.

Dadas las particularidades de la obras de construcción de líneas, existen riesgos de carácter especial que no es posible eliminar completamente conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas.

Riesgos derivados de las actividades realizadas en altura. Las medidas preventivas se corresponderán con lo establecido en el procedimiento de REE para trabajos en alturas y en particular con el establecimiento permanente de una doble fijación. Estas medidas se valoran como efectivas a la vista de los resultados históricos que este riesgo arroja.

Riesgos derivados de las actividades realizadas en la proximidad de líneas eléctricas en servicio. Las medidas preventivas se corresponderán con lo establecido en los procedimientos de REE sobre trabajos en descargos en instalaciones de alta tensión. Estas medidas se valoran como efectivas a la vista de los resultados históricos que este riesgo arroja.

Riesgos derivados de corrientes inducidas generadas por la proximidad de campos eléctricos y magnéticos. Las medidas preventivas se corresponderán con lo establecido en el apartado "Fenómenos de inducción" del anexo normas específicas de seguridad. Estas medidas se valoran como efectivas a la vista de los resultados históricos que este riesgo arroja.

Riesgos derivados de la utilización de aeronaves. Las medidas preventivas se corresponderán con lo establecido en la reglamentación de aviación civil para la regulación de las actividades con aeronaves.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.10.3 Evaluación de los riesgos

Considerando que:

- Se ha de establecer la Organización de Seguridad prevista en este Estudio y en el futuro Plan de Seguridad.
- Se dispondrá del material de seguridad referenciado en este Estudio y en el futuro Plan, además de ser utilizado por los trabajadores
- Los trabajadores estarán formados y serán informados en los riesgos previsibles
- Se emplearán los equipos de trabajo conformes a la normativa de seguridad.
- Se trabajará conforme a los criterios de seguridad establecidos en las disposiciones reglamentarias y normativa de REE referidas en el Pliego de Condiciones.
- Se aplicarán los mismos criterios de seguridad a Subcontratista.

Puede deducirse que para cada unidad constructiva y riesgo su tabla de **probabilidad, consecuencia** y **valoración** es la siguiente:

Unidad constructiva	**Seguimiento de los trabajos de líneas**		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Agresión de animales	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas a distinto nivel	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas al mismo nivel	baja	Poco dañina	trivial
Configuración del puesto de trabajo	baja	poco dañina	trivial
Choques y golpes	baja	poco dañina	trivial
Desprendimientos desplomes y derrumbes	baja	dañina	tolerable
Estrés térmico	baja	poco dañina	trivial
Iluminación	baja	poco dañina	trivial
Vuelco de vehículos	baja	dañina	tolerable

Unidad constructiva	**Trabajos de talas y desbroces**		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Agresión de animales	baja	dañina	tolerable
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	baja	muy dañina	tolerable
Caídas de personas a distinto nivel	baja	poco dañina	trivial
Caídas de personas al mismo nivel	baja	dañina	tolerable
Carga física	baja	poco dañina	trivial
Carga mental	baja	muy dañina	tolerable
Condiciones ambientales	baja	dañina	tolerable

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Trabajos de talas y desbroces		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Cortes	baja	poco dañina	trivial
Desprendimientos desplomes y derrumbes	baja	poco dañina	trivial
Estrés térmico	baja	poco dañina	trivial
Incendios	baja	dañina	tolerable
Proyecciones	baja	poco dañina	trivial
Ruido	baja	poco dañina	trivial
Sobreesfuerzos	baja	poco dañina	trivial
Ventilación	baja	poco dañina	trivial

Unidad constructiva	Preparación de caminos y vías de acceso		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Agresión de animales	baja	dañina	tolerable
Atrapamiento por maquinaria automotriz y vehículos	baja	dañina	tolerable
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas a distinto nivel	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas al mismo nivel	baja	poco dañina	trivial
Carga física	baja	poco dañina	trivial
Carga mental	baja	poco dañina	trivial
Condiciones ambientales	baja	poco dañina	trivial
Contactos eléctricos	baja	dañina	tolerable
Cortes	baja	poco dañina	trivial
Choques y golpes	baja	poco dañina	trivial
Desprendimientos desplomes y derrumbes	baja	dañina	tolerable
Estrés térmico	baja	poco dañina	trivial
Iluminación	baja	poco dañina	trivial
Incendios	baja	poco dañina	trivial
Proyecciones	baja	dañina	tolerable
Ruido	baja	poco dañina	trivial
Sobresfuerzos	baja	dañina	tolerable
Vibraciones	media	poco dañina	tolerable

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Zanja		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Agentes químicos	baja	poco dañina	trivial
Agresión de animales	baja	poco dañina	trivial
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	baja	dañina	tolerable
Caídas de objetos	baja	poco dañina	trivial
Caídas de personas a distinto nivel	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas al mismo nivel	baja	poco dañina	trivial
Carga física	baja	poco dañina	trivial
Condiciones ambientales	baja	dañina	tolerable
Confinamiento	baja	dañina	tolerable
Contactos eléctricos	baja	dañina	tolerable
Contactos químicos	baja	poco dañina	trivial
Cortes	baja	poco dañina	trivial
Choques y golpes	baja	poco dañina	trivial
Desprendimientos desplomes y derrumbes	baja	dañina	tolerable
Estrés térmico	baja	poco dañina	trivial
Incendios	baja	poco dañina	trivial
Proyecciones	baja	dañina	tolerable
Sobreesfuerzos	baja	dañina	tolerable
Vibraciones	baja	dañina	tolerable

Unidad constructiva	Cámaras de empalmes		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	baja	dañina	tolerable
Caídas de objetos	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas a distinto nivel	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas al mismo nivel	baja	poco dañina	trivial
Carga física	baja	poco dañina	trivial
Confinamiento	baja	dañina	tolerable
Cortes	baja	poco dañina	trivial
Choques y golpes	baja	poco dañina	trivial
Desprendimientos desplomes y derrumbes	Muy baja	muy dañina	tolerable
Estrés térmico	baja	poco dañina	trivial

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Cámaras de empalmes		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Iluminación	baja	poco dañina	trivial
Proyecciones	baja	dañina	tolerable
Sobreesfuerzos	baja	poco dañina	trivial

Unidad constructiva	Entibaciones y apuntalamiento		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Agentes químicos	baja	poco dañina	trivial
Agresión de animales	baja	dañina	tolerable
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	baja	dañina	tolerable
Caídas de objetos	baja	poco dañina	trivial
Caídas de personas a distinto nivel	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas al mismo nivel	baja	poco dañina	trivial
Carga física	baja	poco dañina	trivial
Carga mental	baja	poco dañina	trivial
Condiciones ambientales	baja	poco dañina	trivial
Contactos eléctricos	baja	dañina	tolerable
Cortes	baja	poco dañina	trivial
Choques y golpes	baja	poco dañina	trivial
Desprendimientos desplomes y derrumbes	baja	dañina	tolerable
Estrés térmico	baja	poco dañina	trivial
Explosiones	baja	dañina	tolerable
Iluminación	baja	poco dañina	trivial
Incendios	baja	poco dañina	trivial
Proyecciones	baja	dañina	tolerable
Sobreesfuerzos	baja	dañina	tolerable
Ruido	baja	poco dañina	trivial
Vibraciones	baja	poco dañina	trivial

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Reposición de pavimentos		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Agentes químicos	baja	poco dañina	trivial
Agresión de animales	baja	dañina	tolerable
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	baja	dañina	tolerable
Caídas de objetos	baja	poco dañina	trivial
Caídas de personas a distinto nivel	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas al mismo nivel	baja	poco dañina	trivial
Carga física	baja	poco dañina	trivial
Carga mental	baja	poco dañina	trivial
Condiciones ambientales	baja	poco dañina	trivial
Cortes	baja	poco dañina	trivial
Choques y golpes	baja	poco dañina	trivial
Estrés térmico	baja	poco dañina	trivial
Iluminación	media	poco dañina	tolerable
Incendios	baja	poco dañina	trivial
Proyecciones	baja	dañina	tolerable
Sobreesfuerzos	baja	dañina	tolerable
Ruido	baja	poco dañina	trivial
Vibraciones	baja	poco dañina	trivial

Unidad constructiva	Tendido de cables aislados y conexionado		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Arcos eléctricos	baja	dañina	tolerable
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas a distinto nivel	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas al mismo nivel	baja	poco dañina	trivial
Carga física	baja	poco dañina	trivial
Carga mental	baja	poco dañina	trivial
Confinamiento	baja	dañina	tolerable
Contactos eléctricos	baja	dañina	tolerable
Cortes	baja	dañina	tolerable
Choques y golpes	baja	poco dañina	trivial
Iluminación	baja	poco dañina	trivial

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Tendido de cables aislados y conexionado		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Proyecciones	baja	poco dañina	trivial
Sobreesfuerzos	baja	poco dañina	trivial
Ventilación	baja	poco dañina	trivial

Unidad constructiva	Obra Civil de apoyos		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Agentes químicos	baja	poco dañina	trivial
Agresión de animales	baja	poco dañina	trivial
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	baja	dañina	tolerable
Caídas de objetos	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas a distinto nivel	Muy baja	Muy dañina	tolerable
Caídas de personas al mismo nivel	baja	poco dañina	trivial
Carga física	media	poco dañina	tolerable
Carga mental	baja	poco dañina	trivial
Condiciones ambientales	baja	poco dañina	trivial
Confinamiento	baja	dañina	tolerable
Cortes	baja	poco dañina	trivial
Choques y golpes	baja	poco dañina	trivial
Desprendimientos desplomes y derrumbes	Muy baja	muy dañina	tolerable
Estrés térmico	baja	poco dañina	trivial
Iluminación	baja	poco dañina	trivial
Incendios	baja	dañina	tolerable
Proyecciones	baja	dañina	tolerable
Ruido	baja	poco dañina	trivial
sobresfuerzos	baja	dañina	tolerable
Ventilación	baja	poco dañina	trivial
Vibraciones	media	poco dañina	tolerable

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Unidad constructiva	Montaje de equipos y botellas		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Agresión de animales	baja	poco dañina	trivial
Atrapamiento por mecanismos en movimiento	baja	dañina	tolerable
Caídas de objetos	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas a distinto nivel	Muy baja	Muy dañina	tolerable
Caídas de personas al mismo nivel	baja	poco dañina	trivial
Carga física	baja	dañina	tolerable
Contactos eléctricos	Muy baja	muy dañina	tolerable
Cortes	baja	dañina	tolerable
Choques y golpes	baja	poco dañina	trivial
Desprendimientos desplomes y derrumbes	baja	muy dañina	tolerable
Proyecciones	media	poco dañina	tolerable
Estrés térmico	baja	poco dañina	trivial
Iluminación	media	poco dañina	tolerable

Unidad constructiva	Puesta en Servicio		
Riesgos	**probabilidad**	**consecuencia**	**valoración**
Arcos eléctricos	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas a distinto nivel	baja	dañina	tolerable
Caídas de personas al mismo nivel	baja	poco dañina	trivial
Carga mental	baja	poco dañina	trivial
Condiciones ambientales	baja	poco dañina	trivial
Configuración del puesto	baja	poco dañina	trivial
Contactos eléctricos	Muy baja	muy dañina	tolerable
Desprendimientos desplomes y derrumbes	baja	muy dañina	tolerable
Iluminación	baja	poco dañina	trivial
Explosiones	baja	dañina	tolerable

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.10.4 Medidas de prevención

De forma general, las medidas de prevención y de protección para cada uno de los riesgos que se exponen seguidamente deben estar recogidas en el Manual de Seguridad de la Empresa Contratista.

Asimismo las medidas de prevención y de protección para cada uno de los riesgos que se exponen en la evaluación específica se recogen en “Anexo 2 - Normas específicas de Seguridad”

Las Empresa adjudicatarias asumirán estas normas como obligado cumplimiento. Si se adoptaran otras medidas específicas o su exposición más detallada, deben ser concretadas y desarrolladas en el Plan de Seguridad que las empresas adjudicatarias deben elaborar.

Riesgos	***Agentes químicos***
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Exposición a sustancias tóxicas (hormigones) Exposición a sustancias tóxicas (resinas de sellado) Exposición a sustancias tóxicas (polvo en derribos) Exposición a tierras polvorientas Exposición a sustancias tóxicas existentes en el nivel freático Exposición a sustancias tóxicas componentes de los elementos del pavimento a utilizar (cementos, betunes, aditivos, etc.)	Previamente a la utilización de un producto químico deberá conocerse su ficha higiénica Utilización de mascarillas filtrantes Utilización de ropa de protección Utilizar guantes protectores

Riesgos	***Agresión de animales***
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Picadura de insectos Ataque de perros Agresión por otros animales	* En caso existencia de insectos Vestir ropa de trabajo correctamente Procurar no realizar el trabajo en las horas de mayor insolación Utilizar repelentes o insecticidas Utilizar dispositivos para ahuyentarlos * En caso existencia de otros animales No darles nunca la espalda No realizar movimientos bruscos en su presencia Si es necesario protegerse en el vehículo *Acudir al servicio de atención médica próximo

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Riesgos	Arcos eléctricos
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Durante la realización de pruebas de aislamiento de cables Por golpes o perforaciones involuntarias de cables aislados durante trabajos próximos No haber retirado elementos de obra que generen cortocircuitos en la pet Aislamientos defectuosos en la fase de construcción	Formar y habilitar a los trabajadores Elaborar procedimientos de ejecución adecuados a los trabajos en tensión a realizar Disponer de equipos de protección individual principalmente: gafas o pantalla, casco aislante, ropa de trabajo No abrir ni cerrar circuitos con carga eléctrica No mantener dos puntos con distinto potencial accesibles entre sí, sin proteger No invadir el área de trabajos en tensión

Riesgos	Atrapamiento por maquinaria automotriz y vehículos
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Atropello a personal circulante Caída de cargas Choques y golpes contra elementos fijos Choques y golpes entre vehículos Salidas de la vía de vehículos de transporte de la estructura Salidas de vehículos de las vías Vuelco de vehículos	Adoptar la velocidad adecuada Atención a circunstancias extraordinarias (obras, trabajos, zonas oscuras, lluvia,...) Desplazarse por lugares indicados para ello Evitar la fatiga y el sueño Precaución con pasos y accesos a garajes, naves, oficinas, etc. Respetar y cumplir las señalizaciones Revisar periódicamente el estado del vehículo/máquina automotriz Sólo conducción por personal con el permiso adecuado Tener iluminación adecuada Utilizar el cinturón de seguridad del vehículo

Riesgos	Atrapamiento por mecanismos en movimiento
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Atrapamiento al dirigir y situar los cajones Atrapamiento al dirigir y situar los elementos prefabricados Atrapamiento por bobinas y cabrestantes Atrapamiento por desplazamiento de la estructura durante la descarga Atrapamiento por herramientas neumáticas de corte Atrapamiento por manipulación en suelo de la estructura Atrapamiento por máquina de tiro Atrapamiento por máquinas de excavación	Comunicar y/o corregir deficiencias detectadas Emplear herramientas auxiliares adecuadas: empujadores, ganchos Formación de los operarios en la utilización de la maquinaria Los elementos móviles estarán protegidos Máquinas en buen estado con protecciones, resguardos y dispositivos de seguridad No emplear prendas holgadas, anillos, pulseras, pelo suelto,… No tocar partes en movimiento

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Riesgos	*Atrapamiento por mecanismos en movimiento*
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Atrapamiento por mecanismos de tendido de cables aislados Atrapamiento por montaje de las bobinas sobre bastidores de giro Atrapamiento por plumín de descarga Atrapamiento por máquinas de ejecución de pavimentos continuos Atrapamiento por el mecanismo de giro de la hormigonera Atrapamiento por poleas de tendido Atrapamiento por tractores de desbrozado	Respetar distancias entre maquinaria y zonas de paso y trabajo Respetar y cumplir las señalizaciones Se procurará trabajar en espacios amplios Tener la iluminación adecuada Utilizar el calzado adecuado

Riesgos	*Caídas de objetos*
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Caída de objetos en el interior de la zanja durante tareas de excavación y rellenos Caída de componentes manipulados con grúas autopropulsadas Caída de objetos en el interior de la zanja durante tareas de entibación y apuntalamiento Caída de componentes transportados por aeronaves Caída de elementos izados con grúas y cabrestantes Caída de elementos manipulados con grúas autopropulsadas Caída de elementos sueltos en el desmontaje Caída de herramientas durante el tendido de cables piloto Caída de herramientas durante el tendido de conductores Caída de perfiles manipulados con grúas autopropulsadas Caída por amarre defectuoso de paquetes de barras descargados Caída por desplomes de aeronaves Caída por manipulación manual de componentes y herramientas Caída por manipulación manual de la estructura Caídas por posicionamiento inadecuado de quien maneja el plumín	Adecuar los accesorios (eslingas, ganchos, etc.) a las características de la carga La carga deberá ir lo más sujeta posible No trabajar a diferentes niveles en la misma vertical, si es necesario se utilizarán medios sólidos de separación Nunca se permanecerá debajo de la carga Respetar y cumplir las señalizaciones Señalización de la zona de trabajo Sólo se utilizarán los aparatos elevadores por personal especializado Tener los materiales necesarios para el trabajo dentro de recipientes adecuados Usar cuerda de servicio o poleas para subir o bajar materiales Utilizar el casco de seguridad y calzado adecuado Utilización de los tablones de entibado (sobresaliendo unos 15 cm. aproximadamente de la excavación) como rodapié Colocar el material lo suficientemente alejado del borde de la zanja

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Riesgos	Caídas de personas a distinto nivel
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Caída al ascender y descender del apoyo Caída desde árboles durante la actividad de podas Caída desde árboles por enganches del piloto Caída desde bocas de acceso a la galería Caída desde el borde de la zanja excavada Caída desde elementos orográficos circundantes del apoyo Caída desde escaleras portátiles al bajar y salir de la excavación Caída durante el proceso de colocación de estribos Caída de acceso a fondos para rellenos Caída desde la caja del camión al subir y bajar repetidamente Caída durante el montaje de protecciones sobre infraestructuras Caída durante la permanencia en la estructura del apoyo Caída en el ascenso / descenso de los apoyos Caída por atrapamiento de cuerdas por la grúa de izado Caída por desniveles y taludes naturales Caída por desniveles, zanjas, taludes, etc.,en el entorno de la zona de acopio Caída por el hueco de la cimentación	A la hora de bajar no se saltará, se bajará hasta el último escalón Arriostramiento del apoyo en caso de mal estado, duda o modificación de sus condiciones de estabilidad Ascenso y descenso con medios y métodos seguros: escaleras adecuadas, etc. Colocación correcta y estable de la escalera (separada ¼ de la longitud, piso firme y nivelado) Comprobar el estado del árbol antes de iniciar ninguna operación en el mismo El ascenso se hará de frente con las manos libres de objetos y agarrándose a los peldaños Elección de la escalera adecuada al trabajo a efectuar Estancia en la estructura utilizando la línea de seguridad Evitar posturas inestables Inspección del estado del terreno y del apoyo La escalera sobresaldrá 1 m aproximadamente sobre el plano a donde se deba acceder Mantener el orden y limpieza de la zona Señalización de la zona Si los andamios son móviles se deben poder frenar firmemente Si se trabaja por encima de los 2 m se utilizará cinturón de seguridad, que se deberá anclar a un punto fijo diferente de la escalera Tener la iluminación adecuada Todos los andamios de más de 2 m de altura tendrán barandillas a 0, 9 m con la suficiente rigidez, así como una barra intermedia y rodapiés a 0,15 m Todos los andamios y plataformas se construirán de estructura firme y sólida Utilización del cinturón de seguridad Utilizar calzado adecuado Verificación del buen estado de conservación y resistencia de todos los componentes

Riesgos	Caídas de personas al mismo nivel
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Caída por deficiencias en el entorno de la zona de armado Caída por deficiencias en el suelo Caída por pisar o tropezar con objetos en el suelo	Comunicar y/o corregir deficiencias detectadas Mantener orden y limpieza en la zona de trabajo Respetar y cumplir las señalizaciones Tener la iluminación adecuada

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Riesgos	Caídas de personas al mismo nivel
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Caída por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.) Caída por falta de iluminación Invasión de acopios en zona de tránsito por limitación del espacio Resbalones / tropezones en la traza de la línea Resbalones / tropezones en la zona de desmontaje Resbalones / tropezones en la zona de ubicación máquinas Resbalones / tropezones por malos apoyos del pie	Utilizar el calzado adecuado Utilizar los pasos y vías existentes

Riesgos	Carga física
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Carga dinámica por manejo de desbrozadoras (actividad física) Carga dinámica (actividad física) por ascenso y descenso a los apoyos Carga dinámica (actividad física) Carga dinámica durante el apuntalamiento y realización de entibaciones (actividad física). Carga dinámica durante el asentamiento de cables (actividad física) Carga dinámica durante el hormigonado (actividad física) Carga dinámica durante la manipulación de cajones (actividad física) Carga estática o postural (espacios de trabajo) Carga estática o postural en la excavación de la recueva(espacios de trabajo) Carga estática o postural sobre la estructura de celosía (espacios de trabajo) Condiciones climáticas exteriores Movimientos repetitivos al armar por barras Movimientos repetitivos	Emplear solo trabajadores en adecuada forma física Se adoptarán pausas o cambios de actividad, dentro de la jornada Reducir el manejo manual de cargas a situaciones excepcionales Se utilizarán las prendas de trabajo adecuadas en función del clima Se analizará la influencia de posibles condiciones climáticas extremas (frío-calor)

Riesgos	Carga mental
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Aislamiento Atención complejidad de la pet Atención complejidad Distribución de tiempos y permanencia en alturas Distribución de tiempos Horario de trabajo	Establecer medidas que permitan comunicarse a los trabajadores aislados Se organizará el trabajo previendo la necesidad de pausas o paralizaciones Destinar personal con la cualificación necesaria para la tarea encomendada

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Riesgos	Carga mental
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Monotonía por trabajos repetitivos	No realizar actuaciones en solitario, fuera de la observación de un acompañante

Riesgos	Condiciones ambientales
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Humedad Ruido de maquinará de excavación Ruido molesto Temperatura Ventilación/Calidad del aire en el interior de los cajones Trabajos en espacios confinados	Tener prevista la iluminación adicional en función de la zona Se mantendrá una buena ventilación de la zona de trabajo En caso de necesidad se establecerá ventilación forzada Se prohíbe fumar en las zonas de trabajo con posibles atmósferas explosivas Se comprobará mediante aparatos de medida la concentración de oxígeno en espacios de trabajo Si es posible aislar fuentes productoras de ruido Utilizar protectores antirruido

Riesgos	Configuración del puesto de trabajo
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Características de equipos (PDV's, iluminación, reflejos, etc.) Distribución de equipos Lugares de trabajo durante la pet	Se tendrá en cuenta las influencias provocadas por trabajos próximos Retirar los equipos innecesarios Las zonas de trabajo se mantendrán siempre limpias y ordenadas

Riesgos	Confinamiento
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Atmósfera nociva o viciada en el interior de la galería Dificultades para rescate Dificultades para rescate Golpes, choques, cortes o atrapamientos por espacio reducido Posición incómoda, esfuerzos Riesgo de inundación por nivel freático Situaciones de aislamiento o incomunicación Temperatura en el interior del apoyo	Establecer procedimientos de trabajo en recintos confinados Utilizar procedimientos de descargo y etiquetado de equipos Establecer procedimientos de rescate Formar e informar a los trabajadores En los trabajos que requieran el uso de sustancias volátiles, no se realizarán operaciones que puedan provocar su deflagración Limitar el acceso al recinto a las personas autorizadas, el Jefe de trabajo controlará las personas que accedan

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Riesgos	Confinamiento
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
	Establecer sistemas de comunicación visual o acústica Mantener las condiciones respirables del recinto ventilando o bien utilizar equipos de protección respiratoria Controlar la temperatura del recinto o el tiempo de presencia Alumbrado portátil con transformadores de seguridad Utilizar máquinas portátiles neumáticas o eléctricas con alimentación a 24 V, o con sistema de separación de circuitos o con protección por relé diferencial de alta sensibilidad Mantener las botellas de oxígeno y acetileno fuera del recinto en caso de trabajos de soldadura acetilénica Mantener los grupos de soldadura eléctrica fuera del recinto Utilizar los equipos de protección individual adecuados al trabajo a realizar

Riesgos	Contactos eléctricos
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Con líneas eléctricas cruzadas por deficiencias de las protecciones Contactos directos con cables de fuerza y control Contactos directos con circuitos eléctricos subterráneos Contactos directos con líneas de MT Contactos directos con líneas eléctricas en el trayecto de vuelos Contactos directos con otros circuitos próximos Contactos directos en el izado por proximidad de líneas eléctricas de MT y AT Contactos directos por permanencia en zona de tensión Contactos indirectos por deficiencias Contactos indirectos por manipulación en cajas de conexiones Corrientes inducidas por existencia de circuitos próximos Por corrientes inducidas procedentes de otros circuitos próximos	* Para trabajos en instalaciones sin tensión Formar e informar a los trabajadores Cumplir procedimiento para el descargo de las instalaciones Verificar la ausencia de tensión previa a los trabajos Disponer y utilizar los equipos de bloqueo y de señalización y delimitación Colocar equipos de puesta a tierra y en cortocircuito adecuados Mantener distancias de seguridad a elementos en tensión * Trabajos en proximidad de instalaciones eléctricas con tensión □Formar e informar a los trabajadores Mantener las distancias de seguridad □Señalizar, vallar o apantallar la zona para impedir el contacto con elementos en tensión □En caso de apertura de zanjas, demandar información a las Empresas Eléctricas sobre conducciones eléctricas enterradas *Inducciones

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Riesgos	Contactos eléctricos
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
	Poner a tierras todas las masas metálicas, especialmente las de mayor volumen Manipular las tierras como si fueran elementos en tensión No formar nunca parte de un bucle inducido Informar específicamente de este riesgo

Riesgos	Contactos térmicos
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Contacto con proyecciones de oxicorte	Utilizar guantes de protección térmica o mecánica Utilizar ropa de trabajo de características térmicas u otras características adecuadas, que cubran totalmente el cuerpo

Riesgos	Cortes
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Cortes por barras desmontadas Cortes por contacto con el cable tendiéndose Cortes por flejes y elementos punzantes de las bobinas Cortes por herramientas manuales Cortes por herramientas portátiles eléctricas Cortes por herramientas portátiles neumáticas Cortes por herramientas punzantes empleadas en el armado Cortes por irregularidades en el corte de los perfiles Cortes por motosierras y desbrozadoras Cortes por objetos punzantes Cortes por objetos superficiales	Evitar la existencia de puntas o superficies cortantes o elementos incisivos Proteger o señalizar las superficies cortantes que no se puedan eliminar Utilizar las herramientas adecuadas a cada trabajo y en buenas condiciones Utilizar guantes de protección mecánica Utilizar casco de protección Utilizar ropa adecuada de manga larga Utilizar calzado especial

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Riesgos	***Choques y golpes***
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Choques contra equipos de trabajo en la zona de tendido Choques contra estructuras Choques contra la estructura montada al moverse o desplazarse Choques contra la estructura montada al moverse o desplazarse Choques contra objetos fijos y choques contra objetos móviles en el entorno de la zona de descarga Choques contra objetos fijos y choques contra objetos móviles Pisadas sobre objetos por falta de iluminación Golpes contra ménsulas soporte de los cables Golpes por barras tensionadas liberadas al ser cortadas Golpes por elementos tensionados al ser demolidos Golpes por fallos de grapas de retención Golpes por herramientas manuales de armado Golpes por herramientas manuales manejadas por otros Golpes por herramientas portátiles eléctricas Golpes por herramientas portátiles neumáticas Golpes por herramientas portátiles Golpes por máquinas y equipos de trabajo manejados por otros Golpes por movimientos imprevistos de barras durante el armado Golpes por otros objetos estructurales Golpes por otros objetos	Atención a circunstancias extraordinarias (obras, trabajos, zonas oscuras, lluvia) Colocación adecuada de la carga (no sobrecargar, bien sujeta, estable y centrada) Mantener la zona de trabajo limpia y ordenada Respetar y cumplir las señalizaciones Revisar periódicamente el estado del vehículo/máquina automotriz Sólo conducción por personal con el permiso adecuado Tener iluminación adecuada Utilizar el calzado adecuado Utilizar la ropa de trabajo adecuada

Riesgos	***Desprendimientos desplomes y derrumbes***
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
De cadenas de aisladores durante sus instalación de crucetas por sobrecargas durante el tendido De poleas de tendido durante su instalación Derrumbe de piedras masas desestabilizadas por arboles abatidos Desplome de la pluma de izado por cargas de viento Desplome de la pluma de izado por sobrecargas Desprendimiento de tierras excavadas Desprendimientos de elementos de sujeción de taludes e infraestructuras subterráneas	Antes de iniciar el trabajo comprobar el tipo de terrero Antes del inicio del trabajo se comprobará el estado de los elementos situados por encima de la zona de trabajo, si estos se encuentran en mal estado no se iniciará el mismo Se debe comprobar el estado del terreno y del entibado antes de iniciar la jornada y después de que haya llovido fuertemente. Se debe entibar la zanja siempre que el terrero sea blando o se trabaje a más de 1, 5 m de profundidad Utilizar el casco de seguridad

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Riesgos	***Desprendimientos desplomes y derrumbes***
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Desprendimientos de elementos de la torre en fase de montaje Desprendimientos de elementos de montaje fijos Desprendimientos de elementos de protección perimetral Desprendimientos de elementos en la fase de desmontaje Desprendimientos de elementos izados antes de su fijación Desprendimientos de masas transportadas Desprendimientos de taludes Hundimiento o colapso de la torre por desequilibrio de cargas Hundimiento de hoyos o cimentaciones Hundimiento de paredes de la zanja	

Riesgos	***Estrés térmico***
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Cambios bruscos de temperatura Exposición prolongada al calor Exposición prolongada al frío durante la permanencia en las torres Exposición prolongada al frío Golpe de calor Golpes de calor por elevadas temperaturas	*Planificar el trabajo para no trabajar en las horas de mayor insolación Utilizar ropa de trabajo correctamente Tener la cabeza cubierta Beber agua regularmente Si fuese necesario, trabajar a turno Controlar el tiempo de exposición Tener disponible pastillas de sal *Utilizar ropa de frio correctamente Utilizar ropa adecuada En caso necesario trabajar a turno Si el frío es muy intenso, no trabajar nunca una persona sola Prever tiempos de adaptación cuando varíen las zonas de trabajo y exista disparidad de temperatura entre las mismas Cuando se deba trabajar en estas condiciones se debe controlar la sudoración

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Riesgos	***Explosiones***
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Máquinas, equipos y botellas de gases Voladuras o Material explosivo	Las máquinas y equipos deberán cumplir la reglamentación vigente Colocar válvulas antirretroceso en los equipos de soldadura oxiacetilénica Dejar las botellas de gases fuera de la zona de trabajo Correcta identificación de los gases comprimidos Los trabajos en recintos cerrados y con atmósferas explosivas deberán procedimentarse La instalación eléctrica del recinto cumplirá la reglamentación vigente Evitar la acumulación de gases combustibles Dotar de ventilación forzada la zona de trabajo En caso de emplear explosivo se realizará procedimiento de trabajo

Riesgos	***Iluminación***
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Deslumbramientos y reflejos Iluminación ambiental insuficiente en caso de horarios prolongados Iluminación ambiental insuficiente en trabajos bajo rasante Iluminación ambiental insuficiente en el interior de la cámara Iluminación ambiental insuficiente en el interior de la galería Iluminación ambiental insuficiente en el interior de los cajones Iluminación ambiental insuficiente en espacio de control Iluminación ambiental insuficiente en horarios nocturno Iluminación ambiental insuficiente	Tener prevista la iluminación adicional Tener prevista iluminación de socorro Disponer las luminarias siempre en posición cenital Evitar trabajar por la noche o en horarios de baja visibilidad

Riesgos	***Incendios***
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Acumulación de material combustible Almacenamiento y trasvase de productos inflamables Entorno rural y forestal del trabajo Proyecciones de chispas de herramientas de corte Proyecciones de partículas calientes (oxicorte)	Se limitará la cantidad de sustancias combustibles en los lugares de trabajo Los combustibles se almacenarán en locales y recipientes adecuados En la medida de lo posible se evitará trabajar con sustancias de elevada inflamabilidad

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Riesgos	Incendios
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
	Se deberá cumplir la reglamentación vigente para la protección contra incendios forestales Las instalaciones eléctricas de btcumplirán las reglamentaciones vigentes en particular en lo relativo a cargas, protecciones Se dotarán los lugares de trabajos de extintores portátiles adecuados

Riesgos	Proyecciones
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Impacto por fragmentos o partículas proyectadas por las palas Impacto por fragmentos o partículas sólidas al cortar o trocear Impacto por fragmentos o partículas sólidas proyectadas Impacto por fragmentos o partículas sólidas Proyecciones de sistema neumático de herramientas de corte Proyecciones líquidas Proyecciones por polvo de lijado (no tóxico) durante la confección de terminales	No hacer coincidir si es posible las máquinas que puedan originar proyecciones,con otros trabajadores Instalar pantallas de separación o mantas para evitar la dispersión de proyecciones Delimitar o señalizar la zona donde se puedan producir proyecciones Utilizar gafas o pantalla facial Utilizar ropa de trabajo adecuada con manga larga Utilizar casco de protección

Riesgos	Radiaciones no ionizantes
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Exposición a radiación visible o luminosa Exposición a radiación infrarroja	Utilización de gafas de protección o careta facial □Utilización de mandil o equipo similar Utilización de guantes largos □Utilización de polainas

Riesgos	Ruido
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Exposición a ruido Exposición a ruido de elementos de perforación procedente de máquinas y equipos de corte Exposición a ruido de máquinas para demolición y derribos Exposición a ruido de máquinas de excavación y rellenos Exposición a ruido de máquinas de carga y transporte Exposición a ruido de motosierras	Aislar equipo generados del ruido Sustituir herramienta pon otra con mejores aislamientos Utilizar protectores antirruido

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Riesgos	Ruido
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Exposición a ruido originado por la nave	

Riesgos	Sobreesfuerzos
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Esfuerzo por el uso de herramientas de apriete de tornillería Esfuerzo por el uso de herramientas Esfuerzos al colocar encofrados Esfuerzos al colocar entablados de entibaciones Esfuerzos al empujar o colocar anclajes Esfuerzos al empujar o posicionar cajones prefabricados Esfuerzos al empujar o tirar de las barras de la estructura Esfuerzos al empujar o tirar de los cables aislados Esfuerzos al empujar o tirar de objetos Esfuerzos al empujar o tirar para cosido de las barras Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas Esfuerzos al levantar, sostener o manipular materiales de armado Esfuerzos al manipular elementos desmontados Esfuerzos al retirar material de desbroce Limitaciones físicas por falta de entrenamiento Movimientos bruscos de la carga mientras está suspendida Movimientos bruscos	Utilizar las herramientas adecuadas siguiendo las instrucciones del fabricante Potenciar los hábitos correctos de trabajo Emplear solo operarios formados en los métodos y procedimientos de trabajo seguros en la manipulación de cargas

Riesgos	Ventilación
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Atmósferas bajas en oxígeno Ventilación ambiental insuficiente en el interior de la galería Ventilación ambiental insuficiente en fondo del hoyo Ventilación ambiental insuficiente Ventilación excesiva por corrientes de aires	Medir la calidad del aire Prever la necesidad de ventilación forzada Siempre que se dude de la calidad del aire, utilizar equipos de renovación forzada Según los resultados se dispondrá de equipos autónomos de respiración

Riesgos	Vibraciones
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Exposición a vibraciones de herramientas de perforación	Utilizar faja antivibraciones Limitar los tiempos de exposición

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Riesgos	*Vibraciones*
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Exposición a vibraciones de máquinas Exposición a vibraciones de herramientas de demolición y derribos	

Riesgos	*Vuelco de vehículos*
Situaciones de riesgo	**Medidas de prevención y de protección**
Salida de vehículos de caminos de acceso Vuelco de vehículos por accidente de tráfico	*Actuaciones sobre el vehículo: Revisión de cada vehículo ITV Control diario antes de su utilización/lista de chequeo Cumplimiento del plan de mantenimiento de cada vehículo Comunicación de anomalías detectadas durante su utilización *Actuaciones sobre la vía: Conocimiento de las características de las vías y caminos Protección pasiva de la zona de trabajo, señalización

2.10.5 Revisión

La evaluación de riesgos debe estar incluida en un proceso de perfeccionamiento permanente lo que exige revisiones de acuerdo a las siguientes pautas:

- Cuando así lo diga una disposición específica.
- Cuando se hayan detectado daños a la salud.
- Cuando las acciones correctoras no han sido las más adecuadas o insuficientes.
- Cuando lo acuerden la empresa y los representantes de los trabajadores.
- Como resultado de la investigación de los accidentes de trabajo.

2.11 PLANIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA

2.11.1 Organización de la Seguridad

La organización de seguridad que se establezca en la obra debe garantizar que todos los intervinientes tanto de Red Eléctrica como de los Contratistas Adjudicatarios participen en el desarrollo de la Prevención. De forma específica se establece lo siguiente:

Reunión de Lanzamiento

Antes del inicio de los trabajos, en la reunión de lanzamiento de trabajos entre Red Eléctrica y la Empresas Contratista se examinarán los siguientes temas:

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Verificación de que el Adjudicatario y/o sus Subcontratistas son Empresa Calificadas
- Análisis del Plan de Seguridad presentado.
- Planificación de los trabajos que se van a efectuar.
- Consideraciones sobre las funciones de las personas con responsabilidad en los trabajos y en la instalación.
- Horarios de trabajo de los intervinientes y consideraciones al respecto

De común acuerdo se establecerá la delimitación física a implantar en las zonas de mayor riesgo, así como accesos y lugares de paso para personas y vehículos.

Coordinador en Materia de Seguridad y Salud

Las tareas de Obra Civil, Armado e Izado y Tendido estarán programadas en periodos distintos y en espacios no interferidos, no obstante sobre la base del Art. 3 del R.D. 1627/97, Red Eléctrica en su calidad de Promotor procederá a nombrar Coordinador en Materia de Seguridad.

El Coordinador se integrará en el Equipo del Anteproyecto y pasará a formar parte de la Dirección Técnica de la Obra. Red Eléctrica podrá nombrar Coordinador de Seguridad y Salud bien a una persona del Servicio de Prevención que cumpla los requerimientos legales exigibles, o será contratado para ese menester con las siguientes funciones que le asigna el mencionado R.D. 1627/97:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención en la planificación de los distintos trabajos o fases de trabajos.
- Coordinar actividades de Contratistas y Subcontratistas caso que los hubiera.
- Hacer que se apliquen los contenidos de los Planes de Seguridad elaborado por los Contratistas.
- Realizar funciones de control de la seguridad.
- Adoptar medidas encaminadas a evitar la presencia en Obra de personas no autorizadas.

Dirección Técnica de la Obra

La dirección de los trabajos será ejecutada por una persona o por varias de las integradas en el equipo del anteproyecto a fin de que se dé cumplimiento a los cometidos legales de la Dirección Técnica.

La Dirección Técnica adoptará cuantas soluciones técnicas sean necesarias para la eliminación de los riesgos. El Coordinador de Seguridad asistirá a la Dirección Técnica en los temas relativos a la Prevención

RED ELECTRICA podrá nombrar para la dirección técnica bien a personas de su organización o será contratada para ese menester.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Supervisor de Obra

Como representante permanente de REE en obra, o con presencia muy frecuente, se nombrará un Supervisor en Obra. Completará su cometido en aspectos técnicos con las siguientes actuaciones de prevención:

- Fomentar entre los jefes de trabajo del Contratista el cumplimiento de las medidas contempladas en los documento de seguridad aprobados.
- Velar para que solo las personas establecidas en los documento de seguridad aprobados accedan a la obra.
- Verificar el cumplimiento de las medidas de seguridad contenidas en los documentos de aprobados.
- Velar para que todo el personal sea informado de los riesgos previstos en el momento de su incorporación a la obra.
- Realizar las inspecciones de seguridad que se le asignen en la forma que estén establecidas

RED ELECTRICA podrá nombrar para la supervisión bien a personas de su organización o será contratada para ese menester.

Jefe de Obra / Jefes de Trabajo de la Empresa Contratista

La/s persona/s que ejerzan las funciones de Jefe de Obra / Jefes de Trabajo de la/s Empresa/s Contratista/ garantizará/n que los trabajadores conocen y aplican los principios de acción preventiva expuestos en este documento.

Los Jefes de Obra / Jefes de Trabajo de la Empresa adjudicataria del Armado, Izado y Tendido estarán previamente homologados en seguridad, dentro del programa general de homologación establecido por el servicio de prevención de Red Eléctrica.

El Jefe de Obra deberá establecer la forma de comunicar la información sensible que deba comunicar a los trabajadores.

Recurso Preventivo de la Empresa Contratista

La Empresa Contratista reflejará en el Plan de Seguridad el nombre de una persona de su organización que actuará como su Recurso Preventivo para los trabajos, con los cometidos que le confiere la legislación laboral

Le serán asignadas las siguientes funciones:

- Informar a su Jefe de Obra y a sus Jefes de Trabajo de las condiciones de seguridad en que se desarrollan las actividades.
- Vigilar que los trabajos se realizan conforme a las normas generales de Seguridad recogidas en este Estudio y a las particulares de su Plan de Seguridad.
- Motivar a sus trabajadores para cooperar en la aplicación de las normas de Seguridad.
- Detectar condiciones peligrosas y proponer a su Jefe de Obra medidas de solución.
- Representar a su Empresa en la investigación de accidentes y aportar soluciones para evitar su repetición.
- Efectuar las inspecciones de Seguridad que a su Empresa le estén asignadas.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La Empresa Contratista acreditará que ha nombrado como Recurso Preventivo a una persona con formación en temas de Seguridad (cursillo, prueba, etc.) o con suficiente experiencia para desarrollar este cometido.

El Jefe de Obra organizará el trabajo del Recurso Preventivo pondrá a su disposición los medios precisos para que pueda desarrollar las funciones anteriormente asignadas.

Comisión de Seguridad en Obra.

Se constituye esta Comisión como complemento o ayuda al deber de coordinación de actividades empresariales, además de efectuar el seguimiento periódico de las Condiciones de Seguridad en la obra y valorar la aplicación de los Planes de Seguridad.

Está formada por:

Presidente:	Director de Anteproyecto
Secretario:	Coordinador en Materia de Seguridad y Salud, en su defecto el Supervisor.
Vocales:	Técnico de Apoyo a la Construcción.
	Supervisor/es de Obra
	Técnico de Seguridad de REE
	Jefes de Obra de las Empresas Contratistas
	Recursos Preventivos de las Empresas Contratistas
Invitados	Técnico de Seguridad de Empresas Contratistas
	Encargados / Jedes de Equipo de Contratistas

Esta Comisión se reunirá trimestralmente siempre que el avance de la ejecución de la obra lo aconseje, o en el plazo más breve posible caso de producirse un accidente grave. También podrá ser convocada extraordinariamente cuando las circunstancias lo aconsejen.

Entre las funciones de la Comisión figurarán las siguientes:

- Elaborar las directrices a seguir en materia de Seguridad, en consonancia con las circunstancias específica de la Obra.
- Analizar la Seguridad en la Obra, estudiando la accidentabilidad en la obra los incidentes más significativos, así como el cumplimiento de las medidas de indicadas en el Estudio y en los Planes de Seguridad
- Control de los programas de formación para los trabajadores que intervienen en la Obra
- Valoración de los resultados de las inspecciones de Seguridad asignadas.
- Revisión del funcionamiento de los Planes de Seguridad establecidos y proponer posibles modificaciones.
- Situación del material de Seguridad.
- Análisis de los métodos de trabajo utilizados y propuesta de soluciones para mejorar el nivel de seguridad.

La Comisión podrá convocar a sus reuniones a Encargados/Jefes de Equipo de las Empresas Contratistas y a Supervisores contratados.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

De lo tratado en las reuniones el Secretario redactará un acta resumen que enviará a los restantes miembros en el plazo más breve posible.

Documentación de Seguridad

La documentación que afecta a la obra, su ubicación y el control que se establece sobre ella se indica en la tabla siguiente.

Documento	Ubicación	Control
Estudio de Seguridad	En Obra	Incluido en la carpeta de construcción
Plan de Seguridad aprobado	En Obra	En poder del Jefe de Trabajos
Adhesión Subcontratistas al Plan	En Obra	Estará incluida en el Plan de Seguridad
Autorización de Trabajo	En Obra	En poder del Jefe de Trabajo
Libro de Incidencias	En Obra	A disposición de los intervinientes
Apertura Centro de Trabajo	En Obra	A disposición de Supervisor
Reconocimientos Médicos	En la Empresa	A disposición de la Dirección Técnica
Entrega de EPI's	En la Empresa	A disposición
Información de Riesgos	En Obra	Entregada o expuesta
Nombramiento Recurso Preventivo	-	Estará indicado en el Plan de Seguridad
Historial formación prevención	En la Empresa	A disposición de la Dirección Técnica
Registros Formación en obra	En Obra	A disposición del Coordinador
Dirección y Tfno Mutua Acc.	-	Estará indicado en el Plan de Seguridad
Dirección Hospital Próximo	-	Estará indicado en el Plan de Seguridad
Alta en la SS	En la Empresa	A disposición de la Dirección Técnica
TC2 Trabajadores	En la Empresa	A disposición de la Dirección Técnica
Contrato del trabajador	En la Empresa	Por REE, antes de la adjudicación
Permiso de trabajo	En la Empresa	Por REE, antes de la adjudicación
Control de Maquinaria	En Obra	Requiere autorización del Coordinador
Autorización usuario maquinaria	-	Estará indicado en el Plan de Seguridad
Datos empresas subcontratistas	-	Estará indicado en el Plan de Seguridad
Autorización de Subcontratación	En Obra	Incluida en el Plan de Seguridad
Libro de Subcontratación	En Obra	A disposición de la Dirección Técnica
Certificado corriente pago SS	En la Empresa	A disposición de la Dirección Técnica
Contrato SP Ajeno	En la Empresa	Se indicará en el Plan de Seguridad
Teléfono Asistencia Médica	el 112	Estará en el Plan de Seguridad
Calendario Laboral	En la Empresa	
Seguro de Responsabilidad Civil	En la Empresa	Por REE, antes de la adjudicación
Seguro de accidentes	En la Empresa	Por REE, antes de la adjudicación
Hojas Inspección Trabajos	En Obra	Coordinador / Supervisor
Hojas Notificación Accidentes	En Obra	Coordinador / Supervisor
Hojas Notificación Incidentes	**En Obra**	**Coordinador / Supervisor**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La documentación de seguridad a la que se refiere la tabla anterior, afecta a todo Adjudicatario de REE que realice trabajos en la Obra.

Cualquier otro personal ajeno a REE que acceda como auditor, supervisor, inspector, coordinador, visita universitaria, autoridad, periodista, etc.… no requiere documentación laboral, pero tendrá restringida su presencia a las zonas de riesgo nulo.

Si otro personal ajeno que no sea del Adjudicatario, ha de acceder a zona o a actividad de riesgo, se le exigirá organización y documentación como a otro adjudicatario que trabaja.

2.11.2 Principios Generales aplicables durante la ejecución de la obra

De conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios de la acción preventiva que se recogen en su artículo 15 se aplicarán durante la ejecución de la obra:

- Considerar las capacidades profesionales de los trabajadores en materia de seguridad y salud a la hora de asignarles tareas.
- Garantizar que solo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada pueden acceder a las zonas de riesgo grave o específico.
- Dar las debidas instrucciones a los empleados.
- El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- El mantenimiento de los medios y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de trabajo, almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.
- La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- La eliminación o evacuación diaria de residuos y escombros.
- La adaptación, en función de la evolución de obra, del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre Red Eléctrica y el Contratista.
- Las interacciones e incompatibilidades con los trabajos de mantenimiento que se realicen en la Subestación.

2.11.3 Conocimiento y Formación

El personal de la Empresa Contratista que sea habitual en estos trabajos debe estar instruido en Seguridad, dentro de los programas periódicos de formación establecidos por la Empresa. No obstante en las fechas inmediatas a la incorporación recibirá información específica acorde al trabajo que va a realizar

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La empresa Contratista garantizará que el personal de sus Empresas Subcontratadas será informado del contenido del Plan de Seguridad, antes de incorporarse al trabajo, explicándoseles los riesgos que se presentan y la forma de asistencia a lesionados.

Los operarios que realicen trabajos con riesgo eléctrico tendrán la categoría de "personal autorizado" o "personal cualificado" para las funciones que le asigna el R.D. 614/2001. Esta clasificación vendrá reflejada en el listado de personal para la obra.

Asimismo la Empresa contratista ante la imposibilidad de entregar a cada trabajador una copia del Plan de Seguridad aprobado, entregará o expondrá una relación escueta de las normas básicas que es necesario cumplir.

2.11.4 Medicina Preventiva

Reconocimientos médicos

La Empresa Contratista queda obligada a practicar a los trabajadores que desee contratar para la ejecución de los trabajos, un reconocimiento médico previo a su ingreso, respetando la clasificación de Puesto de Trabajo que dictamine el resultado del reconocimiento médico.

Los trabajadores habituales habrán pasado el reconocimiento periódico anual. Si como consecuencia de este reconocimiento fuera aconsejable el cambio de puesto de trabajo, la Empresa Contratista queda obligada a realizarlo.

En cualquier momento Red Eléctrica podrá solicitar la calificación de estos reconocimientos.

Primeros Auxilios

Todo el personal debe conocer que el número de solicitud de ayuda de primeros auxilios es el 112. La administración dispondrá la ayuda técnica o sanitaria que se necesite.

La Empresa Contratista deberá disponer un botiquín de obra para prestar primero auxilios. Asimismo siempre deberá estar disponible en la obra un vehículo, para evacuar a posibles accidentados.

El Contratista expondrá, de forma bien visible, para conocimiento de todos sus trabajadores la dirección del Centro de Asistencia a posibles accidentados

2.11.5 Medios de protección

Antes del inicio de los trabajos todo el material de seguridad estará disponible en la obra, tanto el de asignación personal como el de utilización colectiva.

Así mismo, todos los equipos de protección individual se ajustarán a lo indicado en el R.D. 773/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, haciéndose especial hincapié a los artículos 4,5,6 y 7, referentes a: Criterio para el empleo de los EPI; Condiciones que deben reunir los EPI; Elección de los EPI y Utilización; Mantenimiento de los EPI, respectivamente.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Denominación	Descripción	Dotación	Actividad
Casco de protección	Cumplirá la norma UNE EN-397, debiendo proteger y reducir las consecuencias destructivas de los golpes en la cabeza. Limitando la presión aplicada al cráneo, distribuyendo la fuerza del impacto sobre la mayor superficie posible, desviando los objetos que caigan, por medio de una forma adecuada y disipando la energía del impacto.	Personal	Obra Civil Armado e Izado Tendido
Calzado de uso profesional	Deberá cumplir con la norma UNE EN-345. Debiendo incorporar tope o puntera de seguridad que garantice una protección suficiente frente al impacto, con una energía equivalente de 200J en el momento del choque, y frente a la compresión estática bajo una carga de 15kN. Así como, una resistencia a la perforación de la suela hasta una fuerza de penetración de 1100N.	Personal	Obra Civil Armado e Izado Tendido
Guantes contra riesgos mecánicos	Serán elegidos según el tipo de trabajo siguiendo la norma UNE EN-388, indicadora de los niveles de prestación del guante respecto a los riesgos definidos por la norma UNE EN-420 para este tipo de guante (riesgos de abrasión, corte por cuchilla, rasgado y perforación).	Personal	Obra Civil Armado e Izado Tendido
Protección auditiva	Deben de cumplir la norma UNE EN 352-1. En su selección se tendrá en cuenta los niveles de ruido a atenuar, y la compatibilidad con la utilización de otro tipo de EPI.	Personal	Obra Civil
Gafas Antiimpactos	Acorde a la norma UNE EN 166. Eligiendo el tipo de gafa (ocular y montura) atendiendo a la velocidad y energía del tipo de proyecciones que se puedan producir.	Personal	Obra Civil Armado e Izado
Mascarilla respiratoria	Conforme a normas UNE EN 140 y UNE 81210. Eligiéndose de acuerdo al tipo de agente nocivo y al nivel de su concentración en el ambiente.	Personal	Obra Civil
Arnés de seguridad	Deberá cumplir las normas UNE-EN 361 y 358. En obra Civil podrá utilizarse arnés de cintura, siendo preferible el arnés completo en los trabajos de armado, izado y tendido.	Personal	Obra Civil Armado e Izado Tendido
Dispositivos deslizantes anticaída y complementos	Conforme a norma UNE EN 353-2.	Personal	Obra Civil Armado e Izado Tendido
Botas de agua	Deberá restringirse su uso para los trabajos en suelos húmedos o encharcados, cuando el trabajo a realizar no existan riesgos mecánicos. Excepto que la bota disponga de puntera y plantilla metálica conforme a la norma UNE EN-345.	Personal	Obra Civil Armado e Izado Tendido
Trajes impermeables		Personal	Obra Civil Armado e Izado Tendido
Ropa de trabajo		Personal	Obra Civil Armado e Izado Tendido
Cuerda para línea de seguridad y complementos	Conforme a norma UNE EN-352-2.	Colectiva	Obra Civil Armado e Izado Tendido
Guantes aislantes de A.T.	Conforme a la norma UNE EN-60903, marcado CE de clase III. Adecuados a la tensión sobre la que se va a trabajar.	Colectiva	Armado e Izado Tendido

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Denominación	Descripción	Dotación	Actividad
Pértigas aislantes	Deberá cumplir las normas UNE 60832 y 60855. Siendo de la longitud adecuada a la tensión sobre la que se va a trabajar.	Colectiva	Armado e Izado Tendido
Verificadores de tensión	Se utilizar preferentemente detectores de contacto, deberán cumplir con la norma UNE EN-61243-1. Se elegirán atendiendo a la tensión a verificar.	Colectiva	Armado e Izado Tendido
Equipos de P.A.T.	Serán conformes respecto a la norma UNE EN-61230. Su elección vendrá impuesta por la corriente de cortocircuito previsible en la instalación..	Colectiva	Armado e Izado Tendido
Malla perforada y complementos	Red mallada naranja, para la delimitación de la zona de trabajo. Deberá cumplir la norma UNE 81501 “Señalización de seguridad en los lugares de trabajo”. El conjunto debe ser estable y delimitar perfectamente la zona de trabajo.	Colectiva	Obra Civil
Cinta o cadena de delimitación	Para la delimitación de la zona de trabajo. Deberá cumplir la norma UNE 81501 “Señalización de seguridad en los lugares de trabajo”. El conjunto debe ser estable y delimitar perfectamente la zona de trabajo.	Colectiva	Obra Civil Armado e Izado Tendido
Capuchones protección para esperas de ferralla	De material plástico removible.	Colectiva	Obra Civil
Señales de seguridad	Se dispondrá de señales relativas a los riesgos y obligaciones existentes en obra, conforme a lo descrito en el R.D. 485.	Colectiva	Obra Civil
Botiquín de primeros auxilios	Con dotación establecida según criterios médicos.	Colectiva	Obra Civil Armado e Izado Tendido
Tablero o camilla de evacuación	Con diseño ergonómico para facilidad de traslado.	Colectiva	Obra Civil Armado e Izado Tendido
Extintores	Los agentes extintores serán adecuados a los tipos de fuego previsibles, según se indica en la norma UNE EN 23010.	Colectiva	Obra Civil Armado e izado Tendido

2.12 INICIO DE LOS TRABAJOS

A efectos de seguridad cada Empresa Adjudicataria iniciará los trabajos solo cuando el Plan de Seguridad que presente la Empresa ha sido aprobado.

En instalaciones en servicio es también requisito imprescindible que se haya emitido una Autorización de Trabajo (impreso M005) por la Unidad responsable de la instalación en servicio.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.13 SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LOS TRABAJOS

2.13.1 Objeto

La mejora de las instalaciones, de la maquinaria y de la aplicación de los reglamentos contribuye de forma determinante a la reducción de la siniestralidad laboral, pero una vez conseguida esta etapa, ha de conseguirse un enfoque de la prevención basada en la observación del comportamiento.

Las Observaciones Preventivas de Seguridad ofrecen un control directo sobre los riesgos generados en la actividad, se implantarán en la obra a fin de:

- Comprobar que las medidas adoptadas son las correctas y se cumplen.
- Controlar periódicamente las condiciones de trabajo.
- Interponer medidas correctoras.
-

2.13.2 Forma de ejecución

Se actuará analizando in situ el comportamiento de los responsables de los trabajos y de sus trabajadores con el objeto de reforzar hábitos y comportamientos eficaces.

Cada Adjudicatario establecerá en su Plan de Seguridad la forma y periodicidad en que realizará sus inspecciones. En su defecto las inspecciones serán realizadas por el Recurso Preventivo y tendrán una periodicidad de 15 días.

Red Eléctrica emplearán plantillas de Inspección de Seguridad ajustadas a cada actividad, de las que se encuentran en el apartado de Impresos “Modelos para Inspecciones de Seguridad” (ver ANEXO 3. Impresos y). Las inspecciones serán realizadas en la forma que esté regulada en la norma general y de forma extraordinaria podrán ser realizadas por Servicio de Prevención en sus visitas a la Obra.

2.13.3 Petición de acciones correctoras

Las inspecciones podrán generar una petición de acciones correctoras, que Red Eléctrica hará llegar al Adjudicatario. Cualquier trabajador presente en Obra podrá elaborar una petición de acciones correctoras como consecuencia de una Notificación de Riesgos donde se relate la anomalía que ha sido detectada y posteriormente el resultado de la actuación que se ha tomado al respecto.

Se utilizará el formato recogido en el apartado de Impresos. (ver ANEXO 3, Forma de comunicación de accidentes)

2.13.4 Información sobre accidentabilidad.

Siempre que se produzca un accidente que requiera asistencia médica se confeccionará un parte de Notificación de Accidentes, cumplimentado por el Responsable de Seguridad del adjudicatario. En caso de producirse un accidente grave, debe darse conocimiento del mismo a Red Eléctrica de España, S.A.U. con la mayor brevedad.

Con objeto de que Red Eléctrica de España, S.A.U. efectúe un seguimiento estadístico de los Trabajos, la Empresa Contratista entregará mensualmente una Plantilla de Notificación de Actividad y Accidentes Asociados.

Se emplearán los formatos indicados en el ANEXO 3.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.13.5 Medición del desempeño

Las actuaciones preventivas en la Obra serán incluidas en el sistema de de valoración anual de los proveedores de REE, en materia de Prevención de Riesgos Laborales.

Los datos necesarios para medir los resultados en prevención tienen su fuente en:

- La información que periódicamente y de forma contractual envían nuestros proveedores referentes a su accidentabilidad.
- Los resultados de las inspecciones de seguridad que de forma reglamentaria ejecutan los técnicos de seguridad, supervisores de trabajos y coordinadores.
- Los documentos de seguridad aprobados a los contratistas (planes y procedimientos) y las actuaciones que contemplan.

La medición se realizará por actividad. Cuando una empresa realice actividades diferentes para REE, la medición se hará por separado para cada actividad.

Para llevar a cabo la medición se contemplarán y valorarán los siguientes epígrafes:

Gestión y resultados de la accidentabilidad.

La accidentabilidad de una empresa es la que afecte a sus trabajadores y a los trabajadores de sus subcontratistas de cualquier nivel.

Se medirá para cada empresa la gestión y el resultado de su accidentabilidad

a). La gestión se medirá mediante el factor **λ_1**que mide el número de sus accidentes mayores con respecto a su siniestralidad total.

siendo**λ_1** = $\dfrac{n^o accidentes\, mayores\,(graves,\ muy\ graves, mortales)}{n^o\ accidentes\, totales\,(con\ baja, \sin baja) + n^o\ incidentes}\ \%$

b). La accidentabilidad se medirá mediante el factor **λ_2**que compara el índice de gravedadde la empresa (**I**gEmpresa) con el índice de gravedad del conjunto de todas las empresas que hacen la misma actividad (**I**gTotal -sin baremo-)

siendo**λ_2** = $\dfrac{I_{g\ Empresa}}{I_{g\ Total\ (Sin\, baremo)}}$

Actuación del servicio de prevención

La actuación del servicio de prevención de cada empresa se medirá mediante el factor **λ3** que asignan los técnicos de seguridad de REE, tras consideración de:

- Las visitas informadas a REE que el SP del Adjudicatario ha realizado a obras.
- La eficacia en la gestión de las actuaciones correctivas, tras accidentes e incidentes, que el SP del Adjudicatario ha adoptado.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Rotación de personal

La rotación de personal se refiere a la del personal propio de la empresa y a la del personal de sus subcontratistas de cualquier nivel.

Se valorará la media de revisiones de cada Plan / Procedimiento de Seguridad que la empresa haya efectuado en todas las obras de la actividad

$$\text{siendo } \lambda_4 = \frac{\sum N^{o}\, de.actualizaciones.de.planes.de.seguridad}{\sum\ Horas.trabajadas \times \left(10^{-3}\right)}$$

Resultados de inspecciones de seguridad.

Las inspecciones aplican a las actividades de la empresa y a las actividades de sus subcontratistas de cualquier nivel.

Se valorará para cada empresa la puntuación media de deficiencias registradas como consecuencias de las inspecciones de seguridad, conforme a los siguientes criterios:

- 1 punto por cada deficiencia administrativa
- 5 puntos por deficiencia de seguridad
- 10 puntos por deficiencia de seguridad grave
- 2 puntos en caso de deficiencia repetida.

$$\text{siendo } \lambda_5 = \frac{\sum puntuación\ deficiencias}{\sum\ Horas..trabajadas \times (10)^{-3}}$$

Notificaciones de riesgos

Se medirá la rapidez en la adopción de medidas correctivas

$$\text{siendo } \lambda_6 = q\,\frac{\sum días.empleado.en.evidenciar.la.adopción.de.medidas.correctivas}{\sum Horas.trabajadas \times \left(10^{-3}\right)}$$

Subcontratación empleada

Se medirá la subcontratación que la empresa realice en obras

$$\text{siendo } \lambda_7 = \frac{\sum Trabajadores...Subcontratados \times n^{o}\ empresas..subcontratistas}{\sum Horas.trabajadas \times \left(10^{-3}\right)}$$

2.14 LOCALES DE DESCANSO Y SERVICIOS HIGIÉNICOS

A tenor de lo establecido en el R.D. 486/1997 sobre Disposiciones Mínima de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo y particularmente en su Anexo V, el Contratista dispondrá en sus instalaciones (almacén) de una caseta de obra para ser usada como lugar de descanso.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

En la obra al tratarse de una actividad itinerante y sin actividad continua, no se dispondrá de locales de descanso; el alojamiento de los trabajadores en las poblaciones próximas a la obra, suplirá esta exigencia.

2.15 DISPOSICIONES DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN

2.15.1 Vías de Evacuación

En los tramos en galería, siempre existirán dos vías o salidas de emergencia para una posible evacuación, señaladas convenientemente.

Las vías de circulación de personas deben permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona segura libre de interferencias.

Las mangueras de alimentación eléctrica, agua, aire o de cualquier otro elemento deben ir colgadas de los muros, paredes, pilares o soportes al respecto. Si han de cruzar las vías de circulación lo harán perpendicularmente y protegidas de forma que no supongan riesgos de tropezones y caídas.

La anchura de las vías de circulación será como mínimo de 90 cm. Se incrementará en función de las dimensiones de los locales y del número de personas que puedan estar presentes en la Obra.

Las vías de circulación y las puertas que dan acceso a ellas no deben estar obstruidas por ningún acopio temporal ni definitivo de cualquier objeto ni por el campo de accionamiento de cualquier maquinaria, ya sea fija o desplazable, que esté ubicada en su proximidad.

Si se desea que un espacio no sea considerado vía de circulación debe ser señalizado al efecto con elementos permanentes de señalización o delimitación.

2.15.2 Iluminación

Los lugares de trabajo en la obra deberán disponer, en la medida de lo posible, de suficiente luz natural (generalidad de los trabajos de construcción) y tener una iluminación artificial adecuada y suficiente si se realizan actividades durante la noche o bajo rasante y cuando no sea suficiente la luz natural. En este último caso se deberán tener algunas consideraciones al respecto:

Las instalaciones de iluminación de los puestos de trabajo y de las vías de circulación deberán estar colocadas de tal manera que el tipo de iluminación previsto no suponga riesgo de accidente para los trabajadores.

En su caso, se utilizarán puntos de iluminación portátiles con protección antichoques.

El color utilizado para la iluminación artificial no podrá alterar o influir en la percepción de las señales o paneles de señalización.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

En el caso, que se realicen trabajos en horario nocturno y en galerías bajo rasante se detallará la necesidad en el Plan de Seguridad, se instalará un sistema de alumbrado adecuado (nivel de iluminación) al trabajo que se va a realizar en disposición que será siempre cenital y que incluirá las vías de acceso y descenso a los puntos de trabajo. Complementando al sistema de alumbrado se dispondrá de una alternativa de emergencia de suficiente intensidad (linternas o cualquier otro sistema portátil o fijo).

Será necesaria la instalación de alumbrado, que será instalado al comenzar los trabajos y tendrá carácter definitivo, en los tramos de galería que ahora están sin acondicionar.

2.15.3 Instalaciones de suministro y reparto de energía

Se empleará un grupo electrógeno pequeño para el suministro puntual de la energía eléctrica que requiere algún equipo de trabajo.

Las instalaciones de suministro y reparto de energía en la obra deberán proyectarse, instalarse y utilizarse de manera que no entrañen peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

Los grados de protección proporcionados por las envolventes de los distintos materiales utilizados en las instalaciones eléctricas (códigos IP e IK) situadas en el interior de los locales se adecuarán al uso previsto para los mismos.

En el caso de instalaciones de intemperie, el grado de protección será IP45 para los envolventes, aparamenta, las tomas de corriente y los demás elementos de la instalación, e IK08 para los envolventes contra los impactos mecánicos.

Cuando se trate de instalaciones eléctricas el acceso a las partes activas de las mismas quedará limitado a trabajadores autorizados o cualificados.

2.15.4 Ventilación

En los trabajos en galerías, previo al acceso al recinto y durante su permanencia en el mismo, se procederá a las determinaciones higiénicas oportunas de la atmósfera confinada que posibiliten conocer si los valores de oxigeno son suficientes o si los niveles de contaminantes tóxicos o inflamables están por encima de los niveles máximos permitidos.

Los trabajos a realizar en este tipo de recintos deberán en todo momento tener vigilancia desde el exterior, con una comunicación continua entre los trabajadores que permanezcan en el interior y exterior del recinto confinado. Tomándose todas las debidas precauciones para que se le pueda prestar auxilio eficaz e inmediato.

Dado que será necesario utilizar herramientas o máquinas que producen gases o vapores que reducen de forma peligrosa la concentración de oxigeno (<18%), y no está asegurada una buena renovación del aire existente en el lugar de trabajo, se instalará un sistema de ventilación de aire limpio.

Al preverse la existencia de contaminantes inflamables, las herramientas a utilizar serán compatibles con el riesgo detectado (herramientas antideflagrantes).

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.15.5 Ambientes nocivos y factores atmosféricos:

Los trabajadores no deberán estar expuestos a niveles sonoros nocivos ni a factores externos nocivos (gases, vapores, polvo,...), sin la protección adecuada.

La planificación de tareas que requieran un consumo metabólico alto se planificarán para que no coincidan con los periodos de temperatura extremos.

En caso de tormenta eléctrica se suspenderán los trabajos.

2.15.6 Detección y lucha contra incendios:

Para los trabajos que comporten la introducción de llama o de equipo productor de chispas en zonas con riesgo de incendio o de explosión, será necesario tener un permiso de forma explícita, hecho por una persona responsable, donde aparte de las fechas inicial y final, la naturaleza y la localización del trabajo y el equipo a usar, se indicarán las precauciones a adoptar respecto a los combustibles presentes (sólidos, líquidos, gases, vapores, polvo), limpieza previa de la zona y los medios adicionales de extinción, vigilancia y ventilación adecuados.

Se limitará la presencia de productos inflamables en los lugares de trabajo en las cantidades estrictamente necesarias para que el proceso productivo no se detenga. El resto, se guardará en locales diferentes al de trabajo, y si esto no fuera posible se hará en recintos aislados y condicionados.

La Obra dispondrá de extintores en la cantidad indicada en el apartado presupuesto. Los extintores deberán situarse en lugares de fácil acceso. En todo caso las distancias recorridas horizontalmente para acceder a un extintor no deben exceder en 25 m. si se trata de fuegos “A” y 15 m. para fuegos “B”.

Se estudiará la instalación de B.I.E.´s en caso de existir en las inmediaciones de acometida de aguas.

2.15.7 Primeros auxilios

Todo el personal debe conocer que el número de solicitud de ayuda de primeros auxilios es el 112. La Administración dispondrá ayuda técnica o sanitaria que se solicite en dicho número.

La Empresa Contratista deberá disponer un botiquín de obra para prestar primero auxilios. Asimismo siempre deberá estar disponible en la obra un vehículo, para evacuar a un posible accidentado.

El Contratista deberá indicar en el Plan de Seguridad y poner en conocimiento de todos sus trabajadores la dirección del Centro de Asistencia a posibles accidentados.

2.16 PLAN DE SEGURIDAD

El Plan de Seguridad que elabore la Empresa adjudicataria de los trabajos debe establecer su forma particular de ejecutarlos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

El Plan de Seguridad debe ser un documento ajustado a las situaciones de riesgos previsibles en la Obra (para lo cual no debe ser un manual de formación, y debe contener un número reducido de páginas que permita una fácil retención de los aspectos más significativos por el Jefe de Trabajos). No es una relación exhaustiva de transcripciones de normas de seguridad.

Como guía el Plan de Seguridad debe contemplar los siguientes aspectos:

- La descripción de la Obra o Actividad adjudicada
- Duración estimada de la Obra y Personal interviniente indicando los oficios de cada uno.
- Deben identificarse las situaciones de mayor riesgo, particularmente el estado de la instalación y la proximidad de elementos en tensión
- Los equipos de trabajo que se utilizarán en la Obra
- Referencia (solo referencia) a documentos de normas generales de seguridad establecidas por el Contratista.
- Referencia (solo referencia) a los documentos de seguridad de REE indicados en la petición de oferta.
- Las normas complementarias de seguridad que sean específicas para este trabajo.
- Relación detallada y cantidad de material de seguridad de que se dispondrá, ya sea el que se expone en el punto “5 - Presupuesto de seguridad” de este Estudio o modificación justificada.
- Planificación de los trabajos
- Indicar la formación en seguridad del personal interviniente. Así como la calificación del personal para trabajos eléctricos.
- Datos referentes a Subcontratistas o declaración expresa de que no habrá Subcontratistas en la Obra
- Organización de la Seguridad en la Obra
- Nominación de personas con responsabilidades
- Control e inspecciones de seguridad en la Obra. Forma de ejecutarlos y registros que se establecen.
- Forma de asistencia a lesionados
- Locales de descanso y servicios higiénicos.
- Información que se proporcionará a los trabajadores

Debe establecerse de qué forma se informará a los trabajadores sobre:

- Los riesgos existentes
- Las medidas de prevención previstas
- Los límites de las Zonas de Trabajo

Se incluirán croquis indicando las medidas de prevención que se establecen:

- Distancias de seguridad a partes en tensión
- Señalización y delimitación que se establecerá.
- Accesos y movimientos previstos para el personal y la maquinaria

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

El Plan de Seguridad una vez aprobado debe ser el documento aplicable en Obra, para lo cual debe estar en poder del Jefe de Trabajo que es su destinatario preferente y del Coordinador de Seguridad.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3. PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 NORMATIVA LEGAL DE APLICACIÓN

La ejecución de la obra, objeto del Estudio de Seguridad, estará regulada por la normativa que a continuación se cita, siendo de obligado cumplimiento para las partes implicadas.

Ley 31/95 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales

con especial atención a:

- Capítulo I
- Objeto, ámbito de aplicaciones y definiciones.

- Capítulo III
- Derechos y obligaciones, con especial atención a:
- Art. 14 Derecho a la protección frente a los riesgos laborales.
- Art. 15 Principios de la acción preventiva.
- Art. 16 Evaluación de riesgos.
- Art. 17 Equipos de trabajo y medios de protección.
- Art. 18 Información, consulta y participación de los trabajadores.
- Art. 19 Formación de los trabajadores.
- Art. 20 Medidas de emergencia.
- Art. 21 Riesgo grave e inminente.
- Art. 22 Vigilancia de la salud.
- Art. 23 Documentación.
- Art. 24 Coordinación de actividades empresariales.
- Art. 25 Protección de trabajadores sensibles a determinados riesgos.
- Art. 29 Obligaciones de los trabajadores, en materia de prevención de riesgos.

- Capítulo IV
- Servicios de prevención:
- Art. 30 Protección y prevención de riesgos profesionales.
- Art. 31 Servicios de prevención.

- Capitulo V
- Consulta y participación de los trabajadores:
- Art. 33 Consulta a los trabajadores.
- Art. 34 Derechos de participación y representación.
- Art. 35 Delegados de prevención.
- Art. 36 Competencias y facultades de los delegados de prevención.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Art. 37 Garantías y sigilo profesional de los delegados de prevención.
- Art. 39 Competencias y facultades del Comité de Seguridad y Salud.
- Art. 40 Colaboración con la Inspección de Trabajo y S.S.

- Capítulo VII
- Responsabilidades y sanciones:
- Art. 42 Responsabilidades y su compatibilidad.
- Art. 43 Requerimientos de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.
- Art. 44 Paralización de trabajo.
- Art. 45 Infracciones administrativas.
- Art. 46 Infracciones leves.
- Art. 47 Infracciones graves.
- Art. 48 Infracciones muy graves.
- Art. 49 Sanciones.
- Art. 50 Reincidencia.
- Art. 51 Prescripción de las infracciones.
- Art. 52 Competencias sancionadoras.
- Art. 53 Suspensión o cierre del centro de trabajo.
- Art. 54 Limitaciones a la facultad de contratar con la Administración.
-

Ley 54/03 de 12 de diciembre, de Reforma del Marco Normativo de la Prevención de Riesgos Laborales

Con especial atención a:

- Capítulo I
- Modificaciones que se introducen en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- Art. 2 Integración de la prevención de riesgos laborales en la empresa
- Art. 3 Coordinación de actividades empresariales
- Art. 4 Organización de recursos para las actividades preventivas
- Art. 6 Reforzamiento de la vigilancia y del control del cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales
- Art. 7 Coordinación de actividades empresariales en las obras de construcción

R.D. 1627/97 de 24 de Octubre sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción

con especial atención a:

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Capítulo II
- Disposiciones específicas de Seguridad y Salud
- Art. 3 Designación de los coordinadores de Seguridad y Salud.
- Art. 4 Obligatoriedad del Estudio de Seguridad y Salud o del Estudio Básico.
- Art. 5 Estudio de Seguridad y Salud.
- Art. 6 Estudio Básico de Seguridad y Salud
- Art. 7 Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo
- Art. 9 Obligaciones del Coordinador en materia de Seguridad y Salud
- Art. 13 Libro de Incidencias.

- Capítulo III
- Derechos de los trabajadores
- Art. 15 Información a los trabajadores.

- Capítulo IV
- Otras disposiciones
- Art. 17 Visado de anteproyectos.
- Art. 18 Aviso Previo.
- Art. 19 Información a la Autoridad Laboral.

- Anexo II
- Relación no exhaustiva de los trabajos que implican riesgos especiales para la Seguridad y Salud de los trabajadores.

<u>R.D. 171/04 de 30 de enero, por el que se desarrolla el Art. 24 de la Ley 31/95, en materia de coordinación en actividades empresariales</u>

Con especial atención a:

- Capítulo I
- Disposiciones generales
- Art. 2 Definiciones
- Art. 3 Objetivos de la coordinación

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Capítulo II
- Concurrencia de trabajadores de varias empresas en un mismo centro de trabajo
- Art. 4 Deber de cooperación
- Art. 5 Medios de coordinación de los empresarios concurrentes

- Capítulo III
- Concurrencia de trabajadores de varias empresas en un centro de trabajo del que un empresario es titular
- Art. 9 Medidas que deben adoptar los empresarios concurrentes

- Capítulo V
- Medios de coordinación
- Art. 11 Relación no exhaustiva de medios de coordinación
- Art. 12 Determinación de los medios de coordinación
- Art. 13 Designación de una o más personas encargadas de la coordinación de las actividades preventivas
- Art. 14 Funciones de la persona o las personas encargadas de la coordinación de las actividades preventivas

R.D. 614/2001 de 8 de Junio sobre disposiciones mínimas para la protección de la Salud y seguridad de los trabajadores frente al Riesgo Eléctrico

con especial atención al:

- Art. 1 Objeto, ámbito de aplicación y definiciones.
- Art. 2 Obligaciones del empresario.
- Art. 3 Instalaciones eléctricas.
- Art. 4 Técnicas y procedimientos de trabajo.
- Art. 5 Formación e información de los trabajadores.
- Anexo I Definiciones.
- Anexo II Trabajos sin tensión.
- Anexo III Trabajos en tensión.
- Anexo IV Maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones.
- Anexo V Trabajos en proximidad.

R.D. 1215/97 de 18 de Julio sobre Equipos de Trabajo

con especial atención a:

- Art. 4 Comprobación de los equipos de trabajo.
- Anexo II 1.Condiciones generales de utilización de los equipos de trabajo.
- // 2.Condiciones generales de utilización de los equipos de trabajo para elevación de cargas.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

R.D. 1644/ 2008, de 10 de Octubre, por el que se establecen las normas para ala comercialización y puesta en servicio de las máquinas

Con especial atención a:

- Anexo I Requisitos esenciales de seguridad y salud relativos al diseño y la fabricación de las máquinas
- Anexo III Marcado "CE"
- Anexo VII A – Expediente técnico de las máquinas

R.D. 486/97 de 14 de Abril sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo

con especial atención a:

- Anexo I Condiciones generales de seguridad en los lugares de trabajo.

R.D. 487/97 de 14 de Abril sobre Manipulación Manual de Cargas

con especial atención a:

- Anexo Factores de riesgo.

R.D. 773/97 de 30 de Mayo sobre Utilización por los Trabajadores de Equipos de Protección Individual

con especial atención a:

- Art. 7 Utilización y mantenimiento de los equipos de protección individual.
- Art. 10 Obligaciones de los trabajadores.
- Anexo III Lista indicativa y no exhaustiva de actividades y sectores de actividades que pueden requerir la utilización de equipos de protección individual.

Orden de 6 de julio de 1984, por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación

Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.

con especial atención a:

- Art. 4 Requisitos exigibles a los contratistas y subcontratistas.
- Art. 5. Régimen de la subcontratación.
- Art. 10 Acreditación de la formación preventiva de los trabajadores.
- Anexo Ficha del Libro de Subcontratación

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3.2 NORMATIVA INTERNA DE RED ELÉCTRICA

La ejecución de la Obra queda igualmente afectada por la normativa de Red Eléctrica que se referencia, a efectos de aspectos más generales que aplican a la Obra.

TM-001 Organización de la Seguridad de los trabajos de construcción

Con especial atención a:

Capítulo: Responsabilidades

- del Técnico de apoyo a la obra
- del Supervisor de obra
- del Coordinador de Seguridad
- del Jefe de Trabajo

IM-002 Medidas de Seguridad en instalaciones de A.T. para trabajos sin tensión.

Con especial atención a:

Capítulo: Responsabilidades

- del Agente de Descargo
- del Jefe de Trabajo
- anexo 2: Creación de la Zona Protegida
- anexo 3: Creación de la Zona de Trabajo

IM-001 Medidas de seguridad en instalaciones de AT para trabajos en tensión

IM-017 Seguridad en los trabajos de cimentaciones de apoyos en líneas

IM-018 Seguridad en los trabajos de armado e Izado de apoyos en líneas

IM-021 Seguridad en trabajos de talas de líneas de alta tensión

IM-043 Seguridad en trabajos de tendido de conductores y C.T. de líneas de A.T.

AM-004 Aplicación de la línea de seguridad para trabajos en alturas

AM-005 Trabajos de manutención manual y mecánica

AM011 Equipos y maquinarias. Normas de Seguridad

Con especial atención a:

- anexo 1: Aparejos de elevación
- anexo 9: Grúa móvil
- anexo 12: Máquinas para Mvto. de tierra
- anexo 13: Motosierra

AM024 Trabajos en espacios confinados

IC-003 Subcontratación por proveedores de Red Eléctrica a terceros

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3.3 POTESTAD DE CONTROL POR PARTE DE RED ELÉCTRICA.

Con independencia de las actuaciones que realice la Empresa Contratista para garantizar la seguridad en los trabajos que se desarrollen, si Red Eléctrica tuviera conocimiento de negligencias que a su juicio pongan en grave peligro la vida de las personas, como por ejemplo se incumplan aquellas normas que tengan por fin la prevención de accidentes de tipo eléctrico o de caída de altura, Red Eléctrica sancionará a la Empresa Contratista conforme a los siguientes criterios:

Hecho sancionado	Cuantía sanción
1er Incumplimiento	amonestación escrita
2º Incumplimiento	1.000 €
3er Incumplimiento	3.000 €
4º Incumplimiento y sucesivos	6.000 €

El 4º incumplimiento podrá llevar aparejada la resolución del contrato con la Empresa Contratista.

Los incumplimientos serán notificados por escrito a la Empresa Contratista y las sanciones serán irrecusables.

Las sanciones se descontarán de las Certificaciones de Obra pendientes de pago.

La Comisión de Seguridad en Obra empleará la totalidad de las cuantías de sanciones en acciones de mejora y motivación de la Seguridad. *(Considerar si hay Comisión)*

Cualquier incumplimiento tendrá una influencia inmediata en la valoración de dicha empresa en la lista de “Calificación de Proveedores de Obras o Servicios” que trabajan para RED ELÉCTRICA.

Cualquier empleado de la Empresa Contratista que sea causa de más de un incumplimiento será retirado inmediatamente de la Obra, comprometiéndose la Empresa Contratista a reemplazarle en 48 horas.

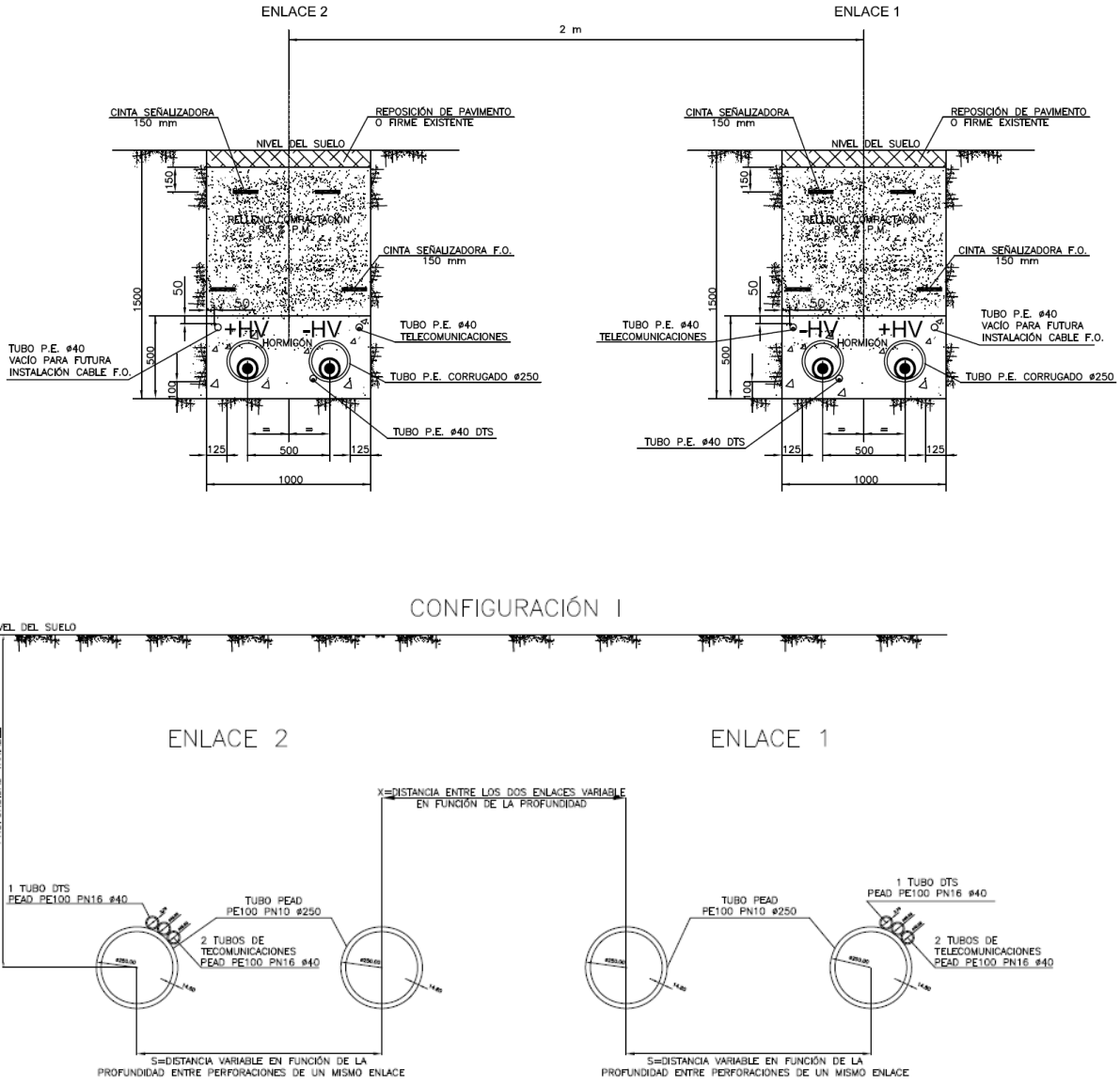
La Empresa Contratista no podrá aludir cualquier actuación de Red Eléctrica para eximirse de su responsabilidad en materia de Seguridad.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

4. CROQUIS Y FICHAS TÉCNICAS

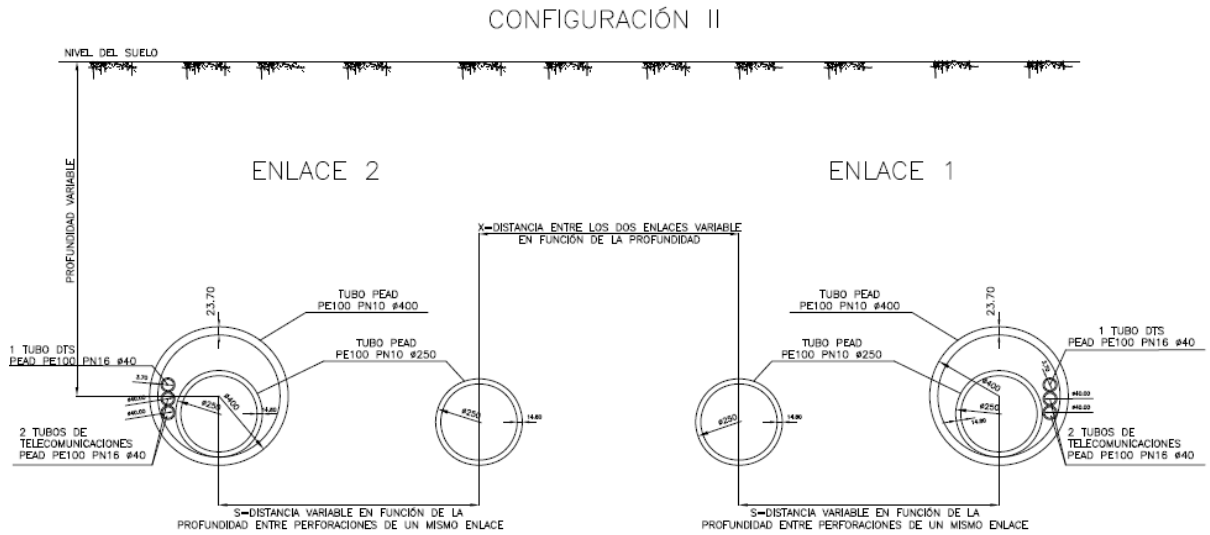
4.1 CROQUIS DE LÍNEAS SUBTERRANEAS

Zanja de la canalización

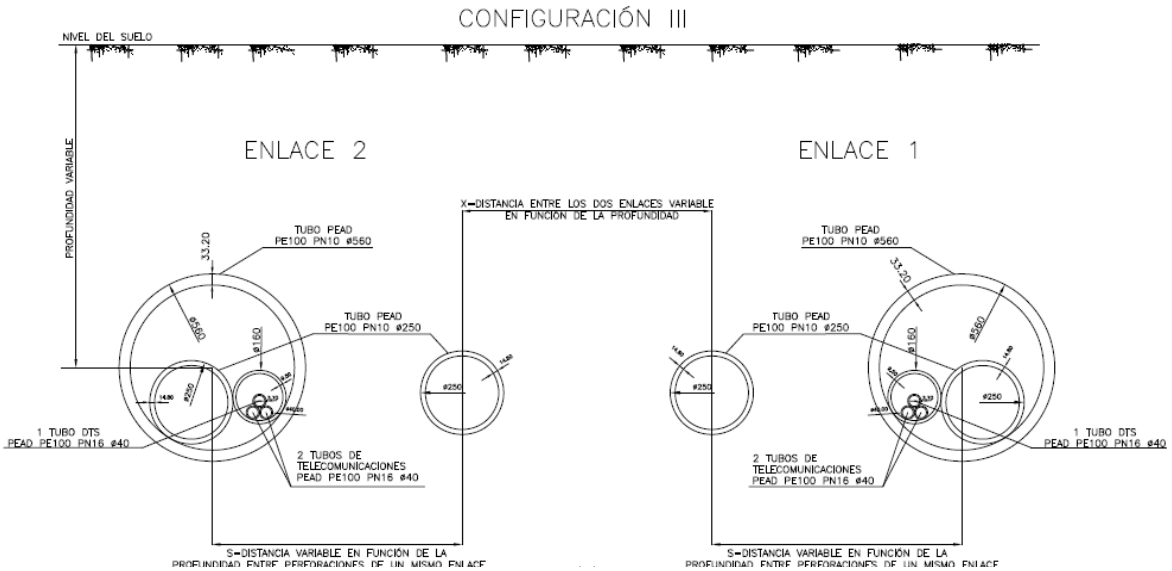


Configuración para perforaciones de hasta 50 m en buen terreno

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

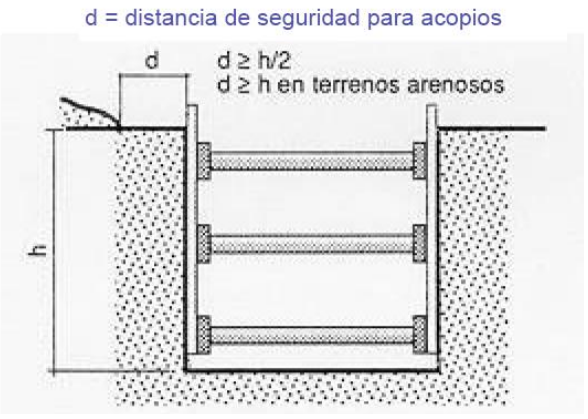


Configuración para perforaciones mayores de 50 m o en mal terreno

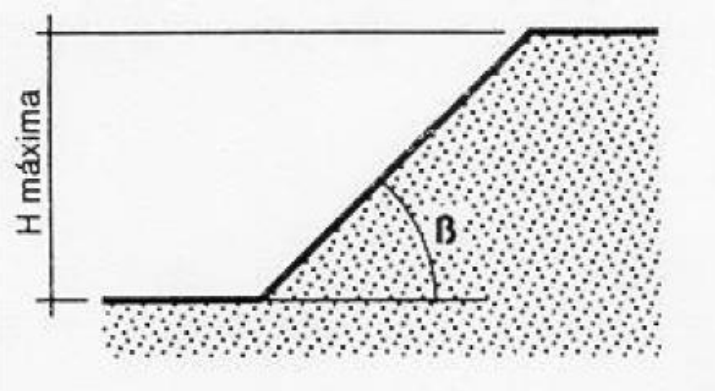


Configuración para perforaciones mayores de 200 metros o en mal terreno extremo

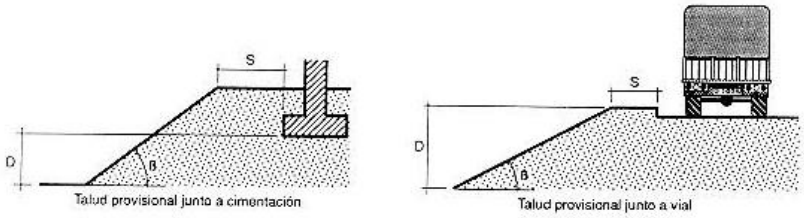




COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Determinación de la altura máx. admisible para taludes libres de solicitaciones						
Tipo de terreno	Angulo de talud β	Resistencia a compresión simple Ru en kg/cm^2				
		0,250	0,375	0,500	0,625	>= 0,750
Arcillas y limos muy plásticos	30	2,40	4,60	6,80	7,00	7,00
	45	2,40	4,00	5,70	7,00	7,00
	60	2,40	3,60	4,90	6,20	7,00
Arcillas y limos de plasticidad media	30	2,40	4,90	7,00	7,00	7,00
	45	2,40	4,10	5,90	7,00	7,00
	60	2,40	3,60	4,90	6,30	7,00
Arcillas y limos poco plásticos.	30	4,50	7,00	7,00	7,00	7,00
	45	3,20	5,40	7,00	7,00	7,00
Arcillas arenosas y arenas arcillosas	60	2,50	3,90	5,30	6,80	7,00

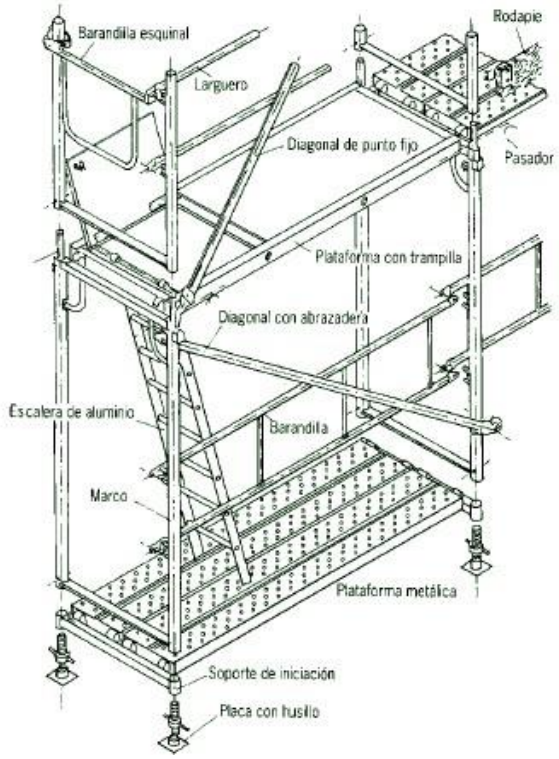


Determinación de la distancia de seguridad "s" para cargas próximas al borde de una zanja

Tipo de solicitación	Angulo de talud	
	β > 60°	β ≤ 60°
Cimentaciones	D	D
Vial o acopios equivalentes	D	D/2

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

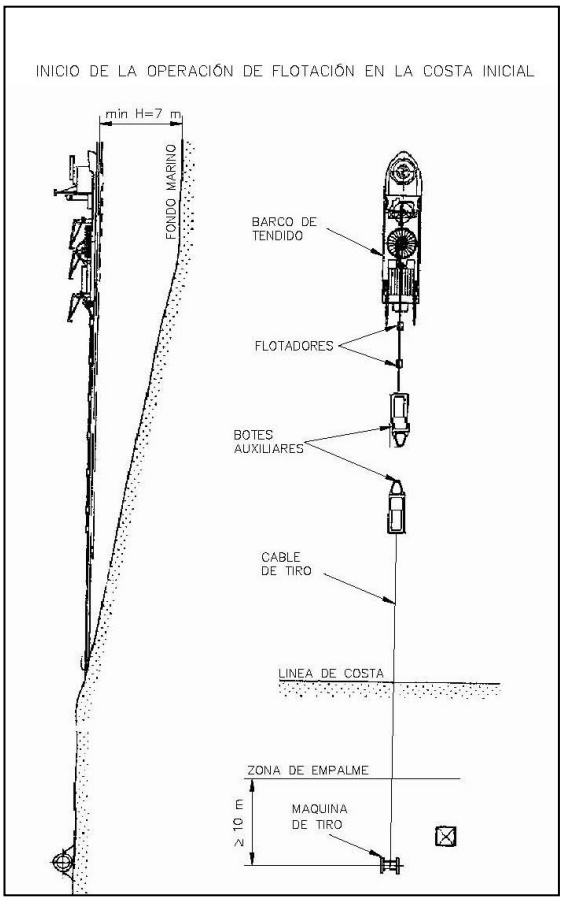
Esquemas de un andamio fijo prefabricado sistema modular

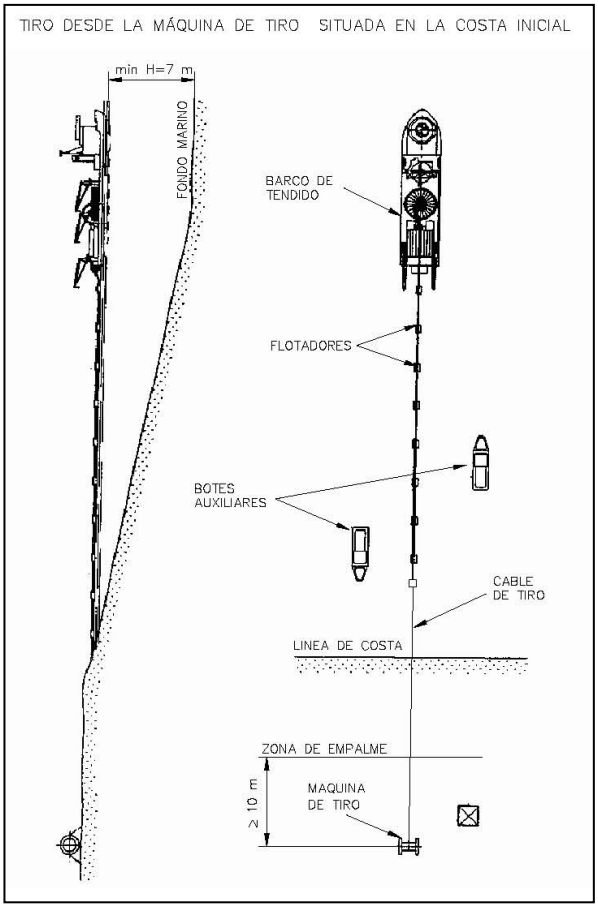


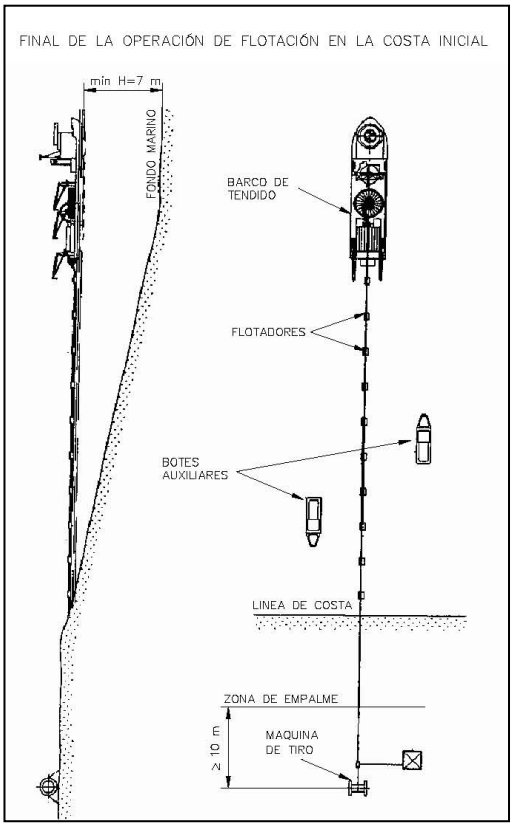


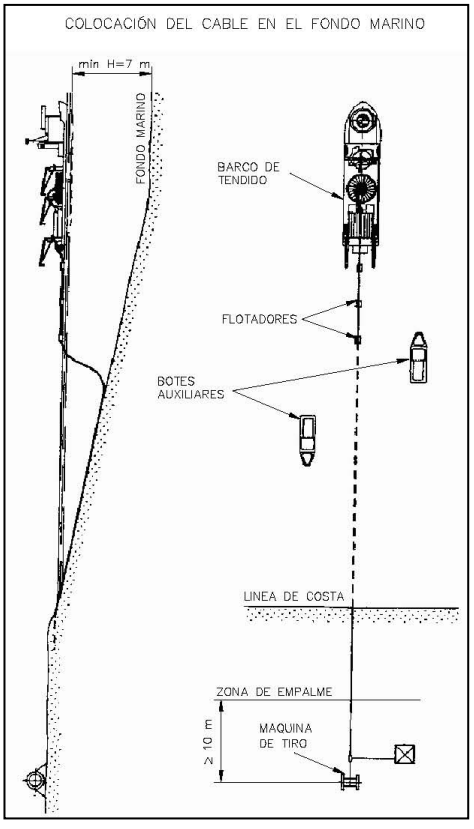
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622 2MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

4.2 CROQUIS MANIOBRAS TRABAJOS TENDIDO SUBTERRÁNEO

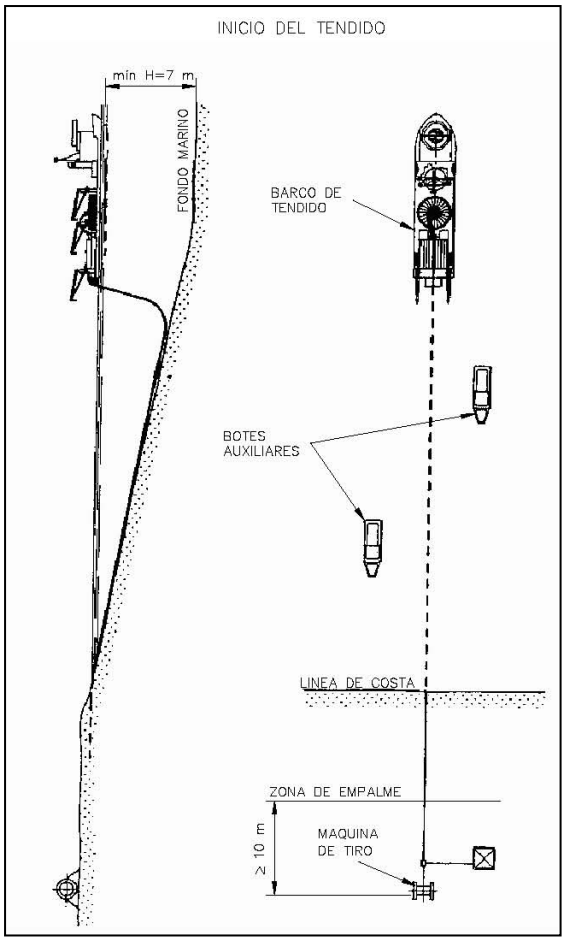


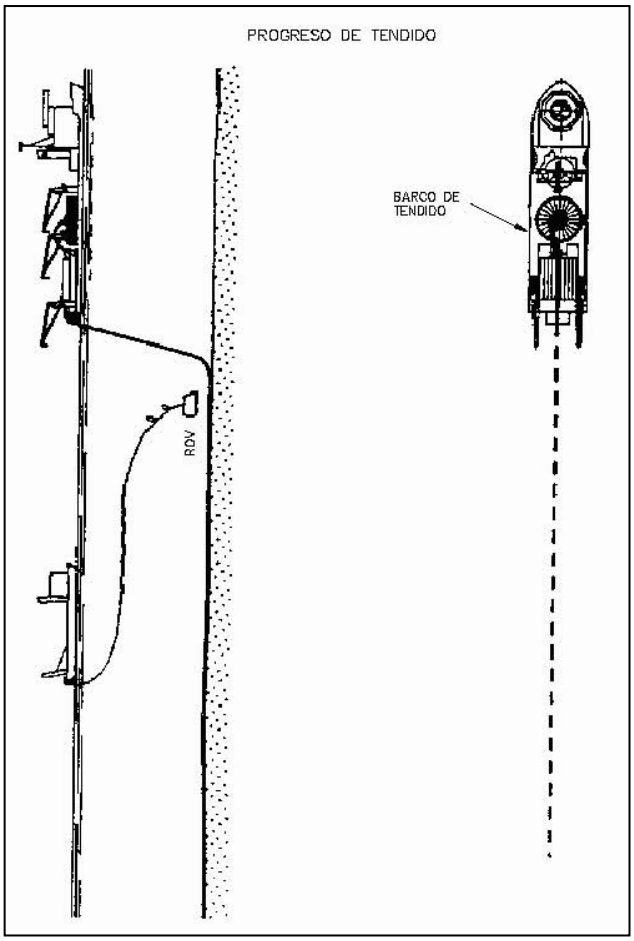


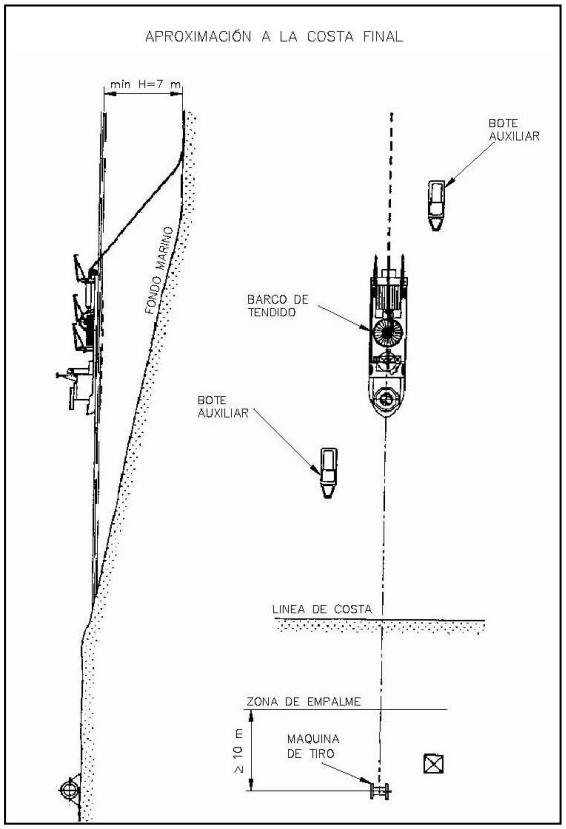


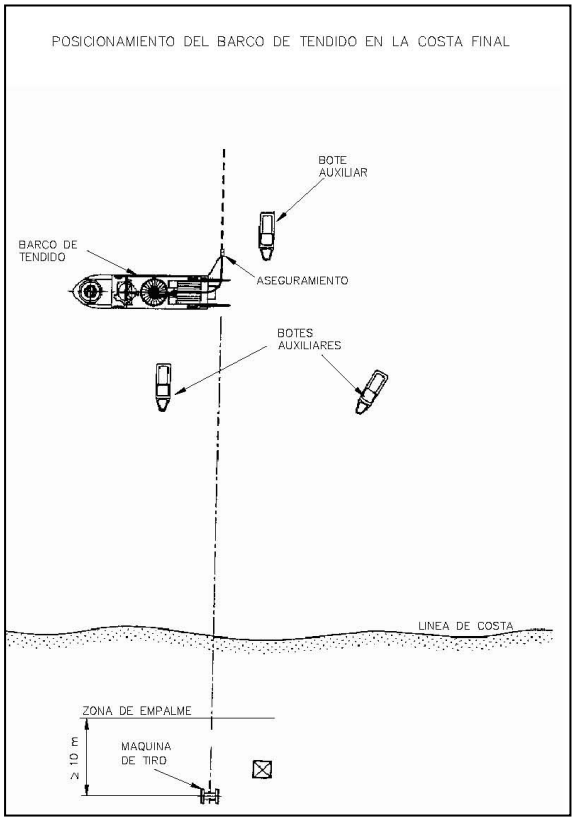


COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

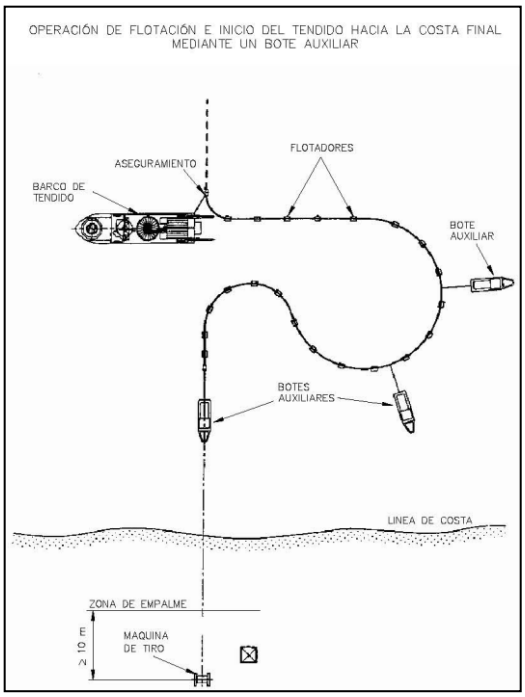


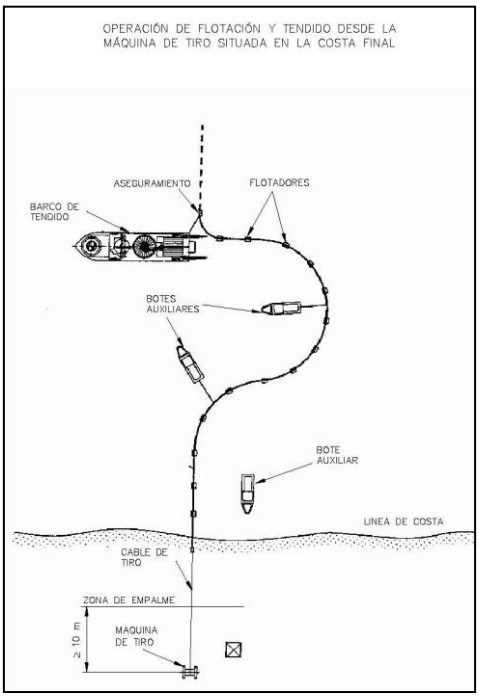


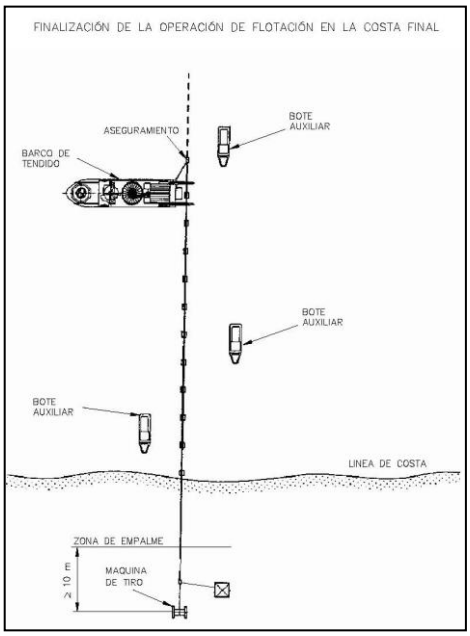


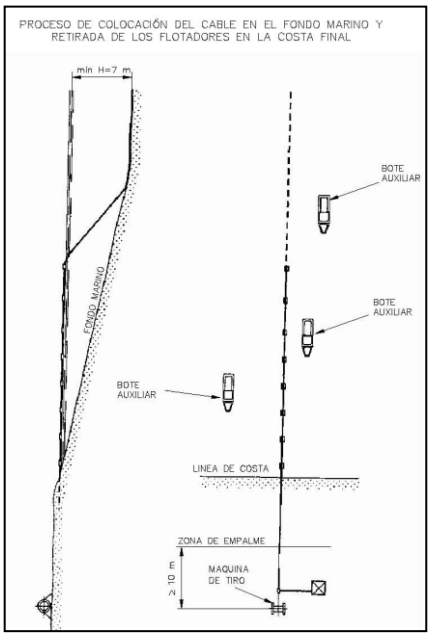


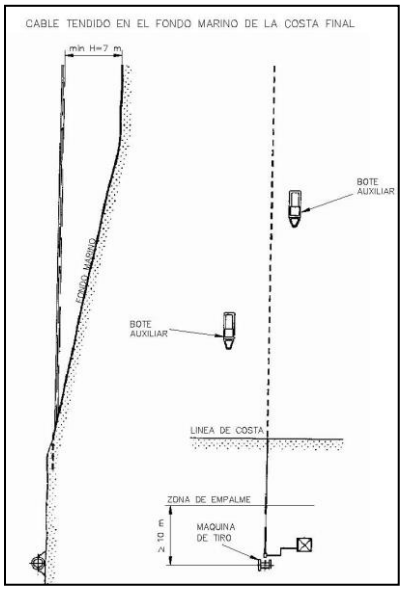
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos











COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

4.3 ESQUEMAS DE SEÑALIZACIÓN EN OBRA.

Señales de riesgo que se emplearán en obra

SEÑALES DE ADVERTENCIA

Forma triangular. Pictograma negro sobre fondo amarillo (el amarillo deberá cubrir como mínimo el 50 por 100 de la superficie de la señal), bordes negros.

Como excepción, el fondo de la señal sobre "materias nocivas o irritantes" será de color naranja, en lugar de amarillo, para evitar confusiones con otras señales similares utilizadas para la regulación del tráfico por carretera.



SEÑALES DE OBLIGACIÓN

Forma redonda. Pictograma blanco sobre fondo azul (el azul deberá cubrir como mínimo el 50 por 100 de la superficie de la señal).



COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Señales Gestuales establecidas en el R.D. 485/1997. Anexo VI.

GESTOS GENERALES		
Significado	**Descripción**	**Ilustración**
Comienzo: Atención Toma de mando	Los dos brazos extendidos de forma horizontal, las palmas de las manos hacia delante.	
Alto: Interrupción Fin del movimiento	El brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano hacia delante.	
Fin de las operaciones	Las dos manos juntas a la altura del pecho.	

MOVIMIENTOS HORIZONTALES		
Significado	**Descripción**	**Ilustración**
Avanzar	Los dos brazos doblados, las palmas hacia el interior, los antebrazos se mueven lentamente hacia el cuerpo.	
Retroceder:	Los dos brazos doblados , las palmas hacia el exterior, los antebrazos se mueven lentamente alejándose del cuerpo.	
Hacia la derecha: Con respecto al encargado de señales	El brazo derecho extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano derecha hacia abajo, hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	
Hacia la izquierda: Con respecto al encargado de señales	El brazo izquierdo extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano izquierda hacia abajo, hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	
Distancia horizontal	Las manos indican la distancia.	

PELIGRO		
Significado	**Descripción**	**Ilustración**
Peligro: Alto o parada de emergencia	Los dos brazos extendidos de forma horizontal, las palmas de las manos hacia delante.	
Rápido	Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen con rapidez.	
Lento	Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen muy lentamente	

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD

5.1 OBRA CIVIL TRAMO SUBTERRÁNEO Y SUBMARINO

Fase de trabajo:	**Obra Civil Subt. Y Subm.**	LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400 kV GATIKA – FRONTERA FRANCESA
Duración del trabajo: (meses)	20	
Operarios previstos:	46	
Operarios nuevos previstos:	6	

Material de asignación personal

Nº de orden	Concepto	Dotación anual por operario	Total Unidades equivalentes	Precio Udad (€)	Coste total (€)
1	Casco de protección	1	78	5,1	398,6
2	Gafas antiimpactos.	2	154	4,1	631,4
3	Mascarilla autofiltrante desechable.	12	921	0,1	101,3
4	Protectores auditivos.	2	154	13,1	2.023,6
5	Guantes de trabajo.	6	461	4,4	2.019,2
6	Botas de seguridad Clase III	2	154	46,6	7.173,3
7	Botas de agua.	2	154	38,4	5.918,2
8	Ropa de trabajo	2	154	69,2	10.663,0
9	Trajes impermeables.	3	231	28,6	6.613,5
				Coste Parcial	**35.542,1**

Material de asignación colectiva

Nº de orden	Concepto	Total Unidades equivalentes	Precio Udad (€)	Coste total (€)
1	Cinta de señalización para zanjas	100	0,1	10,0
2	Protecciones zanjas	4	200,0	800,0
3	Capuchones protección ferralla	20	20,0	400,0
4	Botiquín primeros auxilios	2	18,0	36,1
5	Tablero o camilla evacuación accidentados	0,2	253,8	50,8
6	Extintor de 6 kg polvo polivalente	2	30,8	61,6
			Coste Parcial	**1.358,5**

Formación + Medicina preventiva

Nº de orden	Concepto	Unidades	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Charla informativa seg. y prim.auxilios (horas)	8	34,0	272,0
2	Reconocimientos médicos	6	30,6	183,6
			Coste Parcial	**455,6**

Control de la Seguridad

Nº de orden	Concepto	Unidades (horas)	Precio Udad (€)	Coste total (€)
1	Dedicación Recurso preventivo	30	34,4	1.032,5
			Coste Parcial	**1.032,5**

Cotes Total Excav y Hormig **38.388,6**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5.2 TENDIDO SUBTERRÁNEO Y SUBMARINO DE CABLE AISLADO

Fase de trabajo:	**Tendido Subterráneo y Submarino Cable Aislado**	LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400 kV GATIKA – FRONTERA FRANCESA
Duración del trabajo: (meses)	20	
Total Operarios previstos:	40	
Operarios nuevos previstos:	2	

Material de asignación personal

Nº de orden	Concepto	Dotación anual por operario	Total Unidades equivalentes	Precio Udad (€)	Coste total (€)
1	Casco con barboquejo fijo	2	133	42,3	5.625,9
2	Arnés de seguridad homologado	0,5	33	146,1	4.822,0
3	Dispositivo anticaida deslizante y compl.	0,5	33	90,3	2.979,6
5	Guantes de montador	12	800	4,4	3.504,0
6	Botas de seguridad	2	133	46,6	6.195,1
7	Ropa de trabajo	1,25	83	69,2	5.746,9
8	Traje impermeable	2	133	28,3	3.767,9
				Coste Parcial	**32.641,4**

Material de asignación colectiva

Nº de orden	Concepto	Dotación anual	Total Unidades equivalentes	Precio Udad (€)	Coste total (€)
1	Cuerdas para Línea de Seguridad (m)	500	834	1,1	903,1
2	Complementos para Línea de Seg.	20	34	25,8	877,2
3	Verificador de tensión	0,5	1	450,8	450,8
4	Equipos varias protección colectiva	5	9	93,2	838,7
5	Camilla evacuación accidentados	2	4	60,2	240,6
6	Botiquín primeros auxilios	5	9	18,0	162,4
7	Extintores	2	4	30,8	123,2
				Coste Parcial	**3.596,0**

Formación + Medicina preventiva

Nº de orden	Concepto	Unidades	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Charla informativa seg. y prim.auxilios (horas)	80	34,0	2.720,0
2	Reconocimientos médicos	2	30,6	61,2
			Coste Parcial	**2.781,2**

Control de la Seguridad

Nº de orden	Concepto	Unidades	Precio Udad (€)	Coste total (€)
1	Dedicación Recurso preventivo	30	34,4	1.032,5
2	Reuniones Comisión Seguridad (horas de Obra)	3	20,0	60,0
			Coste Parcial	**1.092,5**

Cotes Total Tendido **40.111,0**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

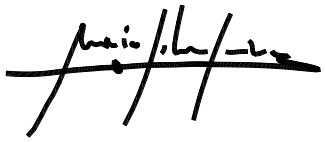
5.3 RESUMEN DE PRESUPUESTO DE SEGURIDAD

Resumen Presupuestos (€)	**LÍNEA SUBTERRÁNEA-SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400 kV GATIKA – FRONTERA FRANCESA**

	Excavación y Hormigonado	**Tendido**
Material de asignación personal	35.542	32.641
Material de asignación colectiva	1.358	3.596
Formación + Medicina preventiva	456	2.781
Control de la Seguridad	1.032	1.092
Total	**38.389**	**40.111**
Cantidad Total Presupuestada	**78.500 €**	

Asciende este Presupuesto de Seguridad a la cantidad de: -- SETENTA Y OCHO MIL QUINIENTOS EUROS—

Madrid, abril de 2021
La Ingeniera Industrial



María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº4123/3353

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6. ANEXO 1. NORMAS DE UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS DE TRABAJO

Las normas relativas a la utilización de maquinaria y equipos de trabajo se encuentran en el documento IM011 referenciado en el pliego de condiciones, que se incorpora final de este capítulo

La Empresa Contratista se compromete a sustituir lo antes posible las herramientas, equipos, maquinaria y vehículos en que se hayan detectado defectos, si la deficiencia es grave la sustitución se realizará inmediatamente

La Empresa Contratista realizará una inspección mensual de la maquinaria y los vehículos, y trimestral de las herramientas y el material de seguridad. Los resultados de esta inspección se custodiarán para evidencia de la acción. Además, se deberán mantener al día los libros de inspecciones de Industria de vehículos y maquinaria.

Diariamente se efectuará una inspección rutinaria antes del comienzo de los trabajos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7. ANEXO 2. NORMAS ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD.

7.1.1 Cuadros eléctricos de obra

Los cuadros eléctricos tendrán una protección mínima IP55.

Los cuadros dispondrán de un interruptor general tetrapolar magnetotérmico, con dispositivo de apertura por falta de tensión.

Dispondrán de interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad por cada toma de corriente existente en el cuadro, sea de 220 V ó de 380 V. Estarán provistos de dispositivos de protección contra cortocircuitos y sobrecargas.

Existirá un interruptor de corte omnipolar por cada salida del cuadro, que permita dejarlas sin tensión cuando no hayan de ser utilizadas.

Las partes metálicas fijas y móviles del cuadro, así como sus soportes, estarán conectadas directamente a tierra.

El conductor de tierra será aislado y de sección no inferior a 16 mm^2.

Las conexiones de los cables de las distintas máquinas, herramientas eléctricas o cuadros secundarios se harán por medio de clavijas y bases de enchufes con tomas de tierras. No se permitirá conexionar los cables desnudos a las bases de los enchufes.

El suministro eléctrico provisional se efectuará con manguera antihumedad. En lugares de paso de personas y vehículos, se dejará un gálibo de 3 y 6 m respectivamente, o bien se enterrará y se protegerá adecuadamente. Los empalmes estarán elevados y serán normalizados y estancos.

Las herramientas eléctricas deberán poseer doble aislamiento. En lugares húmedos se alimentarán con transformador separador de circuitos.

En lugares húmedos, el alumbrado estará alimentado a 24 V.

7.1.2 Trabajos de excavación de zanjas.

Este tipo de trabajos puede ocasionar fundamentalmente derrumbes, atrapamientos, así como caídas de vehículos y personas.

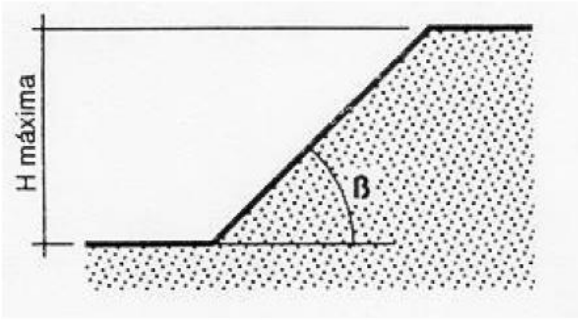
Antes del inicio y durante la ejecución de los trabajos de excavación, se estudiará el terreno, a fin de realizar éstos con el menor riesgo posible. La excavación se realizará en escalón, o se procederá a la entibación del terreno.

Si no se realiza la excavación en escalón, deberán entibarse aquellas zanjas de profundidad superior a 1,3 m. Se deberá utilizar una escalera adecuada para la entrada y salida.

Cuando se trate de vaciados que no sean zanjas y de alturas superiores a 2m se apuntalará la pared excavada en el caso que haya de trabajarse a distancias de esa pared inferiores a la mitad de su altura.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Se deberá efectuar una señalización con cadena o cinta de color rojo-blanco al menos a 2 m del borde. En su defecto se podría utilizar una línea de color blanco sobre el suelo.



Determinación de la altura máx. admisible para taludes libres de solicitaciones

Tipo de terreno	Angulo de talud β	Resistencia a compresión simple Ru en kg/cm²				
		0,250	0,375	0,500	0,625	>= 0,750
Arcillas y limos muy plásticos	30	2,40	4,60	6,80	7,00	7,00
	45	2,40	4,00	5,70	7,00	7,00
	60	2,40	3,60	4,90	6,20	7,00
Arcillas y limos de plasticidad media	30	2,40	4,90	7,00	7,00	7,00
	45	2,40	4,10	5,90	7,00	7,00
	60	2,40	3,60	4,90	6,30	7,00
Arcillas y limos poco plásticos.	30	4,50	7,00	7,00	7,00	7,00
	45	3,20	5,40	7,00	7,00	7,00
Arcillas arenosas y arenas arcillosas	60	2,50	3,90	5,30	6,80	7,00

Se prohíbe el acopio de materiales a menos de 2 m del borde. La aproximación mínima de vehículos ligeros será de 3 m y la de vehículos pesados de 5 m.

7.1.3 Trabajos de entibado-desentibado de zanjas

Las zonas de trabajo así como sus accesos se mantendrán limpias y libres de obstáculos. Los materiales y/o restos estarán almacenados en los lugares destinados a tal fin.

Se comenzará el entibado de arriba hacia abajo y el/los operarios, así como los materiales se situarán en la zona entibada.

No se abandonará el tajo sin haber apuntalado la parte inferior de la última franja excavada.

Se evitará siempre situarse en la vertical de operarios trabajando en altura.

Los equipos, útiles y herramientas serán los adecuados para el trabajo a realizar, manteniéndolos en perfecto estado y utilizándolos únicamente para lo que están diseñados.

La entibación sobrepasará los bordes de la excavación en 15 ó 20 cm a modo de rodapié.

No se usarán las entibaciones como medio para ascender o descender a las excavaciones y tampoco se utilizarán como soportes de carga, tales como conducciones, cables, etc.

Por razones de seguridad no es recomendable hacer trabajar el entibado y sus puntales bajo un ángulo distinto de los 90º, siempre se debe tender al escalonamiento de las paredes de forma que todos los elementos trabajen formando un ángulo recto.

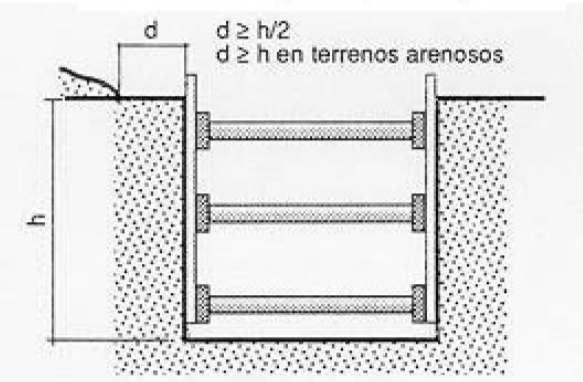
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Cuando la excavación sea superior a 3,5 m de profundidad, la entibación se reforzará con madera más gruesa o reduciendo la separación de los codales y apuntalamiento.

En terrenos arenosos o sueltos con grava, la entibación será totalmente cerrada y los codales se colocarán a una distancia entre si no superior a 1,5 m. A igual distancia se colocarán los puntales tanto en vertical como en horizontal.

En terrenos arcillosos o compactos, la entibación podrá ser con separación entre tablas o tableros y los codales se colocarán a una distancia entre si no superior a 1,5 m. A igual distancia se colocarán los puntales tanto en vertical como en horizontal.

d = distancia de seguridad para acopios



Al comenzar una nueva jornada y/o después de una interrupción prolongada de los trabajos, se revisará el estado de la obra, antes de comenzar los trabajos.

Se comenzará el desentibado de abajo hacia arriba y el/los operarios se situarán en la zona entibada, observando las condiciones de estabilidad en que debe quedar en todo momento la obra.

Los materiales procedentes del desentibado se retirarán inmediatamente apilándolos fuera de la zona de trabajo.

Los clavos existentes en los materiales usados se remacharán o se extraerán, recogiéndolos en recipientes adecuados a tal fin.

7.1.4 Trabajos de perforación dirigida

Para evitar caídas a los pozos de ataque y salida y fosas para el lodo de perforación (en caso de utilizarse) se realiza la señalización y vallado de los mismos.

Ordenamiento de mangueras y cables para conseguir que las zonas de trabajo estén invadidas por dichos elementos.

La escasa profundidad y dimensión de los pozos minimizan el riesgo de desprendimientos.

Para evitar los accidentes en las maniobras de izado de cargas se dota a los operarios de cascos y se mantienen las normas generales de seguridad durante el manejo de cargas.

El riesgo de atrapamiento se minimiza por la propia configuración de la maquinaria, que mantiene alejado al operario de la zona peligrosa. Tan sólo personal calificado autorizado tiene acceso a las partes de rotación en el equipo de perforación.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Se dispondrán extintores en las proximidades de las zonas de trabajo.

Puestas a tierra necesarias e inspección de todos los elementos.

Las máquinas serán insonorizadas según normativa. Se realizará el mantenimiento preventivo de dicha insonorización.

Localizar las conducciones enterradas, próximas a la trayectoria de la hinca mediante planos y consultas previas a las compañías suministradoras. Utilizar detectores o realizar catas.

Las labores de perforación tan solo están permitidas mientras exista conexión radial activa entre el sitio donde se encuentra la máquina y la zona de preparación de la tubería. En el caso que la transmisión entre estos dos sitios se rompa, se detiene inmediatamente la perforación.

La permanencia en zonas de tránsito de vehículos será la mínima necesaria para la ejecución de los trabajos. En los momentos que sea necesaria la permanencia de personas en estas áreas, se procurará en todo momento que sean perfectamente visibles a los conductores mediante ropa reflectante homologada, y se hará uso de la señalización adecuada a la maniobra.

7.1.5 Trabajos en galerías de cables y cámaras de empalmes. Espacios confinados

Antes del acceso a este tipo de infraestructuras se solicitará, al responsable de las mismas, permiso para entrar y que nos asegure una correcta ventilación antes y durante la realización de los trabajos. Si no es suficiente con la ventilación natural se establecerá ventilación forzada. En caso necesario, se dispondrá del equipo de respiración correspondiente, aunque como regla general no se realizarán los trabajos si no se consiguen unas condiciones deseables en cuanto atmósfera a respirar y filtraciones de agua o suciedad.

Antes de entrar en recintos cerrados (Cámaras de empalmes y galerías) se comprobará mediante aparato de medida de gases inflamables y nivel de oxígeno la ausencia de atmósfera explosiva y que la concentración de oxigeno está entre el 19 y el 23 %. La disminución de concentración de oxígeno en el espacio del ambiente confinado, puede deberse, entre otras causas, al desplazamiento por otros gases y a trabajos realizados que consuman oxígeno (llamas).

El aparato de medida de gases se mantendrá en funcionamiento durante el trabajo, llevándolo encima el Jefe de trabajos o responsable de seguridad en obra.

En caso de saltar alguna de las alarmas prefijadas en el aparato de medida de gases, o por síntomas fisiológicos de malestar, indisposición, sensación de calor, etc., o como por cualquier otra causa que indique la propia experiencia, **el responsable ordenará la salida ordenada del recinto,** hasta que no se restablezcan y se aseguren unas condiciones seguras.

Queda terminantemente prohibido realizar trabajos de soldadura, accionar interruptores eléctricos o uso de tomas corriente, sino se ha comprobado previamente la ausencia de atmósfera explosiva.

Está prohibido fumar en las Zonas de Trabajo.

Es obligatorio un control total desde el exterior de las operaciones. El personal del interior debe estar en comunicación continua con el del exterior, utilizando para ello un sistema adecuado: visual, acústico, radiofónico, telefónico, etc. Se señalizará en la boca de entrada o acceso la presencia de personal en el interior.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Antes de cerrar el acceso o entrada, se comprobará que no hay nadie en el interior.

7.1.6 Tendido de cables aislados

Antes de empezar el tendido de los cables se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el mismo y así mismo poder asignar el extremo de la instalación desde donde se debe realizar el esfuerzo de tiro. En el caso de trazado con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente. Las bobinas se situarán alineadas con la traza de la línea. El ángulo de tiro del cable con la horizontal no será superior a 10º.

Si existiesen curvas o puntos de paso dificultoso, próximos a uno de los extremos de la canalización, es preferible situar la bobina en ese extremo a fin de que el coeficiente de rozamiento sea el menor posible.

El traslado de las bobinas se realizará mediante vehículo transportándose siempre de pie y nunca tumbadas sobre uno de los platos laterales. Las bobinas estarán inmovilizadas por medio de cuñas adecuadas para evitar el desplazamiento lateral. Tanto las trabas como las cuñas es conveniente que estén clavadas en el suelo de la plataforma de transporte. El eje de la bobina se dispondrá preferentemente perpendicular al sentido de la marcha.

En el caso de que la bobina esté protegida con duelas de madera, debe cuidarse la integridad de las mismas, ya que las roturas suelen producir astillas hacia el interior, con el consiguiente peligro para el cable.

El manejo de la misma se debe efectuar mediante grúa quedando terminantemente prohibido el desplazamiento de la bobina rodándola por el suelo. La bobina se suspenderá mediante una barra de dimensiones suficientes que pase por los agujeros centrales de los platos. Las cadenas o sirgas de izado tendrán un separador por encima de la bobina que impida que se apoyen directamente sobre los platos.

Estará terminantemente prohibido el apilamiento de bobinas. El almacenamiento no se deberá hacer sobre suelo blando, y deberá evitarse que la parte inferior de la bobina esté permanentemente en contacto con agua. En lugares húmedos es aconsejable disponer de una ventilación adecuada, separando las bobinas entre sí. Si las bobinas tuvieran que estar almacenadas durante un período largo, es aconsejable cubrirlas para que no estén expuestas directamente a la intemperie.

Para realizar el tendido de los cables se empleará el sistema de tiro con freno y cabrestante. Tanto el cabrestante como la máquina de frenado deberán estar anclados sólidamente al suelo para que no se desplacen ni muevan en las peores condiciones de funcionamiento.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

El cabrestante se utilizará para tirar de los cables por medio de cables piloto auxiliares y estará accionado por un motor autónomo. En la placa de características se indicará su fuerza de tracción. Dispondrá de rebobinadora para los cables piloto. También deberá disponer de un dinamómetro con objeto de controlar el esfuerzo de tiro en cada momento y de un mecanismo que interrumpa la tracción automáticamente cuando ésta sobrepase el esfuerzo programado. Antes del inicio de los trabajos de tendido, se procederá al calibrado del limitador de tiro, el cual se realizara en función de las tracciones a realizar.

La máquina de frenado estará compuesta por un sistema de gatos hidráulicos, eje soporte de bobina y dispositivo hidráulico de frenado, debiendo elevar la bobina del orden de 0.1 a 0.15 m respecto del suelo para hacer posible el giro de la misma. Los pies de soporte del eje deberán estar dimensionados para asegurar la estabilidad de la bobina durante su rotación.

El dispositivo de frenado deberá ser reversible, poder actuar de cabrestante en caso de necesidad y disponer de dinamómetro. El cable al salir de la bobina se mantendrá a la tensión mecánica suficiente para que no se produzcan flojedades.

Cuando la bobina esté suspendida por el eje, de forma que pueda hacerse rodar, se quitarán las duelas de protección, de forma que ni ellas ni el útil empleado para desclavarlas puedan dañar al cable, y se inspeccionará la superficie interior de las tapas para eliminar cualquier elemento saliente que pudiera dañar al cable (clavos, astillas, etc.).

Durante el tendido, en todos los puntos estratégicos, se situarán los operarios necesarios provistos de radioteléfonos y en disposición de poder detener la operación de inmediato. Los radioteléfonos se probarán antes del inicio de cualquiera de las operaciones de tendido.

A la salida de la bobina es recomendable colocar un rodillo de mayor anchura con protección lateral para abarcar las distintas posiciones del cable a lo ancho de la bobina.

La extracción del cable se realizará por la parte superior de la bobina mediante la rotación de la misma alrededor de su eje.

Durante el tendido hay que proteger el cable de las bocas del tubo para evitar daños en la cubierta. Para conseguirlo se colocará un rodillo a la entrada del tubo, que conduzca el cable por el centro del mismo, o mediante boquillas protectoras.

Deberá comprobarse que en todo momento los cables se deslizan suavemente sobre los rodillos y tubos.

El desenrollado deberá ser lento, para evitar que las capas superiores penetren entre las inferiores debido a la presión con el consiguiente trabado del cable.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La extracción del cable, tirando del mismo, deberá estar perfectamente sincronizada con el frenado de la bobina. Al dejar de tirar del cable habrá que frenar inmediatamente la bobina, ya que de lo contrario la inercia de la bobina hará que ésta siga desenrollando cable, lo que llevará a la formación de un bucle.

Estará terminantemente prohibido someter al cable a esfuerzos de flexión que pueden provocar su deformación permanente, con formación de oquedades en el aislamiento y la rotura o pérdida de sección en las pantallas.

Se observará el estado de los cables a medida que vayan saliendo de la bobina con objeto de detectar los posibles deterioros.

La tracción de tendido de los cables será como máximo del 60% de la máxima especificada por el fabricante y como mínimo la necesaria para que, venciendo la resistencia en la máquina de frenado, puedan desplegarse los cables, debiendo mantenerse constante durante el tendido de éstos.

La velocidad de tendido será del orden de 2.5 a 5 m por minuto y será preciso vigilar en todo momento que no se produzcan esfuerzos laterales importantes con las aletas de la bobina.

La unión del cable con el piloto se realizará por medio de un cabezal de tiro y manguito giratorio de modo que el esfuerzo de tiro se aplique directamente al conductor del cable.

Se deberá realizar un estudio de las tracciones necesarias para efectuar el tendido, con el fin de que debido al trazado de la línea, no sea preciso sobrepasar las tracciones antes mencionadas.

Con objeto de disminuir el rozamiento, y por tanto el esfuerzo de tiro, se podrá utilizar grasa neutra en la cubierta exterior del cable antes de introducirlo en el tubo.

Igualmente, para reducir el esfuerzo de tiro se podrán usar arquetas intermedias utilizando rodillos a la entrada y a la salida de los tubos. Los rodillos se colocarán elevados respecto al tubo, para evitar el rozamiento entre el cable y el tubo. En el caso de que las arquetas sean provisionales, se les dará continuidad, una vez tendido el cable, mediante tubos cortados o medias cañas que, a su vez, serán hormigonados.

Se deberá tener especial cuidado cuando el tendido de la bobina llegue a su final, ya que se deberá tener previsto un sistema, que sujete la cola del cable y a la vez mantenga la tensión de tendido.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

En el caso de temperaturas inferiores a 5 ºC, el aislamiento de los cables adquiere una cierta rigidez que no permite su manipulación. Así pues, cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 ºC no se permitirá realizar el tendido del cable.

Una vez instalado el cable, deben taparse las bocas de los tubos para evitar la entrada de gases, aguas o roedores, mediante la aplicación de espuma de poliuretano que no esté en contacto con la cubierta del cable.

En ningún caso se dejarán en la canalización y zona de elaboración de las botellas terminales los extremos del cable sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos. Lo mismo es aplicable al extremo de cable que haya quedado en la bobina. Para este cometido, se deberán usar manguitos termorretráctiles.

En el extremo del cable en el que se vaya a confeccionar una botella terminal se eliminará una longitud de 2.5 m, ya que al haber sido sometidos los extremos del cable a mayor esfuerzo, puede presentarse desplazamiento de la cubierta en relación con el resto del cable.

7.1.7 Montaje y utilización de andamios para montaje de equipos y botellas sobre apoyos terminales

Se deberá comprobar, por parte del responsable de la empresa contratista, o persona designada, que el montaje de los andamios es el correcto, comprobando mediante inspección visual:

- Protecciones colectivas
- Montaje completo en su totalidad.
- Ausencia de partes cortantes.
- Correcta estabilización.

Se deberá elaborar un Plan de Montaje del andamio o plataforma modular de trabajo.

Se deberá solicitar a la empresa responsable del montaje una Declaración de Conformidad con el Montaje de la estructura, que certifique su correcto montaje, y se atenderá en todo momento a lo en él descrito.

Queda totalmente prohibido el uso indebido del andamio, sobrecargarlo o manipularlo.

Cuando los operarios accedan por los distintos niveles del andamio la trampilla de acceso quedará totalmente cerrada.

Queda prohibido el tránsito en el andamio que no sea por las zonas habilitadas para ello tales como escaleras de acceso y niveles de trabajo preparados para ello.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.1.8 Manejo de cargas

Manipulación manual

El manejo y transporte de cargas manualmente puede provocar lesiones musculares, especialmente en la espalda, así como atrapamientos de miembros, cortes, abrasiones, etc..

El manejo de materiales, herramientas u objetos se realizará de forma racional, debiendo impedirse esfuerzos superiores a la capacidad física de las personas. Se tendrá especial cuidado en la coordinación de movimientos, al objeto de evitar sobreesfuerzos y atrapamientos.

Las cargas a mano no superarán los 25 Kg., solo en situaciones esporádicas y que no entrañen riesgos podrán admitirse manejos de cargas hasta 40 Kg.

Por lo tanto se deberá observar una serie de normas básicas:

- Limitar el transporte manual a cargas pequeñas.
- Postura y aprehensión correcta.
- Mantener la espalda recta y realizar el mayor esfuerzo con la flexión - extensión de las piernas.
- Uso de vestimenta y protección correcta: guantes, botas, etc..

Manipulación mecánica

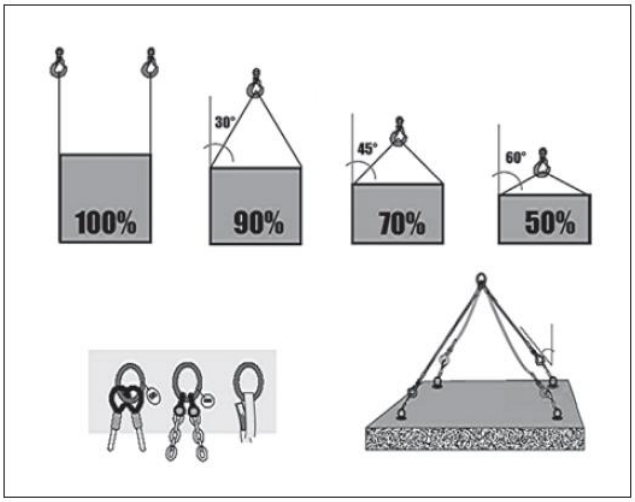
El levantamiento de cargas con grúa conlleva, entre otros, riesgos por caída de elementos pesados, atrapamientos o golpes, como consecuencia de fallos en la grúa o en los elementos de sujeción. También se pueden producir accidentes eléctricos como consecuencia de contactos directos o arcos eléctricos.

Por lo tanto se deberán cumplir las siguientes normas:

- Estudio previo de la maniobra a realizar, ubicación y desplazamientos de la máquina teniendo en cuenta, especialmente, las distancias de seguridad a elementos en tensión.
- La grúa deberá estar puesta a tierra y bien estabilizada sobre terreno firme.
- Se revisarán los elementos de sujeción que se vayan a utilizar: eslingas, estrobos, ganchos, grilletes, etc. comprobando su estado.
- Todos los elementos de manutención sometidos a esfuerzos estarán marcados con la carga de trabajo.
- Los Jefes de Equipo conocerán por escrito del Jefe de Obra las cargas de trabajo, coeficientes de seguridad recomendados y las cargas de rotura de los materiales que utilicen.
- La carga ha de amarrarse de forma que mantenga una posición estable, y todas las eslingas trabajen por igual.
- Se evitará en lo posible la colocación directa de las eslingas sobre aristas vivas.
- Se procurará efectuar un tipo de amarre que no disminuya la carga de las eslingas: Carga máxima = carga eslinga x M

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Utilización	factor Modo (M)
	1
	2
	1,8
	1,4
	1
	0,8
	1,4

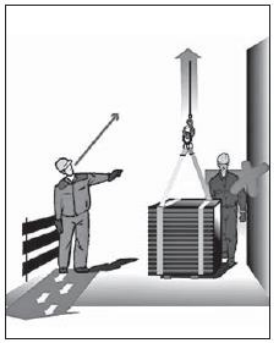


Capacidad de carga en función del ángulo









Carga indicada Pestillos estado elementos situarse correctamente

El Jefe de Trabajo hará un seguimiento detallado de la maniobra, el izado se realizará lentamente y no se permitirá el paso o permanencia de personas bajo la zona de elevación de la carga, salvo en el momento de la recepción.

No se elevarán cargas superiores a las indicadas en el diagrama de carga de la máquina.

No se permitirá que el limitador de carga esté anulado o inservible.

En caso de tormenta o vientos fuertes (del orden de 60 km/h), se interrumpirán los trabajos con las grúas.

Nunca se abandonará la grúa con los motores en marcha, o cuando exista una carga suspendida.

Se prohíbe la elevación de personas en jaulas o cestas no pensadas para este fin.

Se deberá prestar atención en el trasporte de las bobinas hasta la zona donde se ubicarán, no invadiendo otras zonas de trabajo, siguiendo para ello las indicaciones marcadas por el Responsable de Prevención y supervisores designados por REE.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Normas sobre transporte y acopio de materiales

Los materiales se colocarán en la caja del vehículo en forma apilada y estable. No se transportarán personas en la caja.

El peso de la carga no superará el autorizado para el vehículo. Las cargas no sobresaldrán por los laterales, las que sobresalgan por la parte posterior serán señalizadas conforme al Código de Circulación.

La carga y descarga de materiales se realizará por medios mecánicos, siempre que sea posible.

La carga y descarga se realizarán, previa inmovilización del vehículo, con la grúa del camión o grúa auxiliar. Ninguna persona ha de permanecer en la cabina o en la caja del vehículo excepto para conectar la carga.

El gruista en todo momento debe estar observando el movimiento de la carga. Si los laterales del camión le impidieran la visión de la carga, debe auxiliarse de una persona que le indique los movimientos, esta persona debe encontrarse en todo momento a la vista del gruísta.

El tiro especialmente en el arranque, será siempre vertical. La carga se elevará lentamente hasta que quede suspendida.

El gruísta observará que los movimientos de la grúa son suaves y continuos, tras cualquier brusquedad o movimiento incontrolado debe procederse a una revisión inmediata.

El acopio de materiales no debe interferir con la zona de evolución y paso de personal.

Todas las puntas o grapas de embalaje se arrancarán inmediatamente.

Manejo de cargas bajo conductores

No se realizarán maniobras de tiro debajo o hacia instalaciones en tensión. De forma que un fallo debe suponer siempre, que los elementos se alejen de las instalaciones peligrosas. En caso de no existir otra opción, se realizará un procedimiento o anexo específico.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622 2MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.1.9 Trabajos en altura

Todas las personas situadas a una altura igual o mayor de 2 m, deberán hacer uso del cinturón de seguridad, salvo que existan protecciones colectivas adecuadas.

A lo largo del trabajo debe evitarse que coincidan personas trabajando en la misma vertical.

Vehículos con cesta

Este conjunto está formado por un vehículo con una pluma o brazo mecánico articulado, al cual se le acopla una cesta en su extremo para elevar personas y materiales.

Deberá estar diseñado pensando en que se van a elevar personas, por lo que deberá contar con los sistemas apropiados que eviten giros o basculamientos que puedan provocar daños.

Desde la posición de accionamiento de los mandos, el operador tendrá buena visibilidad de la cesta durante su movimiento.

Las cargas a soportar por la cesta se ajustarán en todo momento a lo indicado por el fabricante.

Línea de Seguridad

El personal debe estar instruido en su uso. Particularmente al personal nuevo en la actividad no se le permitirá subir a la torre hasta que domine esta técnica.

Se colocarán tantas Líneas de Seguridad como sean necesarias. Es recomendable que el tramo vertical de la Línea de Seguridad, sea independiente de los tramos horizontales que discurren sobre los pasamanos de las crucetas.

Para bajar desde las crucetas a los conductores, los operarios usarán escaleras auxiliares pero estarán atados a la Línea de Seguridad en todo momento.

Ni siquiera cuando se trate de aisladores de vidrio se permitirá descender por ellos sin colocar previamente escalera, y siempre se ha de permanecer atado al extremo de la línea de seguridad.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.1.11 Trabajos de pruebas y puesta en servicio.

Para líneas subterráneas

En las últimas fases de la obra, la gestión de los Descargos necesarios así como Regímenes Especiales y Autorizaciones de Trabajo, se realizarán de acuerdo a lo indicado en el Procedimiento General de Descargos (IM 002).

Las Autorizaciones de Trabajo se concederán conforme a lo establecido en los documentos internos de Red Eléctrica para descargos o intervenciones según se regula en el punto 3.23.2 más atrás) de este documento.

7.1.12 Distancias de seguridad a instalaciones de alta tensión.

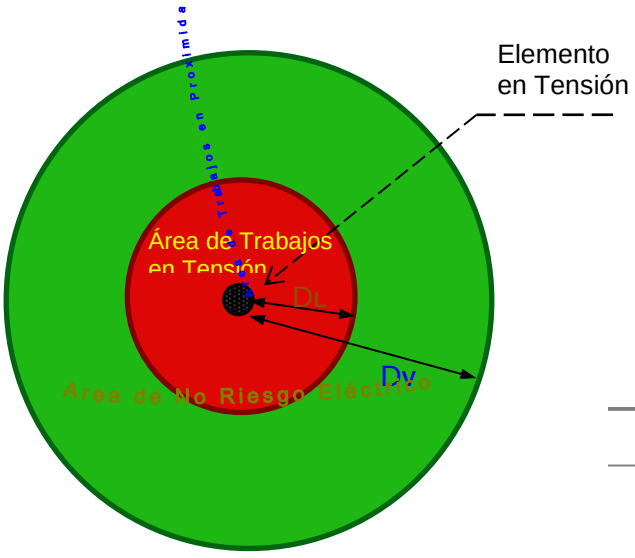
Es la mínima distancia que hay que mantener con respecto a un ELEMENTO DESNUDO EN TENSIÓN (medidas entre el punto más próximo en tensión y cualquier parte extrema del trabajador o herramienta por él utilizada).

Frente al riesgo eléctrico se distinguen tres Áreas de intervención (ver fig.1):

Área de Trabajos en Tensión

Área de Trabajos en Proximidad

Área de No Riesgo Eléctrico



DL :distancia que define el límite exterior del Área de trabajos en Tensión

Dv :distancia que define el límite exterior del Área de trabajos en

Tensión	DL	DV
220 kV	2,5 m	5 m
400 kV	3,5 m	7 m

figura 1

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Trabajos sin tensión

Es el trabajo que se realiza en una instalación eléctrica sin tensión y sin carga eléctrica, después de haber tomado todas las medidas de seguridad para prevenir los riesgos eléctricos, garantizando que va a permanecer en esas condiciones durante toda la duración del trabajo.

Son trabajos sin tensión aquellos que se realizan en el Área de No Riesgo Eléctrico, no siendo necesario entonces modificar las condiciones eléctricas de ninguna instalación.

La preparación de los trabajos sin tensión: supresión y reposición de tensión y preparación de la zona de trabajo, deberán ser cometidos por trabajadores Cualificados, mientras que la ejecución de los trabajos podrán ser llevados a cabo por cualquier trabajador.

Trabajos en proximidad

Trabajo durante el cual un operario invade el Área de Trabajos en Proximidad con una parte de su cuerpo o con una herramienta u objeto que manipule, sin entrar en el Área de Trabajos en Tensión.

No tendrán la consideración de trabajos en proximidad los desplazamientos a pie en horizontal que se realicen sin portar herramientas que puedan moverse por encima de la cabeza, en instalaciones en tensión construidas conforme a la reglamentación oficial aplicable a la instalación

La preparación de los trabajos en proximidad serán realizados por trabajadores Cualificados, mientras que para su ejecución deberá ser un trabajador Autorizado, o bien, cualquier operario siendo supervisado por un trabajador Autorizado.

No se realizarán maniobras de tiro debajo o hacia instalaciones en tensión, de forma que un fallo debe suponer siempre, que los elementos se alejen de las instalaciones peligrosas. En caso de no existir otra opción, se realizará un procedimiento o anexo específico.

Zona de trabajo

Superficie o volumen donde se desarrollan los trabajos. Deberá ser señalizada y delimitada respecto a los elementos en tensión, teniendo en cuenta las distancias de seguridad.

En los trabajos en proximidad deberá delimitarse la Zona de Trabajo. Para ello se tendrá en cuenta la distancia límite del área de trabajos en tensión, incrementada en una distancia ergonómica lo mayor posible, que garantice que no se invade dicha área. Se recomienda un valor mínimo de 0,5 m.

En los trabajos sin tensión deberá verificarse ausencia de tensión y ponerse a tierra y en cortocircuito.

Trabajos en Tensión.

No es habitual que durante los trabajos de construcción se vayan a invadir este Área. Suponiendo que esta circunstancia fuera inevitable, sólo puede realizar este trabajo un trabajador Cualificado con un procedimiento de trabajo especifico. Para la reposición de fusibles, a distancia, será necesario que el operario esté Cualificado.

No tendrán la consideración de Trabajos en Tensión la verificación de ausencia de tensión y la colocación de puestas a tierra.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Los Trabajos en Tensión se realizarán conforme a lo indicado en la Instrucción General para la Realización de Trabajos en Tensión de AMYS, de acuerdo con el método de trabajo elegido: A distancia, a potencial o en helicóptero.

Intervención

Trabajo consistente en la realización de pruebas, ajustes o trabajos de mantenimiento en protecciones, equipos auxiliares, de comunicaciones, medida, control u otros que puedan afectar al estado o funcionamiento de la instalación.

La instalación sobre la que se realiza el trabajo puede permanecer o no en servicio y estar disponible o indisponible a efectos de explotación.

No se solicitará ningún régimen de intervención en un elemento que sea frontera de una instalación en descargo.

7.1.13 Fenómenos de inducción.

Debido a la proximidad de instalaciones de A.T en tensión, se pueden originar fenómenos de inducción electrostática y electromagnética. Especialmente importantes cuando la distancia a los puntos en tensión se reduce y se trabaja con elementos conductores de cierto tamaño.

Para fenómenos de inducción electrostática (cruzamientos con otras líneas en tensión) ya han sido indicadas dos medidas a tomar:

–puesta a tierra de las máquinas de tendido.

–poleas no aislantes en los vanos de cruzamiento.

Para los casos de inducción electromagnética (tendido paralelo en varios vanos a otra línea en tensión), se dispondrán puestas a tierra rodantes a la salida de las máquinas. En los vanos de paralelismo todos los apoyos estarán puestos a tierra permanentemente.

Las normas de actuación serán siempre:

- las puestas a tierra se colocan y retiran con pértigas aislantes
- nunca se cortará o empalmará un conductor sin haber colocado un puente falso o provisional.
- dentro de los bucles formados por el conductor, las puestas a tierras y el suelo, el operario no establecerá con su cuerpo continuidad eléctrica entre el conductor y la torre.

En estas circunstancias los Jefes de Trabajo deben tomar las siguientes medidas:

Los P.A.T. se manejarán con elementos aislantes y conforme a sus correctas normas de empleo.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

En el manejo de conductores, mangueras, etc.., habrá puesta a tierra de los extremos cuando el trabajo lo permita, tomando las precauciones que requiere una PAT. En ningún caso los operarios deben cerrar con su cuerpo el bucle que forma el elemento conductor, las PAT y la red de tierra.

7.1.14 Medidas de seguridad generales a bordo de un buque

Las obligaciones previstas en el presente apartado se aplicarán siempre que lo exijan las características del lugar de trabajo o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo a bordo de un buque.

1.- Navegabilidad y estabilidad.

1.1.- El buque deberá mantenerse en buenas condiciones de navegabilidad y dotado de un equipo apropiado correspondiente a su destino y a su utilización.

1.2.- La información sobre las características de estabilidad del buque deberá estar disponible a bordo y ser accesible para el personal de guardia.

1.3.- Todo buque deberá tener y conservar una estabilidad suficiente en estado intacto en las condiciones de servicio previstas. El Capitán deberá adoptar las medidas de precaución necesarias para el mantenimiento de la estabilidad del buque. Las instrucciones relativas a la estabilidad del buque deberán observarse estrictamente.

2.- Instalación mecánica y eléctrica.

2.1.- La instalación eléctrica deberá proyectarse y realizarse de modo que no presente ningún peligro y que garantice:

La protección de la tripulación y del buque contra los peligros eléctricos.

El funcionamiento correcto de todos los equipos necesarios para el mantenimiento del buque en condiciones normales de operación y habitabilidad, sin recurrir a una fuente de energía eléctrica de emergencia.

El funcionamiento de los aparatos eléctricos esenciales para la seguridad en cualquier situación de emergencia.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.2.- Deberá instalarse una fuente de energía eléctrica de emergencia.

Salvo en los buques abiertos, la fuente de energía eléctrica de emergencia deberá estar situada fuera de la sala de máquinas y estar diseñada, en todos los casos, de forma que garantice, en caso de incendio o de avería de la instalación eléctrica principal, el funcionamiento simultáneo, durante un mínimo de tres horas:

Del sistema de comunicación interna, de los detectores de incendios y de las señales necesarias en caso de emergencia.

De las luces de navegación y de la iluminación de emergencia.

Del sistema de radiocomunicación.

De la bomba eléctrica de emergencia contra incendios, si forma parte del equipo del buque.

Cuando la fuente de energía eléctrica de emergencia sea una batería de acumuladores y falle la fuente de energía eléctrica principal, esta batería de acumuladores deberá quedar conectada automáticamente al cuadro de distribución de energía eléctrica de emergencia y deberá garantizar la alimentación ininterrumpida durante tres horas de los sistemas a los que se hace referencia en el primer, segundo y tercer apartados del párrafo segundo.

Siempre que sea posible, el cuadro principal de distribución de electricidad y el cuadro de emergencia deberán estar instalados de tal forma que no puedan estar expuestos simultáneamente al agua o al fuego.

2.3.- Los cuadros de distribución deberán disponer de indicaciones claras; deberán revisar- se periódicamente las cajas y los soportes de los fusibles para asegurarse de que se están utilizando fusibles de intensidad de fusión correcta.

2.4.- Los compartimentos donde se almacenen los acumuladores eléctricos deberán estar adecuadamente ventilados.

2.5.- Deberán probarse frecuentemente y mantenerse en correcto estado de funcionamiento todos los dispositivos electrónicos de navegación.

2.6.- Deberá probarse y examinarse periódicamente todo el equipo utilizado para la carga y descarga.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.7.- Todos los componentes del mecanismo de tracción, del mecanismo de carga y descarga y de los demás equipos afines se deberán mantener en buenas condiciones de funcionamiento.

2.8.- Cuando haya a bordo instalaciones de refrigeración y sistemas de aire comprimido, deberán mantenerse correctamente y revisarse periódicamente.

2.9.- Los aparatos de cocina y electrodomésticos que utilicen gases pesados deberán utilizarse sólo en espacios bien ventilados y velando porque no se produzca una acumulación peligrosa de gas. Los cilindros que contengan gases inflamables y otros gases peligrosos deberán llevar claramente indicados sus contenidos y se almacenarán en cubiertas abiertas. Todas las válvulas, reguladores de presión y tuberías conectados con dichos cilindros deberán estar protegidos contra todo daño.

3.- Instalación de radiocomunicación.

La instalación de radiocomunicación deberá estar preparada para establecer contacto en todo momento con una estación costera o terrena como mínimo, habida cuenta de las condiciones normales de propagación de las ondas radioeléctricas.

4.- Vías y salidas de emergencia.

4.1.- Las vías y salidas que puedan utilizarse como vías y salidas de emergencia deberán permanecer siempre expeditas, ser de fácil acceso y conducir lo más directamente posible a la cubierta superior o a una zona de seguridad, y de allí a las embarcaciones de salvamento, de manera que los tripulantes puedan evacuar los lugares de trabajo y de alojamiento rápidamente y en condiciones de máxima seguridad.

4.2.- El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas que puedan utilizarse como vías y salidas de emergencia deberán adaptarse a la utilización, al equipo y a las dimensiones de los lugares de trabajo y de alojamiento, así como al número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos. Las salidas que puedan utilizarse como salidas de emergencia y permanezcan cerradas deberán poder ser abiertas con facilidad e inmediatamente en caso de emergencia por cualquier trabajador o por los equipos de salvamento.

4.3.- La estanqueidad a la intemperie o al agua de las puertas de emergencia y de otras salidas de emergencia se deberá adaptar a su emplazamiento y a sus funciones específicas. Las puertas de emergencia y otras salidas de emergencia deberán ofrecer una resistencia al fuego igual a la de los mamparos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

4.4.- Las vías y salidas de emergencia deberán señalizarse conforme al Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Esta señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y ser duradera.

4.5.- Las vías, medios de evacuación y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipados con un sistema de iluminación de emergencia de suficiente intensidad para los casos de avería de la iluminación.

5.- Detección de incendios y lucha contra éstos.

5.1.- Según las dimensiones y la utilización del buque, los equipos que contenga, las características físicas y químicas de las sustancias que se encuentren en el buque y el número máximo de personas que puedan estar presentes en él, los alojamientos y los lugares de trabajo cerrados, incluida la sala de máquinas, así como las bodegas si fuere necesario, deberán estar equipados con dispositivos adecuados de lucha contra incendios y, si fuere necesario, con detectores de incendios y sistemas de alarma.

5.2.- Los dispositivos de lucha contra incendios deberán encontrarse siempre en su lugar, mantenerse en perfecto estado de funcionamiento y estar preparados para su uso inmediato. Los tripulantes deberán conocer el emplazamiento de los dispositivos de lucha contra incendios, saber cómo funcionan y cómo deben utilizarse. Antes de cualquier salida del buque del puerto deberá comprobarse que los extintores y demás equipos portátiles de lucha contra incendios se encuentran a bordo.

5.3.- Los dispositivos manuales de lucha contra incendios deberán ser de fácil acceso y manipulación y deberán señalizarse conforme al Real Decreto sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y ser duradera.

5.4.- Los sistemas de detección de incendios y de alarma contra incendios deberán probarse regularmente y mantenerse en buen estado.

5.5.- Los ejercicios de lucha contra incendios deberán efectuarse periódicamente.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6.- Ventilación de los lugares de trabajo cerrados.

Habida cuenta de los métodos de trabajo y de las exigencias físicas impuestas a los tripulantes, se deberá velar por que los lugares de trabajo cerrados dispongan de aire fresco en cantidad suficiente.

Si se utiliza una instalación de ventilación mecánica, deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento.

7.- Temperatura de los locales.

7.1.- La temperatura en los locales de trabajo deberá ser adecuada al organismo humano durante el tiempo de trabajo, teniendo en cuenta los métodos de trabajo aplicados, las exigencias físicas impuestas a los tripulantes y las condiciones meteorológicas reinantes o que puedan reinar en la región en la que trabaje el buque.

7.2.- La temperatura de los alojamientos, de los servicios, de los comedores y de los locales de primeros auxilios deberá, si tales locales existen, responder al uso específico de estos locales.

8.- Iluminación natural y artificial de los lugares de trabajo.

8.1.- Los lugares de trabajo deberán, en la medida de lo posible recibir luz natural suficiente y estar equipados con una iluminación artificial adecuada a las circunstancias de trabajo y que no ponga en peligro la seguridad y la salud de los tripulantes ni la navegación de los demás buques.

8.2.- Las instalaciones de iluminación de los lugares de trabajo, escaleras, escalas y pasillos deberán colocarse de manera que el tipo de iluminación previsto no presente riesgos de accidentes para los tripulantes ni obstaculice la navegación del buque.

8.3.- Los lugares de trabajo en los que los tripulantes estén particularmente expuestos a correr riesgos en caso de avería de la iluminación artificial deberán poseer una iluminación de emergencia de intensidad suficiente.

8.4.- La iluminación de emergencia deberá mantenerse en condiciones de funcionamiento eficaz y se probará periódicamente.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

9.- Suelos, mamparos y techos.

9.1.- Los lugares a los que los tripulantes tengan acceso deberán ser antideslizantes o estar provistos de dispositivos contra caídas y estar libres de obstáculos, en la medida de lo posible.

9.2.- Los lugares de trabajo en los que estén instalados los puestos de trabajo deberán estar provistos de aislamiento acústico y térmico suficiente, habida cuenta del tipo de tareas y la actividad física de los tripulantes.

9.3.- La superficie de los suelos, los mamparos y los techos de los locales deberán ser tales que puedan limpiarse y revocarse para lograr condiciones de higiene adecuadas.

10.- Puertas.

10.1.- Las puertas deberán poder abrirse siempre desde el interior sin necesidad de equipos específicos. Cuando se utilicen los lugares de trabajo, las puertas deberán poder abrirse desde ambos lados.

10.2.- Las puertas, en particular las puertas correderas cuando no se pueda evitar su existencia, deberán funcionar con la mayor seguridad posible para los tripulantes, especialmente en condiciones marítimas y meteorológicas adversas.

11.-Vías de circulación y zonas peligrosas.

1.- Los pasillos, troncos, partes exteriores de las casetas y, en general, todas las vías de circulación, deberán estar equipados con barandas, barandillas, andariveles o cualquier otro medio de garantizar la seguridad de la tripulación durante sus actividades a bordo.

11.2.- Si hay riesgo de que los tripulantes caigan por la escotilla de la cubierta, o de una cubierta a otra, deberá instalarse la protección adecuada en todos los lugares en los que sea posible hacerlo. Cuando dicha protección se realice mediante una baranda, ésta tendrá una altura mínima de un metro.

11.3.- Los accesos que deban abrirse por encima de la cubierta para permitir la utilización o el mantenimiento de las instalaciones deberán garantizar la seguridad de los tripulantes. Deberán instalarse barandas o dispositivos similares de protección de altura adecuada para evitar las caídas.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

11.4.- Las amuradas u otros medios instalados para evitar las caídas por la borda deberán mantenerse en buen estado. En dichas amuradas deberán instalarse portas de desagüe u otros dispositivos similares, para una evacuación rápida del agua.

12.- Disposición de los lugares de trabajo.

12.1.- Las zonas de trabajo deberán mantenerse expeditas y, en la medida en que sea posible, estar protegidas contra el mar y ofrecer protección adecuada a los tripulantes contra las caídas a bordo o al mar. Las zonas de manipulación de herramientas de trabajo deberán ser lo suficientemente espaciosas por lo que a la altura y a la superficie se refiere.

12.2.- Cuando el control de los motores se efectúe en la sala de máquinas, deberá hacerse desde un local separado, aislado acústica y térmicamente de ésta y accesible sin atravesarla. Se considera que el puente de gobierno es un local que cumple con los requisitos mencionados en el párrafo primero.

12.3.- Los mandos del equipo de tracción deberán estar instalados en una zona lo suficientemente amplia para permitir a los operadores trabajar sin estorbos. Además, los equipos de tracción deberán estar provistos de dispositivos de seguridad adecuados para emergencias, incluidos los dispositivos de parada de emergencia.

12.4.- El operador de los mandos del equipo de tracción deberá tener una visión adecuada del mismo y de los tripulantes que estén a bordo. Cuando los equipos de tracción se accionen desde el puente, el operador deberá tener también una visión clara de los tripulantes, ya directamente ya por cualquier medio adecuado.

12.5.- Deberá utilizarse un sistema de comunicación fiable entre el puente y la cubierta de trabajo.

12.6.- Deberá mantenerse constantemente una estrecha vigilancia y avisar a la tripulación del peligro inminente de marejada durante las operaciones de trabajo o cuando se realice otro trabajo sobre cubierta.

12.7.- El recorrido al descubierto de los viradores, de los cables de arrastre y de las piezas móviles del equipo se deberá reducir al mínimo mediante la instalación de mecanismos de protección.

12.8.- Deberán instalarse sistemas de control para el traslado de cargas

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

13.- Primeros auxilios.

Todos los buques deberán disponer de un material de primeros auxilios conforme con la normativa sobre seguridad, salud y asistencia médica a bordo de buques.

14.- Escalas y pasarelas de embarque.

Deberá disponerse de una escala de embarque, de una pasarela de embarque o de cualquier otro dispositivo similar que ofrezca un acceso apropiado y seguro al buque.

15.-Ruido.

Se deberán adoptar todas las medidas técnicas necesarias para que el nivel sonoro de los lugares de trabajo y alojamientos se reduzca en lo posible en función del tamaño del buque.

7.1.15 Ejemplos de Equipos de Protección Individual para tripulación de embarcaciones

Se muestra a continuación una ropa de trabajo diseñada para los tripulantes de embarcaciones para aportarles seguridad y confort. Esta prenda ofrece el concepto Body Climate System, con el que se mantiene el cuerpo seco permitiendo la transpiración y consigue mantener el cuerpo caliente atrapando el calor. Asimismo, se protege al trabajador contra las inclemencias meteorológicas.

El equipo consta de tres prendas diferentes, una de ellas compuesta por camiseta, pan- talón y calcetines que mantiene al cuerpo seco; una segunda cuenta con una membrana que trabaja como un cortavientos contra todo tipo de inclemencias; y la tercera prenda incorpora un chaleco salvavidas al peto con lo cual en caso de caer al mar, consciente o inconsciente, el chaleco se infla al ponerse en contacto con el agua (ver fotografías adjuntas). El chaleco salvavidas proporciona una flotabilidad de 150 N.

Como complemento al chaleco salvavidas, en los casos de emergencia, se puede tener otros dos componentes de seguridad que aumentarán la seguridad de los tripulantes: los trajes de supervivencia y los radiotransmisores personales (son unos transmisores que envían una señal de alerta a los servicios de rescate, dando bastante exactitud en cuanto a la posición).

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Chaqueta de agua que va por encima del pantalón-peto



Pantalón-peto con el chaleco salvavidas incorporado (tirantes de color rojo).



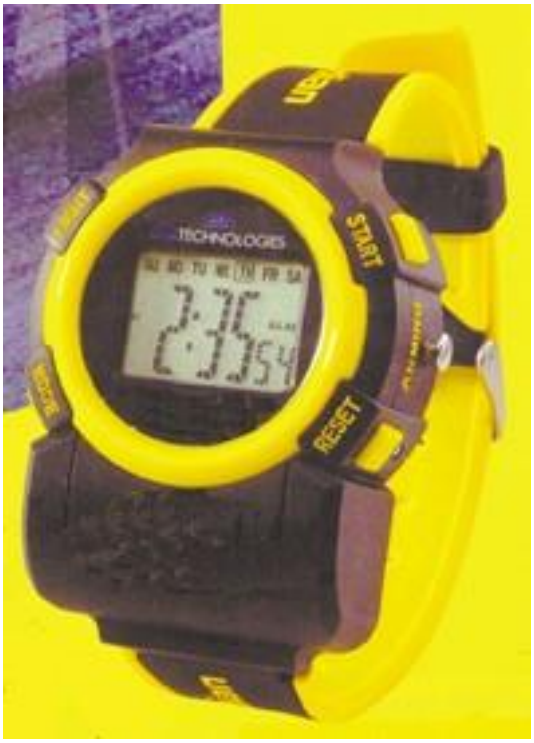


Detalle de ambas prendas una vez se ha activado el sistema e hinchado el chaleco salvavidas

En relación con la radiotransmisión personal se ha desarrollado el sistema de nuevo vigilante “Hombre al Agua”, que representa la mayor novedad en Seguridad Marítima. Útil para la seguridad de navegantes a vela, regatistas, yates, pescadores profesionales, aficionados, buceadores o de cualquier persona que esté en el mar.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622 2MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Este reloj de pulsera, ligero, cómodo, práctico y multifunción, lleva incorporado internamente un transmisor que, cuando se activa manualmente o automáticamente en contacto con el agua, transmite una señal en (121.5 MHz), frecuencia internacional de emergencia para búsqueda y rescate. Esta señal puede ser detectada por su barco o si va equipado con un receptor de emergencia, o por un barco de salvamento o helicóptero que, mediante sus receptores direccionales, pueden localizarle con precisión.



Reloj digital-radiobaliza "Hombre al agua"

La mayor ventaja del reloj, comparado con las tradicionales radio balizas, es su diseño y construcción que anima a los usuarios a aceptarlo como un reloj normal, 24 horas al día. Esto reduce sustancialmente el drama y riesgo de la pérdida de una persona en el mar si un inesperado accidente ocurre.

El reloj es ideal como ayuda para localizar a las personas que están en el mar, por accidente o como miembros del equipo de rescate.

Aunque el reloj se activará automáticamente por inmersión en el agua, la activación manual está disponible mediante la pulsación de 2 botones.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7.1.16 Otras consideraciones de seguridad

En relación con los trabajos en un 2º circuito de la línea deben indicarse en la elaboración del Plan de Seguridad para cada tramo adjudicado los apoyos que comprende.

Inspecciones de seguridad

Debe indicarse qué asignación diaria de horas tendrá el Recurso Preventivo para hacer las inspecciones y con qué medios contará. Debe disponer de un vehículo para moverse y visitar los tajos que estén separados de donde él habitualmente trabaje.

Debe inspeccionar diariamente los latiguillos de p.a.t. de las poleas de tendido en los vanos en que se trabaja

Medios materiales

Es importante saber si habrá una serie tendiéndose y tan solo otra regulando y engrapado dado que ello va a condicionar el nº de líneas de seguridad (cuerdas, cintas de anclaje, mosquetones, etc…) y el nº de conjuntos de p.a.t.

Cruzamientos

Indicar la relación de cruzamientos, particularmente los de líneas eléctricas. Deben relacionarse con sus alineaciones e indicar que se solicitarán por escrito descargos de todos ellos y serán registros de seguridad las respuestas, ya sean concediéndolos o denegándolos.

Línea de seguridad

Hay que indicar si las cuerdas permanecerán instaladas en cada apoyo hasta que finalicen en él todos los trabajos, o en qué casos se retirarán como medida de precaución.

Deben relacionarse todos los componentes de línea de seguridad, como cualquier otro material, para comprobar que se aplicará el método de forma correcta.

Montaje de aislamiento y poleas

No es necesario que en ese instante la conexión de la puesta a tierra de la cadena + polea se haga con guantes aislantes, al menos no incluirlo como obligatorio.

Si se utiliza cuerda auxiliar para pasar el piloto, indicar la longitud de esa cuerda, si es de más de 5m debe estar amarrada.

Tendido de conductores con un circuito en tensión.

Indicar que una vez elevado el cable piloto hay que hacer una medición de p.a.t. de todo el conjunto inyectando en el cabrestante y en el freno. Debe alcanzarse resistencia de p.a.t menor de 3 ohmios.

Lo anterior para cada tirada

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Regulado de conductores con otro circuito en tensión

Deben estar a tierra todas las poleas (en las torres anterior, posterior y la que se trabaja)

Dado que el operario tiene que manipular la rana de retención con las manos y está conectada a la torre a través del cable del pull-lift, debe llevar guantes aislantes (aquí más importante que traje conductor). Otra alternativa es un estrobo intermedio de fibra. Lo mismo al retirarla

Engrapado de conductores

Cuando se establece de usar obligatoriamente una escalera metálica debe indicarse que no es solo cuando se trate de aislamiento compuesto. En cadenas de suspensión con aislamiento de vidrio no se debe bajar por la cadena (aunque haya que subir la escalera) y además el operario está enganchado de la estructura)Aclarar que este punto se refiere tanto a cadenas de suspensión como de amarre.

Colocación de separadores

En el caso de aislamiento compuesto dado que están conectadas las p.a.t. no se necesita escalera aislante (pesa mucho más que la de aluminio)

Indicar que siempre la secuencia debe ser:

- Descender (por el vidrio o escalera metálica)
- Colocar el carro por delante de la pinza de p.a.t.
- Subirse al carro y avanzar hasta la pinza de p.a.t.
- Pasar la pinza de p.a.t. hacia atrás (con guantes) y avanzar por el vano
- Colocar los antivibradores y secuencialmente los separadores

Solo a la finalización deben retirarse las p.a.t. para ser utilizadas en otra serie.

Las tierras serán desmontadas secuencialmente (avanzando de un extremo a otro)

Ya no se volverá a las torres de suspensión y a las de amarre se volverá en su momento para cerrar puentes.

Cierre de puentes

Todos los puentes deben quedar abiertos hasta última actividad. Es decir habrá un momento en que haya varias series finalizadas totalmente y sin ninguna tierra pero con los puentes abiertos.

Para cerrar puentes habrá dos equipos que siempre tendrán entre sí al menos un puente sin cerrar.

Materiales de seguridad cuando hay otro circuito con tensión

La sección de los cables de p.a.t. que se utilizarán para los latiguillos será 20 mm2 al menos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Si el Circuito con tensión disparase hay que revisar estos cables en los vanos de L>600 metro y con impedancias muy bajas (caso de valles o ríos) por si alguna de ellas se hubiera fundido o soltado por efectos mecánicos.

Norma general frente a inducciones

Hay que indicar de forma dominante que nadie tocará un elemento metálico, directamente o a través de otro elemento conductor, si previamente no hay conexiones próximas de p.a.t. a ambos lados. Esto lo tienen que hacer cumplir los Jefes de trabajo sin exclusiones.

Hay que indicar de forma dominante que las p.a.t. se colocarán o se retirarán con pértigas aislantes, cuerdas aislantes o guantes aislantes (deseables de 30 kV)

Hay que indicar de forma dominante que no se realizarán maniobras de tiro debajo o hacia el circuito en tensión, de forma que un fallo debe suponer siempre, que los elementos se alejen del circuito en servicio. En caso de no existir otra opción, se realizará un procedimiento o anexo específico.

Hay que indicar de forma dominante que cualquier operario que esté en la torre tiene que estar amarrado a las cuerdas de la línea de seguridad en todo momento. Esto lo tienen que hacer cumplir los Jefes de Trabajo salvo para pasar a los carros de separadores.

Organización.

A criterio del responsable de los trabajos, las actividades de su personal serán suspendidas cuando las condiciones meteorológicas incidan negativamente en la seguridad de los trabajadores.

Se evitará realizar hogueras o fogatas en zonas de maleza o que presenten riesgo de incendios. Caso de ser imprescindible se limpiará el lugar de elementos combustibles en un radio de 2 m, debiendo estar vigilado el fuego continuamente. Al final de la jornada se apagará con agua o tierra.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

8. ANEXO 3. IMPRESOS Y APLICACIONES

8.1.1 Autorización de trabajo

Documento que acredita la preparación previa de los trabajos en el caso de que estos se realicen en una instalación donde haya elementos en tensión.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

AUTORIZACIÓN DE TRABAJO
AT : (Nº de solicitud ó Nº de OT) **- n**

M005 Autorización de Trabajo

Para la **Instalación:** ……

Descripción del **Trabajo:**

(A rellenar por el Supervisor en Obra)

Normas / Documentos que aplican:

¿Se precisa Zona de Trabajo? ☐ Sí ☐ No

Se autoriza al **Jefe de Trabajo**: Sr …… de la **Empresa :**

☐ A realizar los trabajos descritos en las condiciones establecidas en las normas indicadas.

Fdo. Supervisor en Obra Sr :

(Para instalaciones en servicio, a rellenar por el Jefe de la Instalación o en su nombre el Agente)

Tipo de trabajo: ☐ En Descargo ☐ En Área de Tensión ☐ En Área de Proximidad ☐ Fuera del Área de Proximidad ☐ Intervención

Se informa al Jefe de Trabajo y al Coordinador / Supervisor que han sido establecidas en la instalación las siguientes medidas:

☐ Zona Protegida, con los límites …… …… …… …… …… …… ……

…… …… ……

……

☐ Régimen Especial de Explotación

☐ Otras medidas

……

……

……

Se autoriza al **Jefe de Trabajo**: Sr …… de la **Empresa ……**

☐ A crear la Zona de Trabajo

Fdo. El Jefe de la Instalación, o en su nombre el Agente, Sr ……

En caso de trabajos en Descargos o de trabajos en Tensión, la validez de esta Autorización queda condicionada al Control de Entrega y Devolución que figura en el reverso.

He sido informado de la Zona Protegida creada y de las medidas de Seguridad para la Obra,

Fdo. El Jefe de Trabajo, Sr ……

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

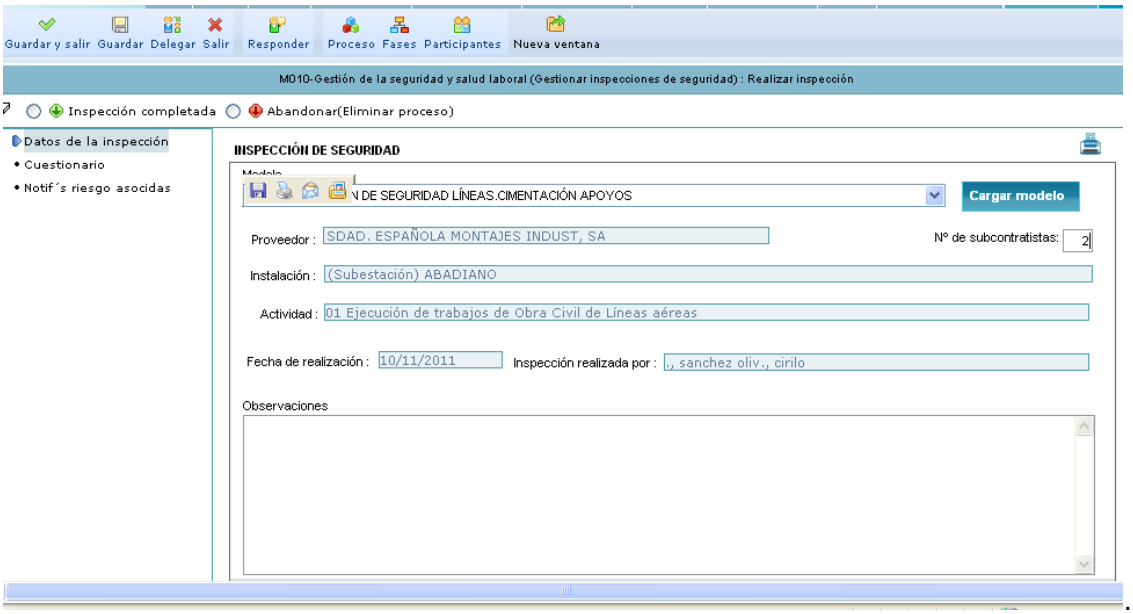
CONTROL DE ENTREGA Y DEVOLUCIÓN DE LA INSTALACIÓN (Única o sucesivas)									
ENTREGA					DEVOLUCIÓN				
fecha	hora	Modo (*)	VºBº Agente	VºBº Jefe Tr	fecha	hora	Modo (*)	VºBº Agente	VºBºJefe Tr
(*) Modo Comunicación : **D**- directa **T**- teléfono									
☐ La instalación fue devuelta definitivamente al Centro de Control el ..... / ..... /									

SUSTITUCIÓN DEL AGENTE O DEL JEFE DE TRABAJO
El Agente fue sustituido por el Sr. el ... / ... / .... a las ..... horas, de tal hecho se informó al Jefe de Trabajo y al Supervisor
El Jefe de Trabajo fue sustituido por el Sr. el ... / ... / .... a las ..... horas, de tal hecho se informó previamente al Agente y al Supervisor

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

8.1.2 Realización de las Inspecciones de Seguridad.

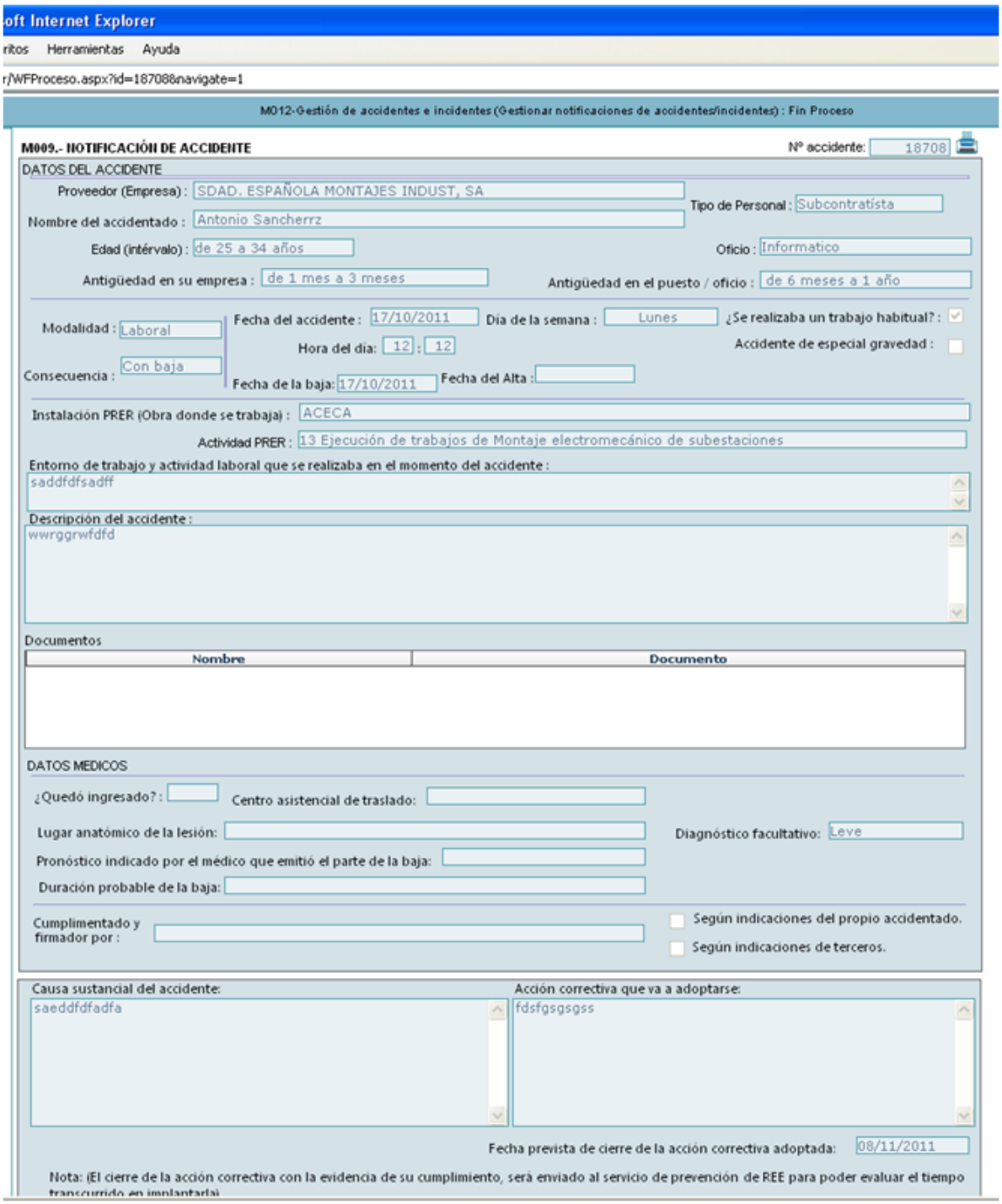
Las inspecciones de seguridad se realizarán con aplicación informática corporativa –PRER – en la forma y método que está estableció en el documento TM001 de Organización de la Seguridad en los trabajos de construcción.



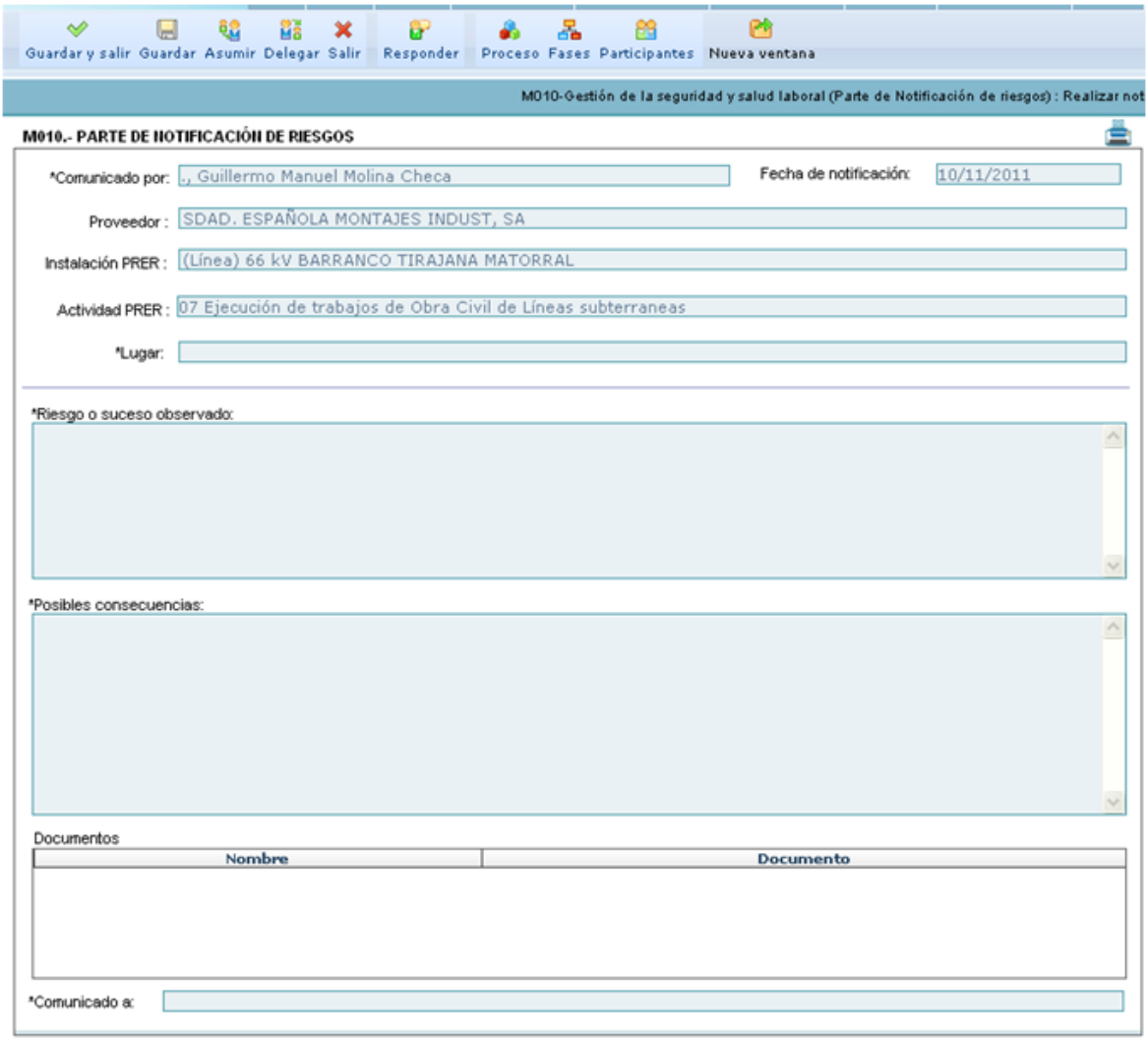
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

8.1.3 Forma de comunicación de accidentes y riesgos

Las comunicaciones de accidentes se realizarán con aplicación informática corporativa –PRER – en la forma y método que está estableció en el documento TM001 de Organización de la seguridad en los trabajos de construcción.



COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



ANTEPROYECTO

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA - FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA

LÍNEA SUBTERRÁNEA - SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400 kV GATIKA – FRONTERA FRANCESA

DOCUMENTO 6

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

DOCUMENTO Nº 6

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

1 DOCUMENTACIÓN GENERAL 3

2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE APLICACIÓN EN LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS SUBTERRÁNEAS 4

* LOS ANEXOS DEL PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS SE RECOGEN EN LAS COPIAS DIGITALES DEL ANTEPROYECTO QUE SE ADJUNTAN.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

1 DOCUMENTACIÓN GENERAL

La documentación a aplicar en la ejecución del presente anteproyecto es la siguiente:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09
- Normativa internacional para sistemas de cables de corriente continua y cables submarinos
    - TB 496 (*April* 2012): *Recommendations for testing DC extruded cable systems for power transmission at a rated voltage up to 500 kV*
    - Electra 189 (*April* 2000): *Recommendations for tests of power transmission DC cables for a rated voltage up to 800 kV (review of the report published in Electra 72 of 1980)*.
    - TB 622 (*June* 2015): *Recommendations for Testing DC Transition Joints for Power Transmission at a Rated Voltage Up To 500KV*
    - TB 623 (*June* 2015): *Recommendations for mechanical testing of submarine cables*.
- Especificaciones Técnicas de normativa interna detalladas en los puntos siguientes, con sus ediciones actuales.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE APLICACIÓN EN LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

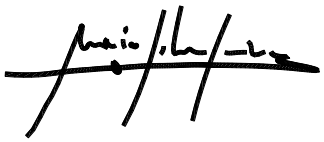
a) Suministro de materiales

- ET044 – Cables dieléctricos de fibra óptica con protección antirroedores para subestaciones.
- ET140 – Suministro de tubos corrugados de doble pared para líneas subterráneas.
- ET141 – Cinta para señalización de las líneas subterráneas.
- ET148 – Cajas de empalme para cables de fibra óptica.
- ET202 – Arquetas de telecomunicaciones para líneas subterráneas.
- ET203 – Suministro de tubos de telecomunicaciones para líneas subterráneas.
- ET204 – Tubos de perforaciones dirigidas para líneas subterráneas.

b) Ejecución de trabajos

- ET154 – Tendido de cables de líneas eléctricas subterráneas.
- ET157 – Obra Civil de líneas eléctricas subterráneas en banco de tubos.
- ET160 – Ensayos de puesta en servicio de líneas eléctricas subterráneas.
- ET224 – Ejecución de los trabajos de topografía y georadar de líneas eléctricas subterráneas.

Madrid, abril de 2021
La Ingeniera Industrial



María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº4123/3353

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

496

Recommendations for Testing DC Extruded Cable Systems for Power Transmission at a Rated Voltage up to 500 kV

Working Group B1.32

April 2012

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622 2M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

RECOMMENDATIONS FOR TESTING DC EXTRUDED CABLE SYSTEMS FOR POWER TRANSMISSION AT A RATED VOLTAGE UP TO 500 kV

WG B1.32

Members

B. SANDEN, **Convenor** (NO), J. MATALLANA, **Secretary** (NO),

J.-L. PARPAL (2009) (CA), A. MACPHAIL (2009-2011) (CA), D. WALD (CH), T. KVARTS (DK),

L. BENARD (FR), E. ZACCONE (IT), S. HIRANO (JP), J.-N. KIM (KR),

R. BODEGA (NL), M. JEROENSE (SE), R. SVOMA (UK)

Corresponding members

J. FERENCZ (AU), L. COLLA (IT), S. ECKROAD (US)

Copyright © 2012

"Ownership of a CIGRE publication, whether in paper form or on electronic support only infers right of use for personal purposes. Are prohibited, except if explicitly agreed by CIGRE, total or partial reproduction of the publication for use other than personal and transfer to a third party; hence circulation on any intranet or other company network is forbidden".

Disclaimer notice

"CIGRE gives no warranty or assurance about the contents of this publication, nor does it accept any responsibility, as to the accuracy or exhaustiveness of the information. All implied warranties and conditions are excluded to the maximum extent permitted by law".

ISBN : 978-2-85873-188-6

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:161959822MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TABLE OF CONTENTS

1 INTRODUCTION 4
1.1 Background 4
1.2 Scope 4
1.3 Revisions 5
1.4 Summary of tests 5
1.5 Definitions 6
2 DEVELOPMENT TESTS 12
3 PREQUALIFICATION TESTS 13
3.1 Range of approval 13
3.2 Summary of prequalification tests 14
3.3 Test arrangement 14
3.4 Long duration voltage test 14
3.5 Superimposed switching impulse voltage test 15
3.6 Examination 16
3.7 Success criteria, re-testing and interruptions 16
4 TYPE TESTS 17
4.1 Range of approval 17
4.2 Test objects 17
4.3 Non-electrical type tests 18
4.4 Electrical type test 18
4.5 Return cable - type test 21
5 ROUTINE TESTS 23
5.1 Routine tests on transmission cables 23
5.2 Routine tests on cable accessories 23
5.3 Return cables or conductors 24
6 SAMPLE TESTS 25
6.1 Sample tests on transmission cables 25
6.2 Sample tests on factory joints for submarine cables 25
6.3 Sample tests on repair joints and terminations 26
6.4 Sample tests on field moulded joints 26
7 AFTER INSTALLATIONS TESTS 27
7.1 High voltage test 27
7.2 Test on polymeric sheaths 27
7.3 TDR measurement 27
REFERENCES 28
APPENDIX A: DERIVATION OF TEST PARAMETERS 30
APPENDIX B: TECHNICAL BASIS FOR THE DETAILED PREQUALIFICATION TEST SCHEMES 34
APPENDIX C: SCHEMATIC REPRESENTATION OF THE SEQUENCE OF TESTS FOR LAND AND SUBMARINE CABLES 35
APPENDIX D: COMPARISON WITH GUIDELINES AND RECOMMENDATIONS FOR TRANSMISSION CABLE TESTS 36

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

1 INTRODUCTION

1.1 Background

In 2003 TB 219 “Recommendations for testing DC extruded cable systems for power transmission at a rated voltage up to 250 kV” was issued by Cigré study committee B1 [0]. This was the first document issuing recommendations for testing of high voltage DC extruded cable systems. The recommendation was recognised by a large and relevant technical community and has become the reference for the user community. In 2008 it was decided by SC B1 to launch a new working group to prepare recommendations for testing DC extruded cables systems at a rated voltage up to 500 kV. The decision was motivated by the fact that commercially available HVDC extruded systems above 250 kV were emerging.

At the time of preparing this recommendation there is laboratory experience at voltages up to and including 500 kV, but operating experience is limited to 200 kV [1]. Contracts have been awarded at a voltage level up to 320 kV [2]. A further increase in voltage level is to be expected and this recommendation will therefore cover voltages up to 500 kV. However, it is important to emphasise that the lack of operational experience above 200 kV and the limited number of tests at higher voltage levels represent an uncertainty in the preparation of this recommendation. Consequently new relevant knowledge that emerges from increased testing and/or service experience at higher voltages may necessitate new revisions of this recommendation in the future.

The tests in this recommendation follow the same principles as in TB 219. For completeness, the backgrounds for the different tests are included also in this recommendation. The philosophy adopted is that the tests recommended should apply to the complete HVDC cable system as installed and as intended to function. Wherever possible, the tests are based on existing recommendations, standards and practices. It must be recognised that DC extruded cables may involve the use of many different materials such as thermoplastic or crosslinked polymers (either filled or unfilled) and differing manufacturing processes. In consequence, the tests recommended are largely functional and not specific to one material or manufacturing process.

This technical brochure replaces TB 219 issued in March 2003 [0].

1.2 Scope

This document recommends a series of tests on extruded cables for DC power transmission systems (land or submarine cables with their accessories in fixed installations) up to and including 500 kV. Within the scope of these recommendations “extruded” shall mean either filled (e.g. with mineral or carbon) or unfilled and either thermoplastic (e.g. polyethylene, etc.) or thermoset (e.g. crosslinked polyethylene, ethylene propylene rubber, etc.) insulations.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

1.3 Revisions

Essential in TB 219 are the principles for determination of voltage test factors and duration of the different test sequences. The WG have had thorough discussions of this approach extended to higher voltage levels and there is a consensus in the WG that these principles shall be adopted also for the recommendation covering higher voltage levels. Consequently, the voltage test factors and test sequences from TB 219 are kept in this recommendation.

The main changes made to the text of TB 219 can be summarised as follows:

- The voltage range covered is extended up to 500 kV.
- The text has been updated to take into account the latest revisions of IEC 60840 (Edition 4) [3] and IEC 62067 (Edition 2) [4].
- The range of approval for both prequalification tests and type tests has been revised.
- For the load cycle blocks of the prequalification test, the requirement has been changed from number of days to number of cycles.
- Recommendations for routine and sample tests on cable accessories have been included.

1.4 Summary of tests

Where applicable, test definitions are in line with IEC 60840 [3] and IEC 62067 [4].

Development tests	Tests made during the development of the cable system.
Prequalification test	Test made before supplying on a general commercial basis a type of cable system covered by this recommendation, in order to demonstrate satisfactory long term performance of the complete cable system. *NOTE 1: The prequalification test need only be carried out once unless there is a substantial change in the cable system with respect to material, manufacturing process, design or design electrical stress levels.* *NOTE 2: A substantial change is defined as that which might adversely affect the performance of the cable system. The supplier should provide a detailed case, including test evidence, if modifications are introduced, which are claimed not to constitute a substantial change.*
Type tests	Tests made before supplying on a general commercial basis a type of cable system covered by this recommendation, in order to demonstrate satisfactory performance characteristics to meet the intended application. *NOTE: Once successfully completed, these tests need not be repeated, unless changes are made in the cable or accessory with respect to materials, manufacturing process, design or design electrical stress levels, which might adversely change the performance characteristics.*

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Routine tests	Tests made by the manufacturer on each manufactured component (length of cable or accessory) to check that the component meets the specified requirements.
Sample tests	Tests made by the manufacturer on samples of complete cable or components taken from a complete cable or accessory, at a specified frequency, so as to verify that the finished product meets the specified requirements.
Tests after installation	Tests made to demonstrate the integrity of the cable system as installed.

1.5 Definitions

Where applicable, definitions are in line with IEC 60840 [3] and IEC 62067 [4].

1.5.1 General

Cable system	A cable system consists of cables with installed accessories. Cable accessories are typically joints and terminations. There may be other types of accessories associated with a cable system (e.g. measuring devices or fixtures). These need only to be incorporated in the test objects to the extent that they are deemed to have an impact on the operational characteristics of the cable system.
Test object	A test object is a cable length or an accessory to be subjected to testing.
Return cable	A return cable is the low/medium voltage DC cable used for the return current in monopolar operation of HVDC schemes. The return cable can either be connected over the full length between the converters or only be connected for part of the length connecting a converter to an electrode station.
Transmission cable	A transmission cable refers to the high voltage cable of a monopolar or bipolar scheme. The term is used in this document where appropriate to distinguish from the return cable.
Test loop	A test loop is a combination of series connected test objects simultaneously under test (Figure 1).
Test set-up	A test set-up is a combination of clearly separate test loops. A number of test loops may be simultaneously under test, possibly using same test equipment.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

LCC — A HVDC system using Line Commutated Converters. LCC is a converter that has the feature of changing voltage polarity on the cable system when the direction of power flow is reversed IEC 60633 [5].

VSC — A HVDC system using Voltage Source Converters. VSC is a converter that does not change the voltage polarity of the cable system when the direction of power flow is reversed Cigré TB 289 [6].

1.5.2 Test objects

Possible configuration of test objects in a test loop is shown in Figure 1. Special definitions are described hereafter.

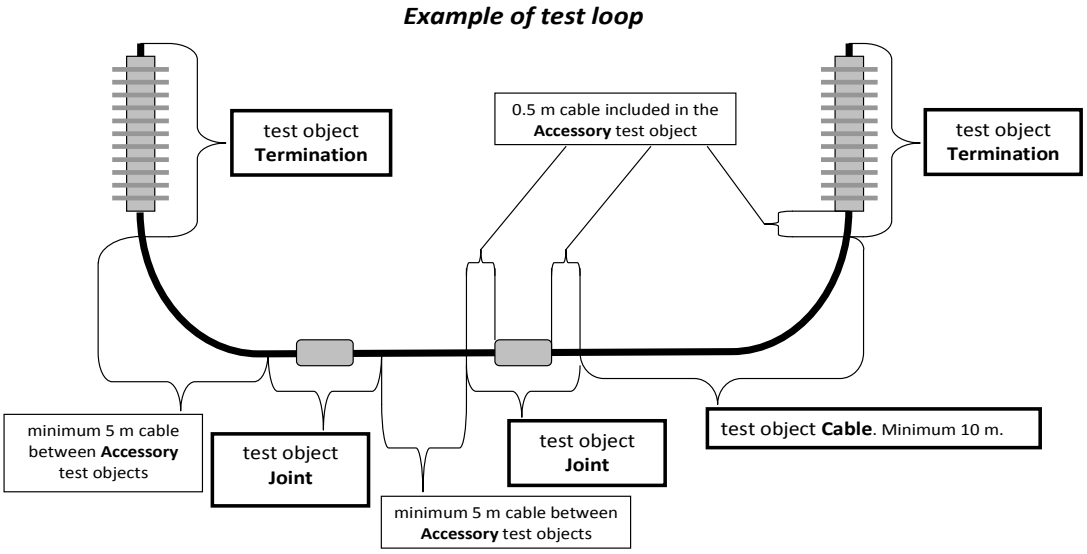


Figure 1: Possible configuration of test objects within a test loop

Extrusion length — An extrusion length is the length of cable conductor with the insulation and semiconducting layers continuously extruded in the same non-interrupted extrusion operation (excluding possible scrapped sections cut off from the starting and ending sections).

Manufacturing length — A manufacturing length is a whole extrusion length (or parts thereof if cut), where construction elements (outside the outer semiconducting layer) have been applied.

Delivery length — A delivery length may be one or more manufacturing lengths joined with factory joints. A delivery length is typically the intended shipping length of a submarine cable or the completed cable length on a drum for a land cable.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electrónicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Factory joint	A factory joint is a joint between extrusion lengths / manufacturing lengths that is manufactured under controlled factory conditions.
Repair joint	A repair joint is a joint between two cables that are completed with all construction elements.
Field joint	A field joint is a joint between two cables that are completed with all construction elements and in a state as installed in the field in the actual cable system.
Transition joint Cigré TB 177 [7]	A transition joint in the context of this recommendation is a joint that connects the same type of insulation technology (extruded), such as jointing cables with different conductor cross-sections.

NOTE: Test on joints between extruded cables and other types of insulation technology (MI or oil filled) are not covered in this document. This should be agreed between supplier and customer. If special considerations are needed in case of transition joints between extruded cables, detailed agreements between supplier and customer are recommended.

1.5.3 Test voltages

U_0	is the rated DC voltage between conductor and core screen for which the cable system is designed.
U_T	is the DC voltage during the type test and routine test. For the scope of this recommendation $U_T = 1.85 \times U_0$.
U_{TP1}	is the DC voltage during the prequalification test (load cycle test), type test (polarity reversal test) and test after installation. For the scope of this recommendation $U_{TP1} = 1.45 \times U_0$.
U_{TP2}	is the DC voltage during the prequalification polarity reversal test. For the scope of this recommendation $U_{TP2} = 1.25 \times U_0$.
U_{P1}	is 1.15 x the maximum absolute peak value (Figure 2) of the lightning impulse voltage, which the cable system can experience when the impulse has the opposite polarity to the actual DC voltage.
$U_{P2,S}$	is 1.15 x the maximum absolute peak value (Figure 2) of the switching impulse voltage, which the cable system can experience when the impulse has the same polarity as the actual DC voltage.
$U_{P2,O}$	is 1.15 x the maximum absolute peak value (Figure 2) of the switching impulse voltage which the cable system can experience when the impulse has the opposite polarity to the actual DC voltage.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electrónicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

$U_{RC,AC}$ is the maximum voltage a return cable can be subjected to due to temporary damped alternating overvoltage. This voltage is typically induced by a commutation failure, and the value should be supported by the supplier's system calculations of the HVDC link. The nature of the overvoltage depends upon the configuration of the HVDC link and needs to be calculated for each case.

$U_{RC,DC}$ is the max DC voltage in normal operation of the return cable.

NOTES:
The ripple content of the DC test voltages shall not be greater than 3 percent.
Calibration shall be according to IEC 60060-1 [8].
The basis for the selection of test factors is described in Appendix A.

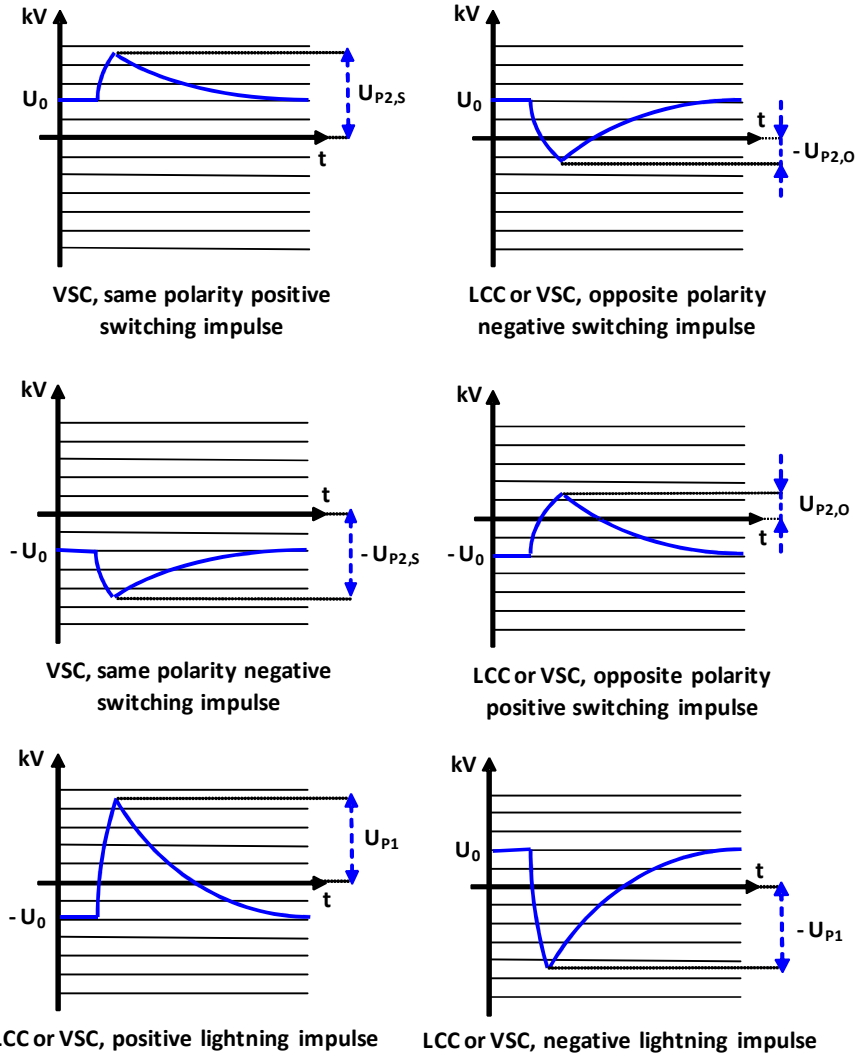


Figure 2: Schematic representations of the switching impulse and lightning impulse test voltages. Due to the constraints within the DC system design $U_{P2,S}$ does not necessarily equal $U_{P2,O}$, i.e. the same polarity impulse is limited by surge arresters, but the opposite polarity impulse may be limited by the converter.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

1.5.4 Thermal cable design parameters

$T_{cond,max}$ is the maximum temperature at which the cable conductor is designed to operate. This value is to be stated by the supplier.

ΔT_{max} is the maximum temperature difference over the cable insulation in steady state (not including semiconducting screens) at which the cable is designed to operate. This value is to be calculated and stated by the supplier, who shall also provide evidence of the correlation between this design value and data measured during testing.

1.5.5 Thermal conditions for tests

The heating method used shall be conductor heating. The heating may be achieved by either DC or AC current, possibly in combination with external thermal insulation or cooling. The actual ΔT and T_{cond} during testing need to be demonstrated.

Load Cycles (LC) Load cycles consist of both a heating period and a cooling period.

"24 hours" load cycles (for prequalification and type tests) consist of at least 8 hours of heating followed by at least 16 hours of natural cooling. During at least the last 2 hours of the heating period, a conductor temperature $\geq T_{cond,max}$ and a temperature drop across the insulation $\geq \Delta T_{max}$ shall be maintained.

"48 hours" load cycles (for type test only) consist of at least 24 hours of heating followed by at least 24 hours of natural cooling. During at least the last 18 hours of the heating period, a conductor temperature $\geq T_{cond,max}$ and a temperature drop across the insulation $\geq \Delta T_{max}$ shall be maintained. 48 hour load cycles are only required as part of the type test procedure to ensure that electrical stress inversion is well advanced within the cycle.

High Load (HL) High Load consists of a continuous heating period. Within the first 8 hours of the heating period conductor temperature $\geq T_{cond,max}$ and temperature drop across the insulation $\geq \Delta T_{max}$ shall be achieved and maintained for the rest of the High Load test.

NOTE: If, for practical reasons, the specified temperatures can not be reached within the first 8 hours, a longer time can be used. This additional time shall not be constituted as being part of the test period.

Zero Load (ZL) No heating is applied.

Impulse Test Conductor temperature $\geq T_{cond,max}$ and temperature drop across the insulation $\geq \Delta T_{max}$ shall be reached for a minimum 10 hours before voltage impulses (superimposed impulse, switching, lightning) are applied and shall be maintained throughout the duration of the test .

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619596222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Ambient temperature	Unless otherwise specified in the details for the particular test, tests shall be carried out at an ambient temperature of (20 ± 15) °C.

1.5.6 Conditions for tests

1.5.6.1 Polarity reversal test (PR)

The voltage and temperature conditions are defined in § 1.5.3 and 1.5.5 respectively. Starting with positive voltage, the voltage polarity shall be reversed three times every "24 hours" load cycle (evenly distributed) and one reversal shall coincide with the cessation of loading current in every "24 hours" load cycle. The recommended time duration for a polarity reversal is within 2 minutes.

NOTE: If, for practical reasons, polarity reversals cannot be achieved within 2 minutes, the duration for polarity reversals shall be agreed between customer and supplier.

1.5.6.2 Superimposed impulse voltage test

Prior to the first impulse of each test the test object shall be heated so that the temperature conditions as defined in § 1.5.5 are achieved for at least 10 hours and the test object shall have been subjected to U_0 (of the relevant polarity) for at least 10 hours. These conditions have been selected to reflect the electrical dynamics present within extruded insulations used for HVDC. Superimposed impulse voltage shall be applied according to the procedure given in Electra 189 [9].

1.5.6.3 Check on insulation thickness of cable

Prior to the electrical tests, the insulation thickness shall be measured by the method specified in IEC 60811-1-1 [10] on a representative piece of the length to be used for the tests, to check that the thickness is not excessive compared with the nominal value t_n declared by the manufacturer.

If the average thickness of the insulation does not exceed the nominal value by more than 5%, the test voltages shall be the values specified for the rated voltage of the cable.

If the average thickness of the insulation exceeds the nominal value by more than 5% but not by more than 15%, the test voltage shall be adjusted by considering the following coefficient α to maintain the same level of average electric field, *e.g., a 10% increase in average insulation thickness shall be accounted for by a 10% increase in the test voltage*:

$$\alpha = \frac{t}{t_n}$$

t = measured average insulation thickness
t_n = declared nominal thickness

The cable length used for the electrical tests shall not have an average thickness exceeding the nominal value by more than 15%.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2 DEVELOPMENT TESTS

The manufacturer should complete all analyses and development testing prior to commencing the prequalification test. The precise nature and extent of development work and analyses shall be left to the discretion of the manufacturer, but may include the following:

- An evaluation of the materials and processes employed. Such evaluations would normally include electrical resistivity assessments, breakdown tests and space charge measurements. Example of space charge measurements is shown in Figure 3.
- An analysis of the electric stress distribution within the cable system insulation for a range of typical installation and loading conditions.
- An assessment of the long-term stability, possibly involving factory experiments to assess the ageing effects of various parameters, e.g., electrical stress, temperature, environmental conditions etc.
- An assessment of the sensitivity of the electric stress distribution to the expected variations in cable dimensions, material composition and process conditions (extrusion, post extrusion treatments and finishing).

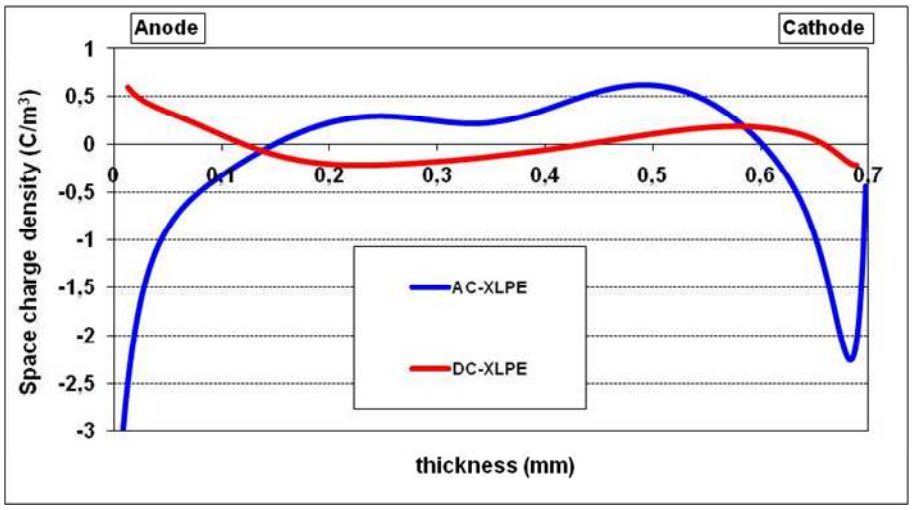


Figure 3: Space charge measurements aiming at selecting insulating materials with advantageous space charge accumulation properties.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS.1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3 PREQUALIFICATION TESTS

3.1 Range of approval

The prequalification test is intended to indicate the long-term performance of the complete cable system and should normally be completed after the development tests have been carried out. The prequalification test need only be carried out once, unless there is a substantial change in the cable system with respect to materials, manufacturing processes, construction or design parameters. Substantial change is defined as that which might adversely affect the performance of the cable system. The supplier shall provide a detailed case including test evidence if modifications are introduced, which are claimed not to constitute a substantial change.

NOTE: It is the opinion of the WG that the Cigré TB 303 [11] can be regarded as a relevant document to assess the need for further prequalification testing or not. However, the HVDC extruded cable system technology is at present considered to be too immature to include the concept of "Extension of Qualification" in this document.

The prequalification test qualifies the manufacturer as a supplier of cable systems provided that the following conditions are fulfilled:

a) The rated voltage U_0 is not more than 10% higher than that of the tested cable system.
b) The calculated average electrical stress in the insulation (given by U_0 divided by the nominal insulation thickness) is less than or equal to that of the tested system.
c) The calculated Laplace electrical stress at U_0 (using nominal dimensions) at the cable insulation screen is less than or equal to that of the tested system.
d) The maximum conductor temperature $T_{cond,max}$ is less than or equal to that of the tested system.
e) The maximum temperature drop across the insulation layer ΔT_{max} (excluding the semiconducting screens) is less than or equal to that of the tested system.
f) A cable system prequalified according to this recommendation for LCC is also prequalified for VSC. A cable system prequalified according to this recommendation for VSC is not prequalified for LCC.
g) An unarmoured cable prequalified according to this recommendation prequalifies an armoured cable and vice versa.

NOTE 1: For the sake of clarity the conditions for range of approval do not involve considerations of DC electrical fields. In the design of DC cable systems, the DC electrical fields are critical design criteria. The supplier must therefore have detailed knowledge of the DC electrical fields in the cable system (cable and accessories) under all operating conditions and should be able to present a detailed case upon request of the customer.

NOTE 2: It is recommended to carry out a prequalification test using a cable of a large conductor cross-section in order to cover thermo-mechanical aspects.

NOTE 3: Prequalification tests that have been successfully performed according to TB 219 are valid.

NOTE 4: At the end of a prequalification test an impulse test must be performed. The reason for this test is to verify that no major thermo-mechanical changes have taken place during the long-term testing. This test is not intended to qualify the system for a specific impulse level. Project-specific impulse levels should be qualified during the type test.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3.2 Summary of prequalification tests

Approximately 100 m of cable including complete accessories (at least one of each type) with a dielectric design suitable for practical applications shall be tested. Where appropriate mechanical preconditioning may be considered before starting the prequalification test.

The normal sequence of tests shall be as follows:

a) Long duration voltage test (see § 3.4)
b) Superimposed impulse voltage test (see § 3.5)
c) Examination (see § 3.6)

3.3 Test arrangement

Cable and accessories shall be assembled in the manner specified by the manufacturer's instructions, with the grade and quantity of materials supplied, including lubricants if any.

NOTE: The main objective of the prequalification test is to satisfactorily demonstrate the insulation integrity during long time periods under DC, given the long dielectric time constants as compared to AC. It is however recognized that other aspects of a specific installation may be important, such as the thermo-mechanical effects due to the installation conditions. The representation of specific installation conditions in the test set-up should be considered.

Prior to the electrical prequalification test, the insulation thickness of the cable shall be checked as specified in § 1.5.6.3.

3.4 Long duration voltage test

General:

a) Minimum duration is 360 days.
b) Conductor temperature and temperature difference across the insulation shall both be controlled to the design level. Design levels in accessories and adjacent cables may differ.

The sequence of tests for LCC and VSC are shown in the tables below.

Line commutated converter, LCC

	LC	**LC**	**LC+PR**	**HL**	**HL**	**ZL**	**LC**	**LC**	**LC+PR**	**S/IMP**
Number of cycles or days	30 cycles	30 cycles	20 cycles	40 days	40 days	120 days	30 cycles	30 cycles	20 cycles	Not applicable
Test Voltage	**+**	**-**		**+**	**-**	**-**	**+**	**-**		$U_{P2,O} = 1.2 \times U_0$ $U_{P1} = 2.1 \times U_0$*
	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP2}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP2}	

LC=Load Cycle, HL=High Load, PR=Polarity Reversal, ZL=Zero Load, S/IMP=Superimposed Impulse Test.
* If required

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electrónicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Voltage source converter, VSC

	LC	LC	HL	HL	ZL	LC	LC	S/IMP
Number of cycles or days	40 cycles	40 cycles	40 days	40 days	120 days	40 cycles	40 cycles	Not applicable
Test Voltage	+	-	+	-	-	+	-	$U_{P2,O} = 1.2 \times U_0$ $U_{P1} = 2.1 \times U_0$*
	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	

LC=Load Cycle, HL=High Load, ZL=Zero Load, S/IMP=Superimposed Impulse Test.
* If required

Sections 1.5.5 and 1.5.6 provide guidance on test conditions.

NOTE: Ambient conditions may vary during the test and this is not considered to have any major influence. In such cases, the conductor current shall be adjusted to maintain the conductor temperature and temperature drop across the insulation within the specified limits.

The length and sequence of the thermal conditions were selected with regard to the particular electrical effects that can occur in extruded insulations when operated under DC voltage. The technical basis for the test durations is given in Appendix A.

A minimum rest period of 24 hours without voltage, but with heating, is recommended between blocks of different polarities. This does not apply to the individual polarity reversals in the PR blocks of the LCC test scheme.

3.5 Superimposed switching impulse voltage test

It is the opinion of the WG that the prequalification test should not be evaluated on the basis of the impulse level. The aim of the superimposed impulse test after the long duration test is only to check the integrity of the insulation system. Evaluation of available specifications for different projects show that the values of $U_{P2,O}$and U_{P1} vary between the different projects. In this respect, and based on the recorded experience, the impulse voltage values to be considered for the prequalification test have been defined as follows:

$$U_{P2,O} = 1.2 \times U_0$$
$$U_{P1} = 2.1 \times U_0 \text{ (if required)}$$

Project specific requirements regarding impulse levels should be covered by the electrical type test (§ 4.4).

The test shall be performed according to § 1.5.6.2 on one or more cable samples, with a minimum total active length of 30 m cut from the assembly. The temperature conditions are defined in § 1.5.5.

NOTE: As an alternative, the test may be carried out on the whole test assembly.

The cable samples shall withstand without failure 10 positive and 10 negative superimposed switching impulses at the voltage levels $U_{P2,O}$.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

If by agreement between supplier and customer a lightning impulse test is also to be performed, the cable samples shall withstand without failure 10 positive and 10 negative superimposed lightning impulses at the voltage level U_{P1}.

3.6 Examination

Examination of the cable by dissection of a sample and, whenever possible, of the accessories by dismantling, with normal or corrected vision without magnification, shall reveal no signs of deterioration (e.g., electrical degradation, leakage, corrosion or harmful shrinkage) which could affect the system in service operation.

3.7 Success criteria, re-testing and interruptions

The criteria for a successful outcome of the prequalification test are that all tests shall have been performed without breakdown of that test object and that the system examination is in accordance with § 3.6.

If there is a breakdown in a test object the complete prequalification test shall be repeated for that particular test object.

If a breakdown of a test object occurs, causing an interruption to the ongoing testing of connected test objects, the test may be resumed after the failed test object is removed. The actual load cycle or impulse during which the failure occurred shall be repeated for the remaining test objects. If breakdown occurs during a constant load period the time elapsed without voltage applied shall be added to the remaining test period.

After any interruption, for example an interruption caused by external factors the test may be resumed. If the interruption is longer than 30 minutes, the specific lost load cycle shall be repeated. If the interruption occurs during a constant load period and is longer than 30 minutes, the day the interruption occurred shall be repeated.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

4 TYPE TESTS

4.1 Range of approval

The type approval shall be accepted as valid for cable systems supplied within the scope of this recommendation if the following conditions are fulfilled:

a) The actual designs, materials, manufacturing processes and service conditions for the cable system are in all essential aspects equal.
b) All service voltages, U_0, U_{P1}, $U_{P2,S}$ and $U_{P2,O}$ ($U_{RC,AC}$ and $U_{RC,DC}$ in case of return cable), are less than or equal to those of the tested cable system.
c) The mechanical stresses to be applied during preconditioning are less than or equal to those of the tested cable system.
d) The service maximum conductor temperature $T_{cond,max}$ is less than or equal to that of the tested cable system.
e) The maximum temperature drop across the insulation layer ΔT_{max} (excluding the semiconducting screens) is less than or equal to that of the tested cable system.
f) The actual conductor cross-section is not larger than that of the tested cable system.
g) The calculated average electrical stress in the insulation (given by U_0 divided by the nominal insulation thickness) is less than or equal to that of the tested system.
h) The calculated Laplace electrical stress (using nominal dimensions) at the cable conductor and insulation screen is less than or equal to that of the tested system.
i) A cable system qualified according to this recommendation for LCC is also qualified for VSC provided the switching impulse withstand tests at $\pm U_{P2,S}$ voltage levels as specified in § 4.4.3.3 are carried out. A cable system qualified according to this recommendation for VSC is not qualified for LCC.

NOTE 1: For the sake of clarity the conditions for range of approval do not involve considerations of DC electrical fields. In the design of DC cable systems, the DC electrical fields are critical design criteria. The supplier must therefore have detailed knowledge of the DC electrical fields in the cable system (cable and accessories) under all operating conditions and should be able to present a detailed case upon request of the customer.

NOTE 2: Type tests which have been successfully performed according to TB 219 are valid.

The non-electrical type tests (see § 4.3) need not be carried out on samples from cables of different voltage ratings and/or conductor cross-sectional areas unless different materials and/or different manufacturing processes are used to produce them. However, repetition of the ageing tests on pieces of complete cable to check compatibility of materials (see IEC 62067 [4]) may be required if the combination of materials applied over the screened core is different from that of the cable on which type tests have been carried out previously.

4.2 Test objects

All components of the cable system (cable and accessories) shall be subjected to type testing. It is acceptable to test different parts of a system in different test loops. However, these test loops must cover all relevant cable system components.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

By definition, an accessory includes 0.5 m of cable on each side (Figure 1), measured from the point on the cable where no disassembling or dismantling for the purpose of installation of the accessory has taken place. The non-interrupted cable length between accessories (Figure 1) in a test loop shall be a minimum of 5 m. A minimum of 10 m of continuous non-interrupted cable shall be included in a test loop.

Any non-continuous design feature (such as a metallic connection between metallic layers) shall be included in the cable test object.

Test objects for land or submarine application shall be subjected to the appropriate mechanical preconditioning.

Test objects for the electrical and non-electrical type tests must not necessarily be the same physical samples unless required by the recommendation for the non-electrical test.

4.3 Non-electrical type tests

The cable system shall be subjected to the applicable non-electrical type testing as specified in IEC 62067 [4]. The test program shall be agreed between supplier and customer.

Cable systems intended for installation on land where water blocking is included shall be subjected to a water penetration test as specified in IEC 62067 [4].

Cable systems intended to be installed as submarine cables shall be subjected to water integrity testing as specified in Electra 189 [12]. This test would also qualify the cable for installation on land.

Cables with metallic earthing connections through plastic sheaths shall be subjected to the test in Electra [9].

4.4 Electrical type test

The principal overview of the electrical type tests is described in Appendix C.

Prior to the electrical type test, the insulation thickness of the cable shall be checked as specified in § 1.5.6.3.

4.4.1 Mechanical preconditioning before electrical type test

The intent of mechanical preconditioning is to subject the test objects to the maximum mechanical stress that the cable system will experience during handling, installation and recovery. Consequently the factory joints and repair joints for submarine cables shall be included, but field joints for land cables are not to be included.

Cable systems to be installed on land shall be subjected to mechanical preconditioning (bending) as specified in IEC 62067 [4].

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Cable systems intended to be installed as submarine cables shall be subjected to mechanical tests as specified in Electra 171 [13].

4.4.2 Load cycle test

4.4.2.1 General

The load cycle test shall be performed on test objects that have been subjected to the appropriate mechanical preconditioning. Accessories in the cable system that are not relevant for mechanical preconditioning are to be installed as test objects together with the preconditioned test objects.

The temperature conditions are defined in § 1.5.5.

If the test loop consists of cables with different designs connected with a transition joint, then each cable design is qualified to the relevant thermal conditions ($T_{cond,max}$ and ΔT) and the transition joint is qualified to the higher temperature. (Note that this means that the cable on one side of the transition joint under test may not have been qualified in this test to its maximum temperature in the scheme).

4.4.2.2 Load cycle test for cable system to be qualified for LCC

The test objects shall be subjected to the following conditions (definitions of “24 hours” load cycles and “48 hours” load cycles are described in § 1.5.5):

- Eight “24 hours” load cycles at negative polarity at U_T
- Eight “24 hours” load cycles at positive polarity at U_T
- Eight “24 hours” load cycles with polarity reversal cycles at U_{TP1}
- Three “48 hours” load cycles at positive polarity at U_T

A minimum rest period of 24 hours without voltage but with heating is recommended between blocks of different polarities. This does not apply to the individual polarity reversals in the PR blocks.

Positive polarity was selected for the “48 hours” load cycles as this is believed to be the most stringent condition for accessories.

4.4.2.3 Load cycle test for cable system to be qualified for VSC

The test objects shall be subjected to:

- Twelve “24 hours” load cycles at negative polarity at U_T
- Twelve “24 hours” load cycles at positive polarity at U_T
- Three “48 hours” load cycles at positive polarity at U_T

A minimum rest period of 24 hours without voltage but with heating is recommended between blocks of different polarities.

Positive polarity was selected for the “48 hours” load cycles as this is believed to be the most stringent condition for accessories.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

4.4.3 Superimposed impulse voltage test

4.4.3.1 General

The superimposed impulse voltage test is to be performed on test objects that have successfully passed the load cycle test.

§ 1.5.6.2 describes the test procedure.

4.4.3.2 Switching impulse withstand test for cable system to be qualified for LCC

- the test object at U_0, 10 consecutive impulses to $-U_{P2,O}$
- the test object at $-U_0$, 10 consecutive impulses to $U_{P2,O}$

4.4.3.3 Switching impulse withstand test for cable system to be qualified for VSC

- the test object at U_0, 10 consecutive impulses to $U_{P2,S}$
- the test object at U_0, 10 consecutive impulses to $-U_{P2,O}$
- the test object at $-U_0$, 10 consecutive impulses to $-U_{P2,S}$
- the test object at $-U_0$, 10 consecutive impulses to $U_{P2,O}$

4.4.3.4 Lightning impulse withstand test

If the intended installation of the cable system is such that it is not exposed to lightning strikes (direct or indirect), these tests need not be done.

- the test object at U_0, 10 consecutive impulses to $-U_{P1}$
- the test object at $-U_0$, 10 consecutive impulses to U_{P1}

4.4.3.5 Subsequent DC test

After the successful completion of the impulse testing the test object shall be subjected to 2 hours at a negative DC voltage of U_T, no heating.

A rest period prior to this test is acceptable.

4.4.4 Test of outer protection for joints

Cable joints intended for burial on land shall be subjected to the outer protection test specified in § 12.4 in IEC 62067 [4].

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

4.4.5 Examination

4.4.5.1 Cable and accessories

Examination of the cable by dissection of a sample and, whenever possible, of the accessories by dismantling, with normal or corrected vision without magnification, shall reveal no signs of deterioration (e.g. electrical degradation, leakage, corrosion or harmful shrinkage) which could affect the system in service operation.

4.4.5.2 Cables with a longitudinally applied metal tape or foil, bonded to the oversheath

A 1 m sample shall be taken from the cable length and subjected to the tests and requirements in IEC 62067 [4].

4.4.6 Success criteria, re-testing and interruptions

The criteria for a successful outcome to the type test are that all tests have been performed without breakdown of that test object and that all other non-electrical requirements have been complied with.

After any interruption, for example an interruption caused by external factors the test may be resumed. If the interruption is longer than 30 minutes, the specific lost load cycle shall be repeated. If the interruption is longer than 24 hours, the actual test block ("24 hours" load cycles block at negative or positive polarity, "24 hours" load cycles block with polarity reversals, "48 hours" load cycles block under positive polarity) shall be repeated.

In case of deviations in test parameters during load cycles or superimposed impulse voltage test, the load cycle or the superimposed impulse in question shall be repeated.

In case of a breakdown of insulation, when testing several objects simultaneously, the faulty object may be removed and the incident treated as an interruption. The faulty object is considered to have failed the test requirements. Any fault within any extension (0.5 m) to a test object, for example an accessory, is considered to be associated with that test object only.

4.5 Return cable - type test

4.5.1 General

Return cables are grounded at one end and are subjected to a DC voltage determined by the cable resistance and the current at the other end of the link. System calculations, taking into account the different fault scenarios, should be performed by the supplier to determine the relevant temporary over-voltages in the power frequency domain for the return cable for the actual link. In particular, temporary over-voltages caused by commutation failure may be the criteria for dimensioning of the return cable insulation and accessories. To verify that the cable system can withstand over-voltages caused by commutation failure an AC voltage test at power frequency shall be performed.

If different designs (different insulation thicknesses) are used along the return path, each design shall be considered individually.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Return cables may be protected by surge arresters, in which case this feature shall be taken into consideration in the system studies and consequently in determining $U_{RC,AC}$.

4.5.2 Mechanical preconditioning

The Return Cable test object shall be subjected to mechanical preconditioning according to § 4.4.1, as applicable.

4.5.3 Thermo-mechanical preconditioning

After mechanical preconditioning, the return cable test object shall be subjected to thermo-mechanical preconditioning, consisting of 24 daily load cycles ("24 hours" load cycles as per § 1.5.5 without the requirement of ΔT_{max}). During the execution of this preconditioning the relevant thermal properties for the return cable shall be fulfilled according to the principles stipulated in § 4.4.2.1. No voltage needs to be applied.

4.5.4 AC voltage test

After the mechanical and thermo-mechanical preconditioning, the return cable test object shall be subjected to an AC test at a power frequency voltage of 1.15 x $U_{RC,AC}$ at ambient temperature. The voltage shall be applied for 30 minutes.

4.5.5 Lightning impulse withstand test

If applicable, the return cable test object shall be subjected to a lightning impulse withstand test with the relevant test voltages and according to the principles given in § 4.4.3.4.

4.5.6 Cable design with integrated return conductor

If the Transmission Cable is such that the return path is integrated, the return path function should be tested together with the Transmission Cable in an integrated test program. The test program shall be agreed between customer and supplier.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS.1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5 ROUTINE TESTS

Routine tests (which include what is in some other documents referred to as Factory Acceptance Test) are made to demonstrate the integrity of the delivery lengths.

5.1 Routine tests on transmission cables

Every delivery length of cable shall be submitted to a negative DC voltage equal to the test voltage defined for the load cycle test U_T and applied between conductor and sheath for 1 hour.

The experience of using DC voltage for routine testing of extruded DC cables is limited. It is the opinion of the WG that in addition to the DC test, testing with AC voltage could be considered provided that the insulation system and the cable design allow AC testing. Long manufacturing lengths and high voltage levels may render AC testing impractical. In the event that AC testing is employed, the voltage level, frequency (power or other frequencies) and time of application shall be agreed between the supplier and customer.

If required for the particular contract or order, the oversheath may be subjected to the routine electrical test specified in IEC 60229 [14].

5.2 Routine tests on cable accessories

The experience of using DC voltage for routine testing of accessories for DC cables is limited and the efficiency of DC testing for prefabricated joints and terminations is arguable and has not been proven so far. It is the opinion of the WG that the DC test could be in principle a necessary test; however it may not be sufficient to prove the quality of the accessory, e.g. the presence of voids in the insulation moulding. Testing with AC voltage could be considered as an integration or alternative test, provided that the insulation system and the cable design allow AC testing.

5.2.1 Tests on prefabricated joints and terminations

Prefabricated joints are generally used for the DC land cable connections while the terminations are used for land and submarine connections. The DC test voltage applied to the main insulation of each individual prefabricated accessory shall be as specified under § 5.1.The following additional tests may be carried out according to the quality assurance procedures of the manufacturer:

- AC voltage test, if applicable
- PD measurement, if applicable

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5.2.2 Tests on factory joints of submarine cables

Factory joints are generally used for long lengths of submarine cable. There are at least four possible methods available today for checking the quality of the factory joint insulation system:

- DC test
- AC voltage test, if applicable
- PD measurement, if applicable
- X-ray inspection

The AC voltage test and the partial discharge measurement may be carried out if applicable to the cable insulation system. The procedure and requirement for these tests will be in accordance with the quality assurance procedures of the manufacturer. X-ray inspection gives additional information regarding the quality of interfaces and possible metallic inclusions. All joints in the complete delivery length shall be DC voltage tested in the high voltage test described in § 5.1. However, a screening DC or AC voltage test directly after jointing would reduce the time delay in case the joint were to fail at a later stage in the production process. In addition, it is recommended that each welded conductor joint be checked by an X-ray inspection. Even if each factory joint is routine tested, the joint must be installed by experienced personnel. It is recommended that the supplier show qualification records of jointers.

5.2.3 Tests on repair joint for submarine cables

Depending on the joint construction it may be difficult to test the whole joint after installation. If the joint consists of pre-fabricated insulation components for which it is possible to routine test prior to installation, the procedures described in § 5.2.1 shall be followed, as closely as possible and according to agreement between supplier and customer. If the joint is not built up by any pre-fabricated components, the manufacturer and customer shall agree on the most practical solution, if any, to check the quality of the repair joint after installation.

5.3 Return cables or conductors

Every delivery length of cable shall be submitted to a voltage test applied between conductor and sheath. AC testing is to be preferred for the testing of return conductors. The voltage level and time of application shall be agreed between the supplier and customer. Long manufacturing lengths and high voltage levels may, however, render AC testing impractical. In this case a suitable DC voltage, agreed between supplier and customer, shall be applied. It is recommended that the DC test voltage be no lower than the highest of either 2.5 x $U_{RC,DC}$, or 25 kV, the voltage shall be applied between conductor and sheath for 1 hour.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6 SAMPLE TESTS

Cables and certain types of cable accessories shall have tests carried out on samples.

6.1 Sample tests on transmission cables

For the tests in this section, refer to the respective IEC specification for AC extruded power cables IEC 62067 [4], except where not differently specified.

NOTE: For materials which are not considered by IEC 60840 and IEC 62067, the test program shall be agreed between manufacturer and customer

6.1.1 Frequency of tests

The frequency of tests shall be according to IEC 62067 [4].

6.1.2 Conductor examination

6.1.3 Measurement of electrical resistance of conductor

6.1.4 Measurement of capacitance

6.1.5 Measurement of thickness of insulation and non-metallic sheath

6.1.6 Measurement of thickness of metallic sheath

6.1.7 Measurement of diameters, if required

6.1.8 Measurement of density of HDPE insulation, if applicable

6.1.9 Impulse voltage test

Test procedures and requirements shall be according to § 4.4.3.4 or § 4.4.3.2/4.4.3.3 if the intended installation of the cable system is such that it is not exposed to lightning strikes (direct or indirect)].

6.1.10 Water penetration test, if applicable

6.1.11 Tests on components of cables with longitudinally applied metal tape or foil, bonded to the oversheath, if applicable

6.2 Sample tests on factory joints for submarine cables

For DC submarine cable systems it is recommended to test each manufactured length and each factory joint under the routine tests described in § 5.1 and 5.2.2. Since routine tests check the quality of the entire submarine cable system itself, the sample tests listed in § 6.2.1 to 6.2.4 shall be performed on one factory core joint only, prior to starting manufacture of the joints. A sample of at least 10 m of cable and a factory joint shall be prepared for the tests.

If the factory joint is type tested under the contract, the tests in § 6.2.1 to 6.2.4 may be omitted.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6.2.1 Tensile test

A tensile test of the conductor joint shall be performed according to manufacturer specification. The tensile force applied in the conductor shall not be lower than the design value.

6.2.2 PD measurement and AC voltage test

This test shall be carried out only if applicable to the insulation system. The test must be performed after restoring the outer semiconductive layer and the metallic ground conductor or outer sheath. The PD-measurement and the AC voltage test shall be performed in accordance the manufacturer quality assurance procedures.

6.2.3 Impulse voltage test

Test procedures and requirements according to § 4.4.3.4 or § 4.4.3.2/4.4.3.3 if the intended installation of the cable system is such that it is not exposed to lightning strikes (direct or indirect).

6.2.4 Hot set test for insulation where applicable

Refer to IEC 62067 § 10.9 [4].

6.2.5 Pass criteria

If a factory joint fails in any of the tests listed above, two additional joints shall be tested successfully.

6.3 Sample tests on repair joints and terminations

Sample tests are not applicable for repair joints and terminations for submarine cable systems. The terminations as well as the repair joints will be routine tested according to § 5.2.1 and 5.2.3.

6.4 Sample tests on field moulded joints

Field moulded joints may be used for DC cable land connections. This kind of joints cannot be routine tested and the sample test sequence with the frequency and procedure as requested by the IEC 62067 [4] is recommended. The same tests as prescribed in the § 5.2.2 are applicable.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7 AFTER INSTALLATIONS TESTS

7.1 High voltage test

The installed HV cable system shall be subjected to a negative polarity DC voltage of U_{TP1}. The test duration shall be 1 hour.

The installed return cable system shall be subjected to a negative polarity DC voltage that has been agreed between the supplier and the customer. The test duration shall be 1 hour. Negative polarity shall be used regardless of the polarity of the pole.

7.2 Test on polymeric sheaths

For underground cables electrical testing of the outer sheath subsequent to laying should be considered. If appropriate, the test shall be performed according to IEC60229.

7.3 TDR measurement

A TDR (Time Domain Reflectometry) measurement could be performed for engineering information.

If TDR equipment is to be used with the cable link it is advisable to perform a TDR measurement to obtain a “fingerprint” of the wave propagation characteristics of the cable. The propagation of the pulses used during TDR measurements is dependent upon resistance, capacitance and inductance of the cable. As all electrical signals travel so as to consume a minimum of energy, the pulse propagates where the inductance/resistance is its lowest. Submarine power cables have a metallic screen and the pulses do not propagate outside the screen since the inductance (and impedance) would increase considerably. Hence the pulse is not affected by the coiling on a turntable or after installation.

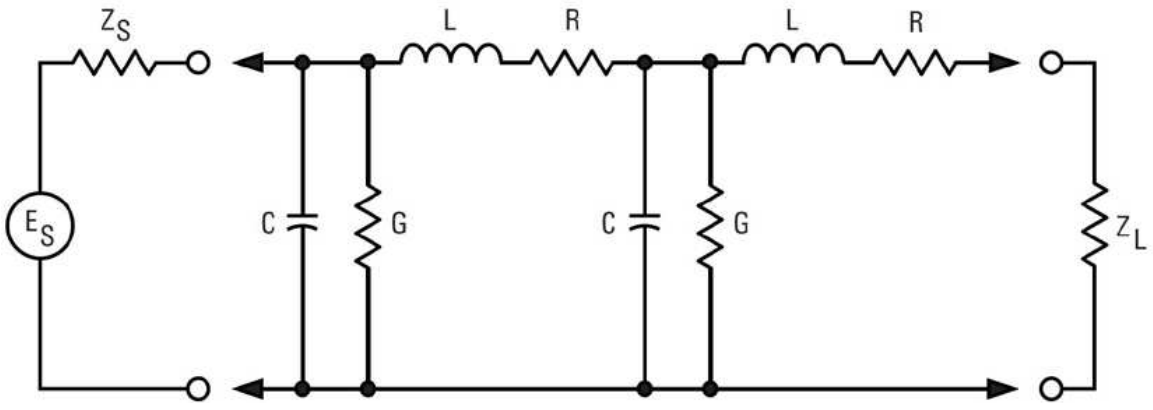


Figure 4: Circuit diagram for TDR testing, traditional transmission line diagram, π-model.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

REFERENCES

[0]	Cigré TB 219, Recommendations for testing DC extruded cable systems for power transmission at a rated voltage up to 250 kV, Cigré WG 21-01, March 2003	Cigré TB 219
[1]	M. Bacchini, R. Grampa, M. Marelli, T: Westerweller, N. Kelley, "200 kV DC extruded cables crossing the San Francisco Bay", August 2010	Cigré session 2010 Paper B1-105
[2]	R. Vatonne, J. Beneteau, N. Boudinet, P. Hondaa, F. Lesur, "Specification for extruded HVDC land cable systems", June 2011	JICABLE'11 Paper A.2.1
[3]	Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV (U_m=36 kV) up to 150 kV (U_m=170 kV) - Test methods and requirements, 2011	IEC 60840 Ed 4
[4]	Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 kV (U_m=170 kV) up to 500 kV (U_m=550 kV) - Test methods and requirements, 2011	IEC 62067 Ed 2
[5]	Terminology for High Voltage Direct Current (HVDC) transmission, 2009	IEC 60633 Ed 2.1
[6]	VSC Transmission, Cigré WG B4.37, April 2005	Cigré TB 289
[7]	Accessories for HV cables with extruded insulation, Cigré WG 26-06, February 2001	Cigré TB 177
[8]	High-voltage test techniques. Part 1: General definitions and test requirements, 2010	IEC 60060-1 Ed 3
[9]	Recommendations for tests of power transmission DC cables for a rated voltage up to 800 kV (Electra 72, 1980 - revision), April 2000	Electra 189
[10]	Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables and optical cables – Part 1-1: Methods for general application – Measurement of thickness and overall dimensions – Tests for determining the mechanical properties, 2001	IEC 60811-1-1 Ed 2.1

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electrónicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

[11]	Revision of qualification for HV and EHV AC extruded underground cable systems, Cigré WG B1.06, August 2006	Cigré TB 303
[12]	Recommendations for testing of long AC submarine cables with extruded insulation for system voltage above 30 (36) to 150 (170) kV, April 2000	Electra 189
[13]	Recommendations for mechanical tests on submarine cables, 1997	Electra 171
[14]	Tests on cable oversheaths which have a special protective function and are applied by extrusion, 2007	IEC 60229 Ed 3
[15]	Recommendations for tests on DC cables for a rated voltage up to 550 kV, 1974	Electra 32
[16]	Recommendations for tests of power transmission DC cables for a rated voltage up to 600 kV, 1980	Electra 72
[17]	B. Aladenize, R.Coelho, F. Guillaumond and P. Mirebeau, “On the intrinsic space charge in a DC power cable”, 1997	Journal of electrostatics, 39, (1997) pp 235-251
[18]	B. Aladenize, R. Coelho, J.C. Assier, H. Janah, P. Mirebeau, “Field distribution in HVDC cables: dependence on insulating materials”, June 1999	JICABLE’99 paper B7.8

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

APPENDIX A: DERIVATION OF TEST PARAMETERS

DC VOLTAGE FACTORS

The multiplication factors for the test voltages and periods have been determined based on consideration of the available voltage-time (V-t) characteristics. The precise nature of the V-t characteristic has not been determined for DC operation. However the WG was of the opinion that the Inverse Power Law model provided a conservative basis for the work. The precise details of the approach are shown below:

$$V^n \times t = const$$

where:

V : voltage
t : time
n : life exponent from V-t characteristics

Test voltage V_{dc} is:

$$V_{dc} = V_0 \times K_1$$

where:

V_0 : system voltage
K_1 : test voltage ageing factor

$$K_1 = \sqrt[n]{\frac{t_0}{t_1}}$$

where:

t_0 : design life
t_1 : test duration

Using the approach described above it is possible to determine the test voltage factors that are equivalent to a prescribed system life when testing for a shorter time. In this work the WG has used a system life of 40 years. The approach requires knowledge of the exponent “n” which is determined empirically from endurance tests on cables. The knowledge of “n” under DC was not sufficient for the WG to identify a precise value at the time this brochure was written. However the WG was able to estimate a lower limit (n = 10), which was used to determine the test voltage factor.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

	Prequalification Test	Type Test
Design Life, t_0 (years)	40	40
Test Duration, t_1 (days)	360	30
Test Voltage Aging Factor, K_1	$\sqrt[10]{40 \times 365/360}$	$\sqrt[10]{40 \times 365/30}$
Test Factor	1.45	1.85

On this basis the WG identified a test factor of 1.45 as equivalent to approximately 40 years operation at rated voltage when applied for 1 year and a test factor of 1.85 as equivalent to approximately 40 years operation at rated voltage when applied for 30 days.

IMPULSE

In the light of the good experience which has resulted from the use of the previous Electra recommendations within [9] [15] [16] it was decided that the same approach to selection of test factors would be applied.

POLARITY REVERSAL

The approach for test factors is based on the principle of applying the same additional voltage for the polarity reversal as that applied for the constant voltage test. This approach has been used in previous DC recommendations. The table sets out previous practice relating the polarity reversal tests and the used test factors.

For example: at a polarity reversal in real operation, the cable system experiences a voltage step of 2 x U_0. Applying a test factor of 1.45 in a polarity reversal test gives that the cable system under test experiences a voltage step of 2 x 1.45 x U_0 = 2.9 x U_0, i.e. 0.9 x U_0 more than in real operation.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Document	Condition	Test Factor	Test Voltage	Additional Voltage during Test vs Operation	Comment
Electra 32 [15] Type test	Constant voltage	2	2 x U_0	U_0	
	Polarity reversal	1.5	2 x (1.5 x U_0)	U_0	
Electra 72 [16] Type test	Constant voltage	2	2 x U_0	U_0	
	Polarity reversal	1.5	2 x (1.5 x U_0)	U_0	
Electra 189 [9] Type test	Constant voltage	1.8	1.8 x U_0	0.8 x U_0	Test in Cold condition
	Polarity reversal	1.4	2 x (1.4 x U_0)	0.8 x U_0	
Cigré TB 219 [0] Type test	Constant voltage	1.85	1.85 x U_0	0.85 x U_0	Test in Hot Condition
	Polarity reversal	1.45	2 x (1.45 x U_0)	0.9 x U_0	
Cigré TB 219 [0] Prequalification test	Constant voltage	1.45	1.45 x U_0	0.45 x U_0	Test in Hot Condition
	Polarity reversal	1.25	2 x (1.25 x U_0)	0.5 x U_0	
This recommendation: Type test	Constant voltage	1.85	1.85 x U_0	0.85 x U_0	Test in Hot Condition
	Polarity reversal	1.45	2 x (1.45 x U_0)	0.9 x U_0	
This recommendation: Prequalification test	Constant voltage	1.45	1.45 x U_0	0.45 x U_0	Test in Hot Condition
	Polarity reversal	1.25	2 x (1.25 x U_0)	0.5 x U_0	

DURATION OF TESTS – Prequalification & Type Tests

The field distribution within a DC power cable system in operation differs from the Laplace field due to the fact that the conductivity of the insulation depends on its temperature (which decreases from the conductor to the sheath) and on the local electric field. These phenomena generate a divergence, which is in addition to that derived from the cable geometry.

The evolution of the additional divergence can be represented as a function of a dimensionless parameter t/τ where τ is the "time constant." In the table below, ρ is the volume resistivity and ε the permittivity.

Calculations show that a time equivalent to 10 τ must pass to approach the steady state distribution of the divergence. The table below gives the range of times to stability (10 τ) as a function of temperature for different materials that are likely to be used for DC extruded cables. Practically, this means that the time to achieve a stable electrical stress distribution will depend upon temperature. Thus, it is important to select test times that permit probable insulation systems to reach a stable electrical stress distribution. These considerations provide the foundations for the times of the Zero Load, High Load and 48 hour Load Cycle Tests in the recommendations.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Temperature (°C)	ε (F/m)	ρ (Ω.m)	Time for stability, 10 τ (hours)
20	$2x10^{-11}<\varepsilon<3x10^{-11}$	$10^{15}<\rho<5x10^{16}$	55<10 τ < 4300
60	$2x10^{-11}<\varepsilon<3x10^{-11}$	$2x10^{13}<\rho<5x10^{14}$	1< 10 τ< 43
90	$2x10^{-11}<\varepsilon<3x10^{-11}$	$10^{12}<\rho<5x10^{13}$	0.06< 10 τ < 4.3

Injection of charges from the electrodes may also occur, but the 10 τ time constant covers the time needed for these injection processes to reach a steady state.

In addition, considering the actual usage of HVDC links, the experimentation constraints and the total time of the tests the WG adopted the following testing times. The WG judged that they would "test" the performance of the proposed HVDC insulation systems in a practical manner [17], [18]:

Condition	Temperature	Testing time (Days)	Time for stability, 10 τ (Days)
Zero load (Prequalification)	Ambient temperature (20±15°C)	At least 120	2.3<10 τ < 180
48 Hour Load Cycle: (Type Approval)	At least maximal conductor temperature (60°C to 90°C depending on manufacturer design)	1 (heating period)	0.003<10 τ <1.8

It is the opinion of the WG that higher resistivity materials may be developed in the future and therefore that it may become necessary to review the duration of the test cycles.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

APPENDIX B: TECHNICAL BASIS FOR THE DETAILED PREQUALIFICATION TEST SCHEMES

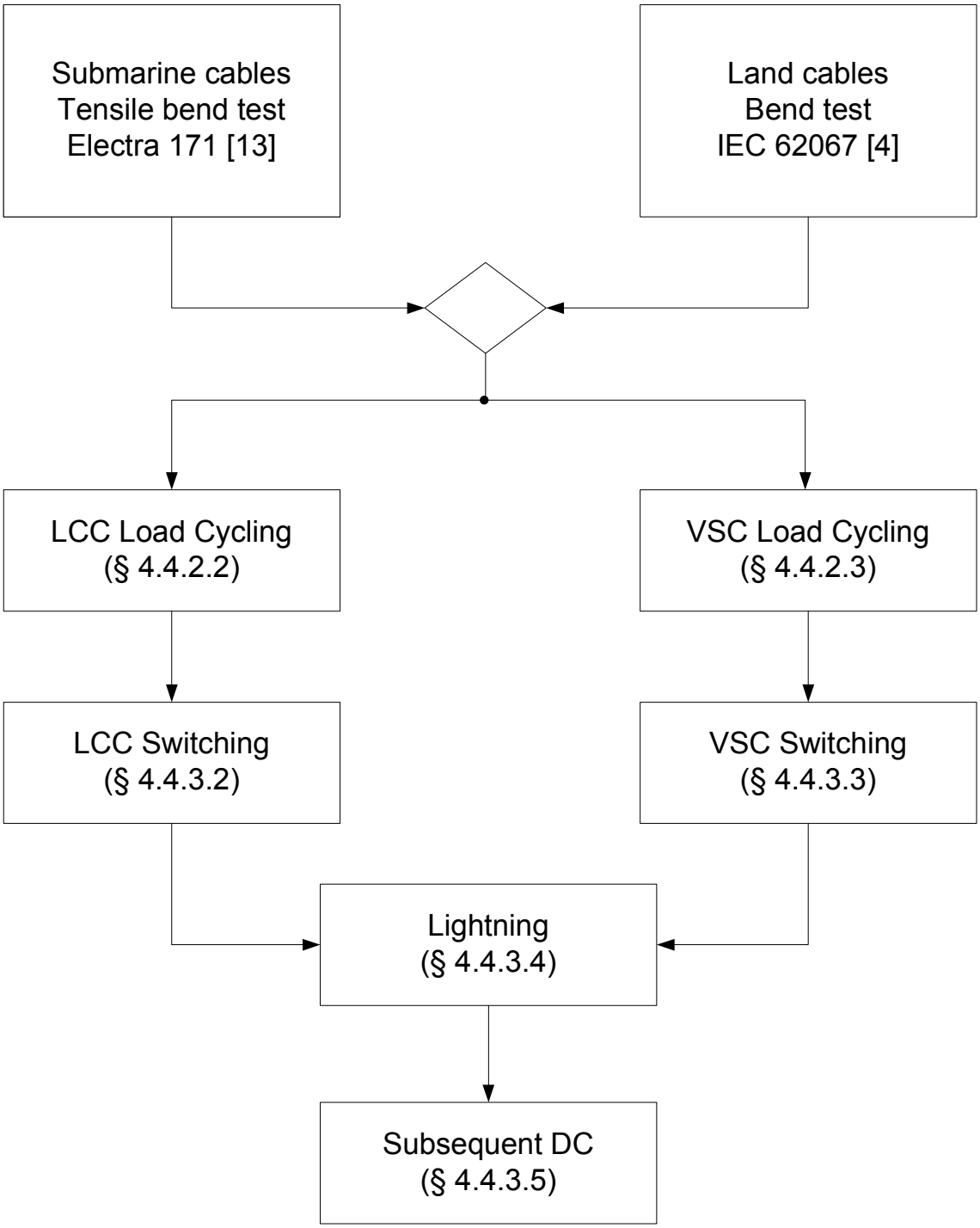
The development of the detailed technical test schemes described in § 3.4 has been guided by the following principles:

1. Minimum duration is 360 days.
2. Conductor temperature and temperature difference across the insulation, for part of the test loop, shall both be controlled to the design level within the loading portions of the test.
3. The tests shall commence with a minimum of 60 “24 hours” load cycles (see § 1.5.5) at U_{TP1} for thermo-mechanical conditioning.
4. There shall be, in total, a minimum of 120 “24 hours” load cycles. For LCC, a minimum of 80 “24 hours” load cycles shall be at U_{TP1} and a minimum of 40 “24 hours” load cycles with polarity reversals at U_{TP2}.
5. There shall be a minimum of 30 consecutive days under constant high load (see § 1.5.5) at positive polarity U_{TP1}.
6. There shall be a minimum of 30 consecutive days under constant high load (see § 1.5.5) at negative polarity U_{TP1}.
7. There shall be a minimum of 120 consecutive days with zero load (see § 1.5.5) at negative polarity U_{TP1}.
8. The test shall be completed with a superimposed impulse voltage test (see § 1.5.6.2 and 3.5).

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

APPENDIX C: SCHEMATIC REPRESENTATION OF THE SEQUENCE OF TESTS FOR LAND AND SUBMARINE CABLES

Principal overview of electrical type tests



COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electrónicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

APPENDIX D: COMPARISON WITH GUIDELINES AND RECOMMENDATIONS FOR TRANSMISSION CABLE TESTS

	Recommendations for Testing DC Extruded Cable System for Power Transmission at a rated voltage up to 250 kV	Recommendations for Tests of Power Transmission DC Cables for A Rated Voltage up to 800kV	Cables with Extruded Insulation and Their Accessories for Rated Voltages above 150kV up to 500kV	Cables with Extruded Insulation and Their Accessories for Rated Voltages above 30kV up to150kV	Recommendations for Testing of Long AC Submarine Cables with Extruded Insulation for System Voltage above 30 to 150kV	Rec. for Electrical Tests Prequalification and Development on Extruded Cables and Accessories at Voltages >150kV and <400kV	High voltage tests on cross-linked polyethylene insulated cables and their accessories for rated voltage from 11kV up to 275 kV	Specification for extruded insulation power cables and their accessories rated above 46kV to 345 kV
	Cigré TB219 Extruded DC cable	**CIGRE Electra 189, 2000 DC800kV, Paper-insulated DC cable**	**IEC 62067 AC500kV, Extruded AC cable**	**IEC 60840 Extruded AC cable**	**CIGRE Electra 189, 2000, AC 150kV, Extruded AC Submarine Cable**	**CIGRE Electra 151, 1993, AC400kV, Extruded AC Cable, PQ**	**JEC 3408, 1997 Extruded AC cable**	**AIEC CS9-06, 2006 Extruded AC cable**
Development Test	Tests shall be at the discretion of the manufacturer.	Evaluation of material and processes Evaluation of Weibullparameters Determination of "n"	Not defined	Not defined	Not defined	Evaluation of material and processes Evaluation of Weibull parameters Determination of "n"	0.5 years, U_{test}=k1xU_0 k1=1.32 cable, k1=1.41 taped joint (Based on 30 years lifetime, n=15 for cable, n=12 for taped joint)	Not defined
Prequalification Test	100m including accessories 360days, 1.45xU_0 Different procedures for LCC & VSC Load Cycle Test (min 120) High Load Test Zero Load Test Superimposed LI Test	Not defined	Load cycle Test : 1.7U_0, 1year : 180 heating cycles Lightning impulse voltage test : 10 positive, 10 negative	Not defined	Not defined	Long term AC test with heat cycles (voltage level not clearly defined) Impulse test AC test	Not defined **as "Prequalification test" in this standard but "Development test" has the same purpose as PQ test.**	U>150kV => IEC 62067 U<150kV & Ei>8kV/mm => IEC 62067
Type Test	Non-electrical Test Mechanical Pre-conditioning 30 days 1.85xU_0 (rest periode of 24h recommended with heating) Different procedures for LCC & VSC Load Cycle Test Superimposed Lightning Impulse Test Subsequent DC Test	Load cycle test : +1.8xU_0x10,-1.8xU_0x10 (rest periode min 8 hours, no heating & short circuit) Polarity reversal test (after LC) : 1.4xU_0x60, every 4h, 10 l.c. Superimposed impulse test :- U_0+1.15Imp, U0-1.15Imp	Bending test Partial discharge test Tanδ measurement Load Cycle Test: 2xU_0 x 20, 24h Switching impulse voltage test Lightning impulse	Bending test Partial discharge test Tanδ measurement Load Cycle Test: 2xU_0 x 20, 24h Switching impulse voltage test Lightning impulse	Mechanical test Water penetration test Conductor penetration Outer sheath penetration Partial discharge test Loss angle measurement Load cycle test = IEC 60840 Partial discharge test Ligthning Impulse test		30 days, Utest=k1xU_0 k1=1.48 cable, k1=1.64 taped joint (Based on 30 years lifetime, n=15 for cable, n=12 for taped joint)	U<150kV => IEC 60840 U>150kV => IEC 62067
Routine Test	Delivery Length DC Test : -1.85xU_0x15min AC test (optional)	High-voltage test : 1.8xU_0, 15min. Conductor resistance test Capacitance test Power factor test Factory acceptance test : 1.8xU_0, 15min.	Partial discharge test Voltage test (voltage dependent, ~2.3xU_0 at 245kV ~2xU_0 at 500kV) Electrical test on oversheath	Partial discharge test Voltage test: 2.5xU_0, 30 min Test of oversheaths	On manufacturing length High voltage test Partial discharge test on factory installed joints Factory acceptance High voltage test TDR	Voltage test: voltage dependent (2.5 U_0 at 220kV - 1.9U_0 at 400kV)		
Sample Test	According to IEC 60840							
After Installation Test	High Voltage Test : -1.45xU_0x15min Test on Polymeric Sheaths : according to IEC 60229 TDR for information	DC voltage test : 1.4xU_0, 15min.	DC voltage test (oversheath) AC voltage test (insulation): U_0 24h or 1.7xU_0 1h or voltage dependent factor 1h	DC voltage test (oversheath) AC voltage test (insulation): U_0 24h or or voltage dependent factor 1h	AC voltage test : 1.7xU_0, 90min. : 1.0xU_0, 24hours			Not defined

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electrónicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222M3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LES ESSAIS DES CÂBLES À COURANT CONTINU DE TRANSPORT D'ÉNERGIE POUR LES TENSIONS ASSIGNÉES JUSQU'À 800 kV

(RÉVISION DU RAPPORT N° 72 — 1980 PUBLIÉ DANS ELECTRA)

Groupe de Travail 21.02

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION
   - 1.1. Historique
   - 1.2. Domaine d'application
   - 1.3. Révisions
   - 1.4. Résumé des essais
   - 1.5. Définitions
   - 1.6. Conditions d'essai
   - 1.7. Caractéristiques des câbles
2. ESSAIS DE ROUTINE
   - 2.1. Essai à haute tension en usine
   - 2.2. Essai de résistance du conducteur
   - 2.3. Essai de capacité
   - 2.4. Essais de facteur de puissance
   - 2.5. Essai de réception en usine
3. ESSAIS DE TYPE
   - 3.1. Généralités
   - 3.2. Préparation des montages d'essai
   - 3.3. Objets de test dans les essais de type
   - 3.4. Conditions ambiantes
   - 3.5. Conditions de charge
   - 3.6. Essais mécaniques
   - 3.7. Essai de cycle de charge
   - 3.8. Essai d'inversion de polarité
   - 3.9. Essai d'onde de choc superposée
4. ESSAI APRES POSE

ANNEXE

Membres du Groupe de Travail 21.02 :

Chef de file : T.A. Holte (N) ('93-'96) B. Drugge (S) ('96-'97)
Membres: T.E. Bergin (IR), R. Hata (J) ('93-'96) M. Mitani (J) ('96-'97), M.J.P. Jeroense (NL), G. Miramonti (I), D. Paulin (F), B. Svarrer Hansen (DK)
Membres correspondants : B. Ekenstierna (S), D. Dubois (F), M. O'Brien (NZ), Orini (I), J.E. Larsen (N), M. Farneti (I)
Secrétaire : G. Clasen (N)

1. INTRODUCTION

1.1 HISTORIQUE

Le document « *Recommandations concernant les essais de câbles à courant continu de transport d'énergie pour tensions assignées jusqu'à 600 kV* » publié dans le n° 72 d'ELECTRA, en 1980, a été jusqu'à présent la seule directive dans le domaine des essais électriques des câbles à courant continu.

Depuis 1980, de nombreux câbles à courant continu ont été installés et, de ce fait, l'expérience acquise est importante. Par ailleurs, l'expérience tirée des câbles à courant continu qui sont en service depuis plus de 20 ans est venue s'ajouter à la base de données globales. Des essais ainsi que de l'observation il ressort que ces câbles n'ont montré aucun signe de vieillissement, comme cela est présenté en détail dans l'Annexe.

Dans la Recommandation publiée dans le n° 72 d'Electra (1980), la combinaison des contraintes électriques et des conditions électriques et mécaniques dans l'essai de cycle de charge et d'inversion de polarité ne reflète pas toujours les conditions réelles auxquelles le câble est soumis en service. C'est pourquoi le Comité d'Etudes 21 a décidé, lors de sa réunion à Sydney en 1993, qu'une révision de la Recommandation existante s'imposait et un nouveau Groupe de Travail, le GT 21-02, a été créé.

Cette nouvelle Recommandation prend en compte les différentes conditions d'environnement ou d'installation

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

RECOMMENDATIONS FOR TESTS OF POWER TRANSMISSION DC CABLES FOR A RATED VOLTAGE UP TO 800 kV

(ELECTRA 72, 1980 — REVISION)

Working Group 21.02

TABLE OF CONTENTS

1. INTRODUCTION
- 1.1. Background
- 1.2. Scope
- 1.3. Revisions
- 1.4. Summary of tests
- 1.5. Definitions
- 1.6. Test conditions
- 1.7. Characteristics of cables

2. ROUTINE TESTS
- 2.1. High voltage test at works
- 2.2. Conductor resistance test
- 2.3. Capacitance test
- 2.4. Power factor tests
- 2.5. Factory acceptance test

3. TYPE TESTS
- 3.1. General
- 3.2. Preparation of test assemblies
- 3.3. Test objects in type testing
- 3.4. Ambient conditions
- 3.5. Load conditions
- 3.6. Mechanical tests
- 3.7. Loading cycle test
- 3.8. Polarity reversal test
- 3.9. Superimposed impulse voltage test

4. AFTER LAYING TEST

APPENDIX

Members of Working Group 21.02 :

Convener. T.A. Holte (N) ('93-'96) B. Drugge (S) ('96-'97)
Members: T.E. Bergin (IR), R. Hata (J) ('93-'96) M. Mitani (J) ('96-'97), M.J.P. Jeroense (NL), G. Miramonti (I), D. Paulin (F), B. Svarrer Hansen (DK)
Associated members: B. Ekenstierna (S), D. Dubois (F), M. O'Brien (NZ), Orini (I), J.E. Larsen (N), M. Farneti (I)
Secretary: G. Clasen (N)

1. INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND

The document *"Recommendations for tests on d.c. cables for a rated voltage up to 600 kV"* published in ELECTRA No. 72 in 1980, has up to now been the only guideline in the field of electrical test for d.c. cables.

Since 1980 many d.c. cables have been installed and, as a result, a lot of experience has been gained. In addition experience from d.c. cables that have been in service for more than 20 years has also added to the overall information base . Tests and observation has shown that these cables have not shown any sign of electrical ageing, as detailed in the Appendix.

In the existing Electra 72 (1980) Recommendation the combination of electrical stresses, thermal and mechanical conditions in the loading cycle and polarity reversal test do not always reflect the real conditions to which the cable will be subjected to during service. Therefore Study Committee 21 decided in its Sydney meeting in 1993 that it was necessary to revise the existing Recommendation and a new Working Group was set up, WG 21.02.

This new Recommendation takes into account the different ambient or installation conditions that may occur for a cable in service.

The increase in rated voltage for cables from 1980 to 1993 has been considerable and it is expected that this increase will continue for the next decade. At the time of publication of this Recommendation, the experience

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

auxquelles peut être soumis un câble en service.

L'augmentation de la tension assignée pour les câbles de 1980 à 1993 a été considérable et on prévoit que cette augmentation se poursuivra dans la prochaine décennie. Au moment de la publication de cette Recommandation, l'expérience relative aux câbles à courant continu ne dépassait pas une tension de service de 500 kV. On considère néanmoins que les essais proposés dans cette Recommandation conviennent aux câbles d'une tension assignée inférieure ou égale à 800 kV.

Lorsque cela est nécessaire, les raisons et les explications pour les révisions ou les modifications apportées à la recommandation du n° 72 d'Electra, telles qu'elles sont contenues dans le présent document, sont détaillées dans l'Annexe jointe.

1.2 DOMAINE D'APPLICATION

Ces Recommandations s'appliquent aux câbles et à leurs accessoires, tant aux câbles sous-marins qu'aux câbles terrestres, destinés aux réseaux de transport de courant continu avec des tensions assignées inférieures ou égales à 800 kV entre conducteur et terre.

Ces Recommandations sont applicables aux câbles isolés au papier, qu'ils soient imprégnés à masse, préimprégnés, à huile fluide ou à pression de gaz. Dans la mesure où elles sont applicables, on peut les utiliser pour les autres câbles à isolation rubanée (PPL, par ex.). Ces Recommandations ne concernent pas les câbles HTCC à isolation extrudée.

Elles traitent des essais de routine, des essais de types et des essais après pose qui sont spécifiques aux câbles HTCC.

1.3 RÉVISIONS

Ce paragraphe a pour but de montrer les modifications les plus importantes apportées au texte du document « Recommandations concernant les essais de câbles à courant continu de transmission d'énergie pour tensions assignées jusqu'à 600 kV » publié dans le n° 72 d'ELECTRA (Octobre 1980).

- Le seuil supérieur U_0 a été porté à 800 kV.
- Les conditions ambiantes lors des essais de type tentent de reproduire les conditions réelles de service. Cela peut impliquer un nombre plus grand d'échantillons lors des essais de type.
- Les tensions d'essai ont été modifiées.

1.4 RÉSUMÉ DES ESSAIS

- Essai sous haute tension en usine, voir section 2.1
- Essai de résistance des conducteurs, voir section 2.2
- Essai de capacité, voir section 2.3
- Essai de facteur de puissance, voir section 2.4
- Essai de réception en usine, voir section 2.5
- Essai mécanique, voir section 3.6
- Essai de cycle de charge, voir section 3.7
- Essai d'inversion de polarité, voir section 3.8
- Essai de tension de choc superposée, voir section 3.9
- Essai après pose, voir section 4

Les mesures de dimensions peuvent se faire conformément aux publications CEI concernées relatives aux câbles à courant alternatif, à savoir :

a) les câbles isolés au papier imprégné sous gaine métallique, Publication CEI 55-1

b) les câbles isolés au papier à huile fluide et à gaine métallique, Publication CEI 141-1.

c) Pour les câbles à pression de gaz interne, les spécifications ci-dessus peuvent servir de guide, car la Publication CEI 141-2 concernée ne contient pas de telles mesures.

1.5 DÉFINITIONS

1.5.1 Définition des tensions d'essai

Toutes les références de tension sont indiquées par rapport à la terre.

U_0 = Tension continue assignée entre conducteur et écran pour laquelle le câble et les accessoires sont spécifiés.

U_T = Tension pendant l'essai de cycle de charge, l'essai de haute tension en usine et l'essai de réception en usine. Pour les câbles de tensions assignées inférieures ou égales à 800 kV, la tension d'essai devra être de 1,8 * U_0.

U_{TP} = Tension pendant l'essai d'inversion de polarité et l'essai après installation. Pour les câbles de tensions assignées inférieures ou égales à 800 kV, la tension d'essai devra être de 1,4 * U_0.

U_{P1} = Valeur crête de la tension de choc de foudre pour laquelle le câble et les accessoires sont testés ; il est recommandé qu'elle soit au moins égale à 1,15 * le niveau de protection maximum contre les chocs de foudre (LIPL) au courant de décharge spécifié. Le courant de décharge est le courant susceptible de traverser un parafoudre en cas de choc de foudre. Ce niveau de 1,15 * LIPL a été défini par le GTC 15.21.33.

U_{P2} = Valeur crête de la tension de choc de manœuvre pour laquelle le câble et les accessoires doivent être testés ; sa valeur recommandée est d'au moins 1,15 fois le niveau de choc de manœuvre défini à l'installation spécifique. Ce niveau a été défini par le GTC 15.21.33.

1.5.2 Définition des échantillons d'essai

Une jonction usine est une jonction fabriquée sous conditions contrôlées en usine, entre des câbles qui ne sont pas armés et qui auront une armure continue sur la jonction. On considère comme zone d'une jonction la partie dont la gaine métallique a été retirée plus 1 mètre de chaque côté de la jonction.

Une jonction de réparation est une jonction entre des câbles qui sont déjà armés. On considère comme zone d'une jonction la partie dont l'armure est retirée plus un mètre de chaque côté de la jonction.

Une jonction de transition est une jonction entre deux types de câble différents. On considère comme zone d'une jonction la partie dont l'armure est retirée plus un mètre de chaque côté de la jonction.

Une extrémité étanche est l'extrémité du câble utilisée pour connecter l'ensemble à tester à une source de haute tension. On considère que la

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

with d.c. cables does not extend past an operating voltage of 500 kV. It is however considered that the tests proposed in this Recommendation are suitable for cables with a rated voltage up to 800 kV.

Where necessary the reasons and explanations for the revisions/changes to Electra 72, as contained in this document, are detailed in the attached Appendix

1.2 SCOPE

These Recommendations apply to cables and accessories, either submarine cables or land cables, intended to be used on d.c. power transmission systems with rated voltages up to 800 kV between conductor and earth.

The Recommendations are applicable to paper insulated cables, i.e. mass impregnated, pre-impregnated, oil-filled, gas pressure. As far as they are relevant, they can be used also for other cables with lapped insulation (e.g. PPL). These Recommendations do not cover HV d.c. cables with extruded insulation.

These Recommendations cover routine tests, type tests and after laying tests which are specific to HV d.c. cables.

1.3 REVISIONS

This clause is intended to show the most important changes made to the text of the document *"Recommendations for tests of power transmission d.c. cables for a rated voltage up to 600 kV"* published in Electra No. 72 (October 1980).

- The higher U_0 limit has been increased to 800 kV.
- Ambient conditions during type testing attempt to reflect real operating conditions. This may lead to more test objects during type testing.
- Test voltages have been changed.

1.4 SUMMARY OF TESTS

- High voltage test at works, see section 2.1
- Conductor resistance test, see section 2.2
- Capacitance test, see section 2.3
- Power factor test, see section 2.4
- Factory acceptance test, see section 2.5
- Mechanical test, see section 3.6
- Loading cycle test, see section 3.7
- Polarity reversal test, see section 3.8
- Superimposed impulse voltage test, see section 3.9
- After laying test, see section 4

Measurements of dimensions may be made according to the relevant IEC publications for a.c. cables, i.e.

a) for paper-insulated metal-sheathed cables, IEC Publication 55-1

b) for oil-filled paper-insulated metal-sheathed cables IEC Publication 141-1.

c) for internal gas pressure cables the above specifications may be used as a guide, since the relevant IEC Publication 141-2 does not include such measurements.

1.5 DEFINITIONS

1.5.1 Definition of test voltages

All voltage references are with respect to ground.

U_0 = the rated d.c. voltage between conductor and core screen for which the cable and accessories are designed.

U_T = the voltage during load cycle test, high voltage test at works and factory acceptance test. For cables rated up to 800 kV the test voltage shall be $1.8*U_0$.

U_{TP} = the voltage during polarity reversal test and test after installation. For cables rated up to 800 kV the test voltage shall be $1.4*U_0$.

U_{P1} = peak value of the lightning impulse voltage for which the cable and accessories are to be tested and it is recommended to be at least 1.15 * the maximum lightning impulse protective level (LIPL) at the specified discharge current. The discharge current is the current that is expected to pass trough a lightning arrester in the event of a lightning impulse. This level of 1.15*LIPL was defined by JWG 15/21/33.

U_{P2} = peak value of the switching surge voltage for which the cable and accessories are to be tested and is recommended to be at least 1.15 * the defined switching surge level at the specific installation. This level was defined by JWG 15/21/33.

1.5.2 Definition of test objects

A Factory Joint is a joint manufactured under controlled factory conditions between cables that are not armoured and that will have a continuous armouring over the joint. The extension of a joint is considered to be the part that has the metallic sheath removed plus 1 meter on each side of the joint.

A Repair Joint is a joint between cables that are already armoured. The extension of a joint is considered to be the part that has the armour removed plus 1 meter on each side of the joint.

A Transition Joint is a joint between two different cable designs. The extension of a joint is considered to be the part that has the armour removed plus 1 meter on each side of the joint.

A Sealing End is the termination of cable used to connect the test assembly to the high voltage source. The extension of a sealing end is considered to be 1 meter of cable after the plumbing of the cable.

The Length of Cable Test Object must be at least 30 m of cable, unless otherwise agreed between the customer and the manufacturer, under the actual test conditions.

A Manufacturing Length is defined as one continuous production length without Factory Joints.

A Delivery Length is defined as the shipping length and may include joints.

1.6 TEST CONDITIONS

1.6.1 d.c. voltage

The ripple content of the d.c. test voltages shall not be greater than 3 percent. Calibration shall be according to IEC 60-1.

1.6.2 Frequency and wave form of power-frequency test voltage

The frequency of an alternating test voltage shall not be less than 49 Hz

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

zone d'une extrémité étanche est de 1 mètre de câble après la soudure du câble.

La longueur du câble à tester doit être d'au moins 30 m, sauf accord contraire entre client et fournisseur, dans les conditions d'essai actuelles.

Une longueur de fabrication est définie comme une seule longueur de production continue sans jonctions usine.

Une longueur de livraison est définie comme la longueur à l'expédition et peut inclure des jonctions.

1.6 CONDITIONS D'ESSAI

1.6.1 Tension continue

Le taux d'ondulation des tensions continues d'essai ne devra pas dépasser 3 %. L'étalonnage devra se faire conformément à la publication 60-1 de la CEI.

1.6.2 Fréquence et forme d'onde de la tension d'essai à fréquence industrielle

La fréquence de la tension d'essai alternative ne sera pas inférieure à 49 Hz ni supérieure à 61 Hz. La forme d'onde de ces tensions sera sensiblement sinusoïdale. L'étalonnage devra se faire conformément à la publication 60-1 de la CEI.

1.6.3 Forme d'onde de la tension d'essai aux ondes de choc

La forme d'onde des impulsions de choc sera conforme à la publication 230 de la CEI, Essais de choc des câbles et de leurs accessoires.

1.7 CARACTÉRISTIQUES DES CÂBLES

Pour l'exécution et l'enregistrement des essais décrits dans la présente Recommandation, les caractéristiques suivantes doivent être connues ou déclarées :

La tension assignée U_0 en kilovolts

Le courant assigné I_0 devra être défini comme le courant maximum que le câble peut transporter en continu aux conditions ambiantes spécifiées.

La tension de tenue aux chocs de foudre U_{P1} en kV et/ou la tension de tenue aux chocs de manœuvre en kV par rapport à la terre.

La résistance sous tension continue du conducteur en ohms/km à 20 °C.

La température de service maximale assignée du conducteur en °C dans les conditions d'installation.

La température de service minimale assignée du conducteur en °C, à pleine charge, dans les conditions d'installation.

La température ambiante minimale et maximale en °C dans les conditions d'installation.

La chute de température maximale assignée dans l'isolation en *K*.

La chute de température maximale assignée entre le conducteur et le milieu ambiant en *K*.

La capacité entre le conducteur et l'écran en µF/km.

La pression statique minimale en service de l'huile en kPa ou en bars pour les câbles à huile fluide.

La pression de service minimale pour les câbles à pression de gaz, en kPa ou en bars.

La tension alternative correspondant à un gradient de courant alternatif maximum de 2 kV/mm (pour mesure du facteur de puissance).

La tenue maximale assignée du champ électrique en kV/mm.

2. ESSAIS DE ROUTINE

Les essais de routine ont pour objectif de démontrer l'intégrité du câble fabriqué et de vérifier que le produit répond aux spécifications de conception et de fabrication dans les tolérances spécifiées.

Les essais décrits dans la section 2.2 doivent être exécutés sur des longueurs entières ou sur des échantillons prélevés sur chaque longueur de fabrication. Les essais décrits dans les sections 2.3 et 2.4 devront être réalisés sur des échantillons d'au moins 10 m de longueur prélevés à chaque extrémité des longueurs de fabrication. Les essais décrits dans la section 2.5 devront être menés sur chaque longueur de livraison.

Il convient de prendre en compte le fait que l'isolation risque de subir une contrainte excessive lors de la mise sous tension en raison de la durée importante de polarisation.

La température ambiante pour les essais de routine se situe entre 5 et 35 °C.

2.1 ESSAI À HAUTE TENSION EN USINE

Cet essai est facultatif et les longueurs de fabrication de câbles peuvent être soumises à une tension continue négative égale à la tension d'essai définie pour l'essai de cycle de charge U_T et appliquée entre le conducteur et la gaine pendant 15 minutes.

Pour les câbles à huile fluide, la pression d'huile à la position la plus haute devra être ajustée à une pression statique minimale plus 50 kPa (0,5 bar).

Les câbles à pression de gaz doivent être testés sans pression de gaz si le constructeur de câbles le désire.

2.2 ESSAI DE RÉSISTANCE DU CONDUCTEUR

La résistance au courant continu du conducteur devra être mesurée. La valeur de mesure devra être corrigée à une température de 20 °C et sur une longueur de 1 km en utilisant les formules adéquates et les facteurs spécifiés dans la Publication CEI 228.

La valeur de résistance corrigée ne doit pas dépasser la valeur spécifiée.

2.3 ESSAI DE CAPACITÉ

La capacité sera mesurée à fréquence industrielle au moyen d'un pont alternatif ou autre matériel adapté et ne devra pas dépasser de plus de 8 % la valeur déclarée.

2.4 ESSAIS DE FACTEUR DE PUISSANCE

Le facteur de puissance pour chaque longueur de câble de fabrication sera mesuré à température ambiante comme spécifié ci-dessous. Lorsque les mesures sont exécutées sur des échantillons, il faut veiller soigneusement à ce que les extrémités n'influent pas sur les mesures.

Si les mesures sont faites à une température inférieure à 20 °C, les résultats devront être corrigés à 20 °C soit en soustrayant de la valeur mesurée 2 pour cent de cette valeur par degré

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

and not more than 61 Hz. The wave form of such voltages shall be substantially sinusoidal. Calibration shall be according to IEC 60-1.

1.6.3 Wave form of impulse test voltages

The impulse wave shall be in accordance with IEC Publication 230, Impulse tests on cables and their accessories.

1.7 CHARACTERISTICS OF CABLES

For the purpose of carrying out and recording the tests described in this Recommendation the following characteristics must be known or declared:

The rated voltage U_0 in kilovolts

The rated current I_0 shall be defined as the maximum current the cable shall be able to transmit continuously at the specified ambient conditions.

The lightning impulse withstand voltage U_{P1} in kilovolt and/or the switching surge withstand voltage U_{P2} in kilovolts with respect to ground.

The d.c. resistance of the conductor in ohms/km at 20 °C.

The maximum rated operating temperature of the conductor in °C in the installation conditions.

The minimum rated operating temperature of the conductor in °C, at full load, in the installation condition.

The minimum and maximum ambient temperature in °C in the installation conditions.

The maximum design temperature drop across the insulation in K.

The maximum design temperature drop between the conductor and ambient in K.

The capacitance between conductor and screen in μF/km.

The minimum operating static oil pressure in kPa or in bar for oil-filled cables.

The minimum operating pressure for gas pressure cables in kPa or in bar.

The a.c. voltage corresponding to a maximum a.c. gradient of 2 kV/mm (for power factor measurement).

The maximum design electrical field strength in kV/mm.

2. ROUTINE TESTS

Routine tests are made to demonstrate the integrity of the manufactured cable and to verify that the product meets the design and manufacturing specifications within the specified tolerances.

The tests described in section 2.2 may be carried out either on full lengths or on samples cut from each manufacturing length. The tests described in section 2.3 and 2.4 shall be carried out on samples at least 10 m long cut from each ends of the manufacturing lengths. The test described in section 2.5 must be carried out on each delivery length.

The risk of overstressing the insulation during energising due to long polarisation time should be considered.

The ambient temperature for the purpose of the Routine Tests is taken as lying between 5 °C and 35 °C.

2.1 HIGH-VOLTAGE TEST AT WORKS

This test is optional and the manufacturing lengths of cable may be submitted to a negative d.c. voltage equal to the test voltage defined for the load cycle test U_T and applied between conductor and sheath for 15 minutes.

For oil-filled cables the oil pressure at the highest position shall be adjusted to the minimum static pressure plus 50 kPa (0.5 bars).

Gas pressure cables may be tested without gas pressure if the cable manufacturer so desires.

2.2 CONDUCTOR RESISTANCE TEST

The d.c. resistance of the conductor shall be measured. The measured value shall be corrected to a temperature of 20 °C and 1 km length by using the appropriate formulae and factors specified in IEC Publication 228.

The corrected resistance value shall not exceed the specified value.

2.3 CAPACITANCE TEST

The capacitance shall be measured at power frequency by means of an a.c. bridge or other suitable equipment and shall not be greater than 8 percent above the declared value.

2.4 POWER FACTOR TESTS

The power factor of each manufacturing length of cable shall be measured at ambient temperature as specified below. When the measurements are carried out on samples, care must be taken to ensure that terminations do not influence the measurement.

If the measurements are made at a temperature below 20 °C, the results shall be corrected to 20 °C either by subtracting from the measured value 2 *percent of this value per deg. C of the* difference between the test temperature and 20 °C or by use of a correction curve appropriate to the insulant if agreement on such curve has been reached between the purchaser and the manufacturer.

No correction shall be made if the test temperature is 20 °C or greater.

2.4.1 Mass impregnated cables

The power factor shall be measured at 2 and 8 kV/mm rms. maximum stress.

The power factor shall not exceed the following values:

- at 2 kV/mm: 40×10^{-4}
- at 8 kV/mm: 60×10^{-4}
- max. difference: 20×10^{-4}

2.4.2 Oil-filled cables

The oil pressure shall be adjusted as in clause 2.1. The values for the power factor and increases in power factor are shown in the following table:

	Cable not screened with carbon black paper			Cable screened with carbon black paper		
	Power factor max. x 10^4		Max. power factor difference x 10^4	Power factor max. x 10^4		Max. power factor difference x 10^4
Rated voltage kV	10 kV/mm*	20 kV/mm*	Between 10 and 20 kV/mm*	10 kV/mm*	20 kV/mm*	Between 10 and 20 kV/mm*
100	40	48	10	40	60	24
200	40	47	8	40	52	14
300	40	47	8	40	52	14
≥400	40	44	8	40	46	14

(*) Maximum rms. value

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Celsius de la différence entre la température d'essai et 20 °C, soit en utilisant une courbe de correction appropriée si client et fournisseur se sont mis d'accord.

Aucune correction ne sera effectuée si la température d'essai est de 20 °C ou supérieure.

2.4.1 Câbles imprégnés à masse

Le facteur de puissance sera mesuré à contrainte maximale de 2 et de 8 kV/mm en valeur efficace.

Le facteur de puissance ne devra pas dépasser les valeurs suivantes :

- à 2 kV/mm : 40 x 10^{-4}
- à 8 kV/mm : 60 x 10^{-4}
- différence max. : 20 x 10^{-4}

2.4.2 Câbles à huile fluide

La pression d'huile devra être ajustée comme indiqué au paragraphe 2.1. Les valeurs pour le facteur de puissance et les augmentations de facteur de puissance sont indiquées dans le tableau suivant :

	Câble sans écran de papier semi-conducteur			Câble avec écran de papier semi-conducteur		
	Facteur de puissance max. x 10^4		Variation du facteur de puissance max. x 10^4	Facteur de puissance max. x 10^4		Variation du facteur de puissance max. x 10^4
Tension assignée en kV	10 kV/mm*	20 kV/mm*	Entre 10 et 20 kV/mm*	10 kV/mm*	20 kV/mm*	Entre 10 et 20 kV/mm*
100	40	48	10	40	60	24
200	40	47	8	40	52	14
300	40	47	8	40	52	14
≥ 400	40	44	8	40	46	14

(*) Gradient maximal exprimé en valeur efficace

2.4.3 Câbles à pression de gaz interne

La pression de gaz ne devra pas être supérieure à 200 kPa (2 bars).

Le facteur de puissance ne devra pas dépasser les valeurs suivantes :

Isolation totalement imprégnée

- à 2 kV/mm } (valeur efficace max.) : 50 x 10^{-4}
- à 8 kV/mm } 65 x 10^{-4}
- différence max. : 20 x 10^{-4}

Isolation pas totalement imprégnée

- à 2 kV/mm } (valeur efficace max.) : 50 x 10^{-4}
- à 4 kV/mm } 150 x 10^{-4}
- différence max. : 100 x 10^{-4}

2.5 ESSAI DE RÉCEPTION EN USINE

Chaque longueur de câble de livraison devra être soumise à une tension continue négative égale à la tension d'essai définie pour l'essai de cycle de charge U_T et appliquée entre le conducteur et la gaine pendant 15 minutes.

Pour les câbles à huile fluide, la pression d'huile à la position la plus haute devra être égale à la pression statique minimale plus 50 kPa (0,5 bar).

Les câbles à pression de gaz doivent être testés sans pression de gaz si le constructeur le désire.

3. ESSAIS DE TYPE

3.1 GÉNÉRALITÉS

Les essais de type sont effectués afin de qualifier la conception et la fabrication du système de câbles par rapport aux conditions de l'application prévue. Ces essais ne prennent en compte aucune condition de surcharge. Les essais sont d'une nature telle que, après avoir été effectués, ils n'ont pas besoin d'être répétés, à moins que des modifications ne soient apportées au matériau, à la conception ou aux paramètres du processus hors des tolérances nominales, et que les changements qui en résultent au niveau des propriétés diélectriques, mécaniques et/ou thermiques du câble affectent la durée de vie du câble.

Les essais répertoriés dans les sections 3.6, 3.7, 3.8 et 3.9 doivent être effectués en séquence.

Le critère pour que les essais soient réussis est que tous les essais soient exécutés sans rupture de l'isolation dans l'échantillon.

En cas d'interruptions ou d'écarts dans les paramètres de test pendant l'essai de cycles de charge et d'inversion de polarité ou l'essai d'onde de choc superposée, il faudra répéter le cycle de charge ou l'onde de choc en question.

En cas de rupture de l'isolation lors d'essais sur plusieurs objets simultanément, l'objet défectueux peut être retiré et l'incident sera traité comme une interruption. L'objet concerné est considéré comme défectueux et devra être testé de nouveau. Toute défaillance dans l'étendue d'un objet à tester, telle qu'elle est définie au paragraphe 1.5, est considérée comme associée uniquement à cet objet.

Dans l'éventualité d'un amorçage externe irrégulier d'extrémités étanches lors des essais de type sur de telles extrémités, l'amorçage sera traité comme une interruption. Un amorçage irrégulier est généralement associé à des conditions de poussières inhabituelles ou à des objets proches de l'extrémité concernée.

3.2 PRÉPARATION DES MONTAGES D'ESSAI

Câbles et accessoires peuvent être testés séparément si le client et le fournisseur en ont convenu ainsi. L'ensemble à tester devra être constitué d'au moins 30 m de câble aux conditions ambiantes adéquates et peut inclure au moins un échantillon de chacun des accessoires de câble qui seront requis dans le contrat ou prévus pour les réparations. La longueur de câble entre les extrémités d'accessoires adjacents devra être d'au moins 5 mètres pour les câbles à huile fluide et les câbles à pression de gaz, et d'au moins 8 mètres pour les câbles imprégnés à masse.

Les essais électriques des extrémités doivent être menés avec la quantité d'huile ou la pression de gaz minimales de service pour tous les types de câbles. L'échantillon de câble dans la boucle de test à proximité de l'extrémité devra être à la température maximale appropriée du conducteur dans les conditions d'installation.

Lors des essais de type, il est permis de diviser la boucle de test en sépa-

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.4.3 Internal Gas Pressure Cables

Gas pressure shall not be greater than 200 kPa (2 bars).

The power factor shall not exceed the following values:

Fully impregnated insulation

- at 2 kV/mm } (max. rms. value) 50×10^{-4}
- at 8 kV/mm } 65×10^{-4}
- max. difference 20×10^{-4}

Non fully impregnated insulation

- at 2 kV/mm } (max. rms. value) 50×10^{-4}
- at 4 kV/mm } 150×10^{-4}
- max. difference 100×10^{-4}

2.5 Factory Acceptance Test

Every delivery length of cable shall be submitted to a negative direct current voltage equal to the test voltage defined for the load cycle test U_T and applied between conductor and sheath for 15 minutes.

For oil-filled cables the oil pressure at the highest position shall be adjusted to the minimum static pressure plus 50 kPa (0.5 bars).

Gas pressure cables may be tested without gas pressure if the cable manufacturer so desires.

3. TYPE TESTS

3.1 GENERAL

Type tests are made in order to qualify the design and the manufacturing of the cable system against the conditions of the intended application. The tests do not take into account any overload conditions. The tests are of such a nature that, after they have been made, they need not be repeated unless changes are made in either the material, design or process parameters outside the nominal tolerances, such that the resultant changes in dielectric, mechanical and/or thermal properties of the cable affect the lifetime of the cable

The tests listed in sections 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 are to be carried out in sequence.

The criteria for successful testing is that all tests are to be performed without breakdown of insulation in the test object.

In case of interruptions/deviations in test parameters during loading cycles/ polarity reversal test or superimposed impulse voltage test the loading cycle/impulse in question should be repeated.

In case of a breakdown of insulation when testing several objects simultaneously the faulty object may be removed and the incident shall be treated as an interruption. The faulty object is considered to have failed and needs to be retested. Any fault within an extension to a test object, as defined in sub-clause 1.5, is considered to be associated with that test object only.

In case of an irregular external flashover of sealing ends during type-testing of sealing ends the flashover shall be treated as an interruption. Irregular flashover is usually related to unusual dust conditions or objects close to the termination.

3.2 PREPARATION OF TEST ASSEMBLIES

Cable and accessories may be tested separately if it is agreed between the purchaser and manufacturer. The assembly to be tested shall consist of at least 30 m of cable at relevant ambient conditions, and may include at least one sample of each of the cable accessories which will be required in the contract or foreseen for repair. The length of cable between the ends of adjacent accessories shall be at least 5 m for oil-filled and gas pressure cables and 8 m for mass impregnated cables.

The electrical tests of terminations are to be carried out at the minimum operating oil/gas pressure for all cable types. The cable sample in the test loop close to the termination shall be at the relevant maximum conductor temperature in the installation condition.

It is allowed during type testing to divide the test loop into separate test objects, provided that the requirements for cable lengths, as described above, are satisfied.

The purchaser and manufacturer shall agree on which part of the cable manufacture shall be selected for incorporation in the cable test object.

Mass impregnated cable must be tested as if it had a long distance to sealing end and it should not experience axial oil flow during testing. The methods used to achieve this shall be as outlined in the Appendix or, of course, equivalent methods may be used.

The risk of overstressing the insulation during energising due to long polarisation time should be considered and taken into account if necessary.

3.3 TEST OBJECTS IN TYPE TESTING

The basis behind the selection of test objects is that the test objects incorporated in the test assemblies shall cover the different designs used for the different operating and ambient conditions — in ground, laid on or in the sea-bed as well as in air. As an example the following test objects are proposed:

Land cable, submarine cable, joints, sealing end.

3.4 AMBIENT CONDITIONS

The thermal conditions of the cable route must be used as the basis when selecting the ambient temperature during type testing. If there is a small difference between maximum and minimum temperature along the cable route and the cable behaviour does not change within this range, one temperature may be used as the basis for the type testing.

The temperature range must be agreed between the manufacturer and the purchaser. In general, if the cable behaviour does not change in the temperature range then one temperature can be used during testing.

3.4.1 Land cables

The land cable must be tested according to the relevant ambient temperatures for the cable route.

Mass impregnated cables

The following operating conditions are considered to be important:

Low ambient temperature and high ambient temperature and buried in the ground at the specified laying depth.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwM] Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

rant les objets à tester, à condition que les exigences concernant la longueur des câbles, telles qu'elles sont décrites ci-dessus, soient remplies.

Client et fournisseur doivent convenir de la partie du câble fabriqué qui sera sélectionnée pour être utilisée comme échantillon à tester.

Les câbles imprégnés à masse doivent être testés comme s'il y avait une longue distance jusqu'à l'extrémité étanche et ne doivent subir aucun flux d'huile axial pendant l'essai. Les méthodes utilisées pour y parvenir seront définies dans l'Annexe ; naturellement, on peut aussi employer des méthodes équivalentes.

Il convient de considérer et, au besoin, de prendre en compte le fait que l'isolation risque de subir une contrainte excessive lors de la mise sous tension en raison du long temps de polarisation.

3.3 ÉCHANTILLONS POUR LES ESSAIS DE TYPE

La raison qui motive le choix des échantillons est que ceux-ci, qui sont incorporés dans les ensembles de test, doivent être représentatifs des divers types d'installation employés dans les différentes conditions de service et de milieu ambiant : dans le sol, posé sur le fond de la mer ou ensouillé, ou en l'air. A titre d'exemple, les échantillons suivants sont proposés :

Câble terrestre, câble sous-marin, jonctions, extrémité étanche.

3.4 CONDITIONS AMBIANTES

Les conditions thermiques du tracé de la liaison doivent être utilisées comme base pour le choix de la température ambiante pendant les essais de type. S'il n'existe qu'une faible différence entre les températures minimale et maximale le long du trajet du câble et si le comportement du câble ne change pas dans cette plage, on ne peut utiliser qu'une seule température pour les essais de type.

Le fournisseur et le client doivent se mettre d'accord sur cette plage de température. En général, si le comportement du câble ne change pas dans cette plage de température, alors on ne peut utiliser qu'une seule température pour les essais.

3.4.1 Câbles terrestres

Les câbles terrestres doivent être testés en fonction des températures ambiantes adaptées en fonction du trajet des câbles.

Câbles imprégnés à masse

Les conditions suivantes de service sont considérées comme importantes :

Température ambiante basse, température ambiante élevée, et câble enterré dans le sol à la profondeur de pose spécifiée.

L'essai à basse température ambiante est similaire à l'essai sur le câble sous-marin dans les mêmes conditions ambiantes ; il peut être couvert par l'essai sur le câble sous-marin à condition que le câble sous-marin et le câble terrestre soient de conception identique.

Câbles pressurisés

Les conditions suivantes de service sont considérées comme importantes :

Température ambiante élevée, et câble enterré dans le sol à la profondeur de pose spécifiée.

3.4.2 Câbles sous-marins

Les câbles sous-marins doivent être testés en fonction des températures ambiantes adaptées selon le trajet des câbles.

Comme il existe différents types de câbles sous-marins, adaptés à la profondeur de l'eau, la pression externe lors des essais ne devra pas dépasser la pression correspondant à la profondeur la moins grande pour la section spécifique de la route du câble.

Câbles imprégnés à masse

Les sections suivantes de câble sont considérées comme importantes :

Température ambiante basse et, le cas échéant, câble entouré d'eau, et température ambiante élevée à la profondeur d'enfouissement spécifiée. L'essai à température ambiante élevée est similaire à l'essai pour le câble terrestre dans les mêmes conditions ambiantes ; il peut être couvert par un essai unique si câble sous-marin et câble terrestre sont de conception identique.

Si l'on trouve sur le même trajet une faible profondeur d'eau, une température ambiante élevée, des pentes abruptes et de grandes variations de niveaux, le fournisseur et le client peuvent convenir ensemble d'une boucle verticale.

Câbles pressurisés

Les sections suivantes de câble sont considérées comme importantes :

En cas de température ambiante élevée et d'enfouissement dans le sol marin, l'essai est similaire à l'essai pour le câble terrestre dans les mêmes conditions ambiantes ; il peut être couvert par l'essai sur le câble terrestre si câble sous-marin et câble terrestre sont de conception identique.

3.4.3 Jonctions

Les conditions ambiantes sont les mêmes que pour les sections de câble.

Les essais sur les jonctions peuvent être combinés avec les essais sur le câble terrestre ou sous-marin lorsque cela est approprié.

3.4.4 Extrémités étanches

On considère que la température ambiante pour les essais de type est comprise entre 5 et 35 °C.

3.5 CONDITIONS DE CHARGE

La reproduction du cycle thermique maximal expérimenté par une section de câble donnée dans les conditions d'installation est ce qui justifie les exigences suivantes.

La température à la surface du câble pour la section concernée devra être de ± 2,5 K pour les câbles imprégnés à masse et de ± 5 K pour les câbles pressurisés.

Le cycle de chauffage durera 8 heures. La température maximale du conducteur, pour la section concernée, avec une tolérance de –0 à + 5 K, sera maintenue à la fin de la période ci-dessus pendant au moins 1 heure. Ensuite, le chauffage sera arrêté et on laissera le câble refroidir pendant 16 heures.

Deux méthodes possibles pour cela sont proposées :

- Chauffage du câble par du courant pour obtenir une température maximale et avec un courant au moins égal à I_0 pour la dernière heure de chauffage.
- Chauffage du câble avec au moins I_0 et contrôle de la température de surface du câble pour maintenir le conducteur à une température maximale.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Test at low ambient temperature is similar to ambient conditions for submarine cable and can be covered by the submarine cable provided that the submarine cable and land cable are of identical design.

Pressurised cables

The following operating conditions are considered to be important:

High ambient temperature and buried in the ground at the specified laying depth.

3.4.2 Submarine cables

The submarine cable must be tested according to the relevant ambient temperatures for the cable route.

As submarine cables can have different designs, depending on the water depth, the external pressure during testing shall not exceed the pressure corresponding to the shallowest depth for the specific section of the cable route.

Mass impregnated cables

The following cable sections are considered to be important:

Low ambient temperature and if applicable surrounded by water and high ambient temperature at the specified burial depth. The test at high ambient temperature is similar to ambient conditions for land cable and can be covered by one test provided that the submarine cable and land cable are of identical design.

If shallow water, high ambient temperature, steep slopes and large differences in height are present on the same route, a suitable arrangement with a vertical loop shall be agreed between the manufacturer and the purchaser.

Pressurised cables

The following cable sections are considered to be important:

For high ambient temperature and buried in the sea-bed the test is similar to the ambient conditions for land cable and it can be covered by the land cable test provided that the submarine cable and land cable are of identical design.

3.4.3 Joints

Ambient conditions are the same as for cable sections.

The testing of joints may be combined with the testing of land or submarine cable where appropriate.

3.4.4 Sealing ends

The ambient temperature for the purpose of the Type Tests is taken as lying between 5 °C and 35 °C.

3.5 LOAD CONDITIONS

The reproduction of the maximal thermal cycle experienced by a given cable section in the installed conditions is the background for the following requirements.

The temperature at the cable surface for the section shall be within ± 2.5 K for mass impregnated cables and ± 5 K for pressurised cables.

The heating cycle shall last for 8 hours. The maximum conductor temperature, for the section, with a tolerance of –0 – +5 K shall be maintained at the end of the above period for at least 1 hour. Thereafter the heating shall cease and the cable shall be permitted to cool for 16 hours.

Two alternative methods for achieving this is proposed;

- Heating of cable by current to give maximum temperature and with a current not less than I_0 for the last hour of heating.
- Heating of cable with, at least, I_0 and controlling the cable surface temperature to give maximum temperature on the conductor.

The heating method used shall be conductor heating. It can be provided by either d.c. current or a.c. current giving the same conductor losses. However, it is of primary interest that the completed cable is tested, and the influence of armour on the internal pressure must be known and the cable must experience the correct internal pressure phenomena. If the armour, or parts thereof influences the internal pressure then it must be kept on.

The verification that the requirements above are fulfilled may be done through direct measurement of the conductor temperature on a piece of cable of the same design and under the same thermal condition as the test length either during the test or before the test starts.

3.6 MECHANICAL TESTS

3.6.1 Land cables and joints

A sample for the tests specified in subclauses 3.7, 3.8 and 3.9 shall be subjected to a bending operation according to the IEC Publication for a.c. cables having the same type of insulation as per sub-clause 1.4.

3.6.2 Submarine cables and joints

A sample for the tests specified in subclauses 3.7, 3.8 and 3.9 shall be subjected to a bending test carried out according to the latest CIGRE Recommendations for Mechanical Tests of Submarine Cables. Currently Electra No. 171 (April 1997) — Clause 3.2. When requested a coiling test shall be performed before the bending test (see Electra No.171, clause 3.1).

NOTE: If different designs are used on different sections along the cable route then the tensile force shall correspond to the deepest part of that section.

3.7 LOADING CYCLE TEST

The test object must have completed the mechanical testing according to section 3.6 before this loading cycle test.

Testing of sealing ends may be combined with testing of other objects.

The test installation shall be submitted to a total of 20 daily loading cycles as follows:

A loading cycle shall consist of 8 hours of heating with a heating current in the conductor to achieve the conditions in section 3.5, followed by 16 hours of cooling with no current.

The first 10 loading cycles shall be carried out with a positive d.c. voltage equal to U_T applied between conductors and sheath.

This will be followed by a rest period of at least 8 hours during which neither voltage nor current shall be applied and the conductor shall be connected to the sheath.

The second 10 loading cycles shall be carried out with a negative d.c. voltage equal to U_T applied between conductors and sheath.

This will be followed by a rest period of at least 8 hours during which neither

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La méthode de chauffage sera un chauffage par le conducteur. Il pourra être obtenu par application soit d'un courant continu, soit d'un courant alternatif, produisant les mêmes pertes au niveau du conducteur. Toutefois, il est d'un intérêt primordial que le câble achevé soit testé, que l'influence de l'armure sur la pression interne soit connue, et que le câble soit soumis aux phénomènes corrects de pression interne. Si l'armure, ou des parties de celle-ci, influent sur la pression interne, alors elle doit pas être retirée.

La vérification que les exigences ci-dessus sont satisfaites peut se faire grâce à une mesure directe de la température du conducteur sur une section de câble de même type et dans les mêmes conditions thermiques que la longueur de test, soit pendant l'essai, soit avant que l'essai ne commence.

3.6 ESSAIS MÉCANIQUES

3.6.1 Câbles et jonctions terrestres

Un échantillon pour les essais spécifiés aux paragraphes 3.7, 3.8 et 3.9 sera soumis à une opération de pliage conformément à la publication CEI pour les câbles à courant alternatif dotés du même type de gaine isolante que celui décrit au paragraphe 1.4.

3.6.2 Câbles et jonctions sous-marins

Un échantillon pour les essais spécifiés aux paragraphes 3.7, 3.8 et 3.9 sera soumis à une opération de pliage conformément aux dernières recommandations CIGRE pour les essais mécaniques des câbles sous-marins. Voir Electra n° 171 (Avril 1997), paragraphe 3.2. Sur demande, un essai de lovage sera exécuté avant l'essai de pliage (voir Electra n° 171, paragraphe 3.1).

Remarque : Si des modèles différents sont utilisés sur différentes sections le long de la trajectoire du câble, alors la force de traction correspondra à la partie la plus profonde de cette section.

3.7 ESSAI DE CYCLE DE CHARGE

L'objet de test doit avoir subi intégralement l'essai mécanique conformément au paragraphe 3.6 avant cet essai de cycle de charge.

L'essai portant sur les extrémités étanches peut être combiné avec l'essai d'autres accessoires.

L'installation d'essai devra être soumise à un total de 20 cycles complets de charge par jour de la manière suivante :

Un cycle de charge consistera en 8 heures de chauffage avec un courant de chauffage passant dans le conducteur pour obtenir les conditions de la section 3.5, suivies de 16 heures de refroidissement sans courant.

Les 10 premiers cycles de charge seront exécutés avec une tension de courant continu positive égale à U_T appliquée entre les conducteurs et la gaine.

Ils seront suivis d'une période de repos d'au moins 8 heures pendant laquelle ni courant ni tension ne seront appliqués et le conducteur sera relié à la gaine.

La deuxième série de 10 cycles de charge sera exécutée avec une tension de courant continu négative égale à U_T appliquée entre les conducteurs et la gaine.

Ils seront suivis d'une période de repos d'au moins 8 heures pendant laquelle ni courant ni tension ne seront appliqués et le conducteur sera relié à la gaine.

3.8 ESSAI D'INVERSION DE POLARITÉ

L'échantillon doit avoir subi intégralement l'essai de cycle de charge conformément à la section 3.7 avant l'exécution de cet essai d'inversion de polarité.

L'installation d'essai devra être soumise à un total de 10 cycles complets de charge par jour de la manière suivante :

Un cycle d'inversion de polarité consistera en 8 heures de chauffage avec un courant de chauffage passant dans le conducteur pour obtenir les conditions définies dans la section 3.5, suivies de 16 heures de refroidissement sans courant.

Les 10 premiers cycles d'inversion de polarité seront exécutés avec une tension de courant continu positive égale à U_{TP} appliquée entre le conducteur et la gaine.

En commençant par une tension positive, la polarité de la tension sera inversée toutes les 4 heures et une inversion coïncidera avec l'arrêt du courant de chauffage dans chaque cycle de charge.

Cela sera suivi d'une période de repos d'au moins 8 heures pendant laquelle ni courant ni tension ne seront appliqués et le conducteur sera relié à la gaine.

La durée recommandée pour une inversion de polarité est de 2 minutes.

3.9 ESSAI D'ONDE DE CHOC SUPERPOSÉE

Ces essais seront menés en fonction des surtensions attendues pour une installation donnée, découlant des chocs de foudre et/ou des chocs de manœuvre. Les autres surtensions sont normalement de courte durée et d'amplitudes relativement faibles, et peuvent donc être ignorées (article Electra, référence GTC 33.21.14-16, août 1994).

L'installation sera soumise à la fois à un essai de choc de manœuvre et à un essai de choc de foudre si cela est approprié.

Si le constructeur le demande, l'installation peut être raccourcie comme cela est décrit dans la section 3.2.

3.9.1 Essai de tenue aux chocs de manœuvre

L'échantillon doit avoir subi intégralement l'essai d'inversion de polarité conformément à la section 3.8 avant que cet essai de tenue aux chocs de manœuvre puisse être exécuté.

Cet essai sera effectué dans les mêmes conditions de charge que celles décrites dans la section 3.5 pour la partie *régime établi du cycle de* charge à la température ambiante la plus élevée.

Une tension continue négative égale à U_0 sera appliquée entre le conducteur et la gaine pendant au moins 2 heures. Après cela, et sans déconnecter la tension continue, dix chocs positifs de manœuvre, conformément à la Publication 230 de la CEI, seront superposés à la tension continue. Le circuit à tester sera identique à ou proche de celui représenté dans la figure 1-2.

Après avoir déchargé l'échantillon, on appliquera une tension continue positive égale à U_0 entre le conducteur et la gaine pendant au moins 2 heures. Après cela, et sans déconnecter la tension continue, dix chocs négatifs de manœuvre, conformément à la Publi-

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

voltage nor current shall be applied and the conductor shall be connected to the sheath.

3.8 POLARITY REVERSAL TEST

The test object must have completed loading cycle testing according to section 3.7 before this polarity reversal test is carried out.

The test installation shall be submitted to a total of 10 daily loading cycles as follows:

A polarity reversal loading cycle shall consist of 8 hours of heating with a heating current in the conductor to achieve the conditions in section 3.5, followed by 16 hours of cooling with no current.

The 10 polarity reversal loading cycles shall be carried out with a d.c. voltage equal to U_{TP} applied between conductor and sheath.

Starting with positive voltage, the voltage polarity shall be reversed every 4 hours and one reversal shall coincide with the cessation of loading current in every loading cycle.

This will be followed by a rest period of at least 8 hours during which neither voltage nor current shall be applied and the conductor shall be connected to the sheath.

The recommended time duration for a polarity reversal is 2 min.

3.9 SUPERIMPOSED IMPULSE VOLTAGE TEST

These tests shall be carried out according to the expected overvoltages for a given installation arising from lightning impulses and/or switching surges. Other overvoltages are normally of short duration and relatively low amplitudes and can be neglected (Electra paper, reference JWG 33/21/14-16, August 1994).

The installation shall be subjected to both switching surge impulse voltage test and lightning impulse voltage test if relevant.

If required by the manufacturer the installation may be shortened as described in section 3.2.

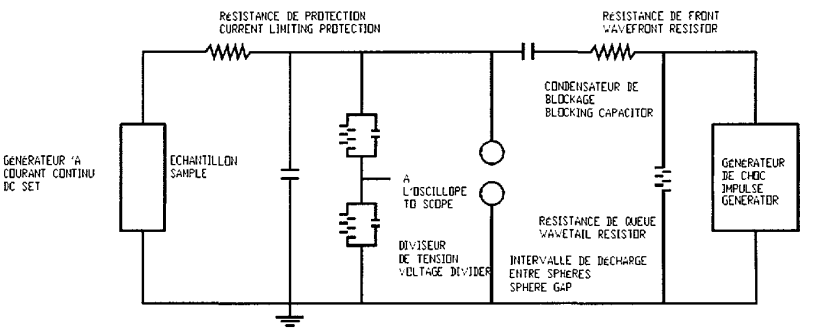


Figure 1. La superposition d'une onde de choc sur une tension continue s'obtient à l'aide d'un condensateur de blocage et d'une résistance de protection.

Figure 1. The superposition of an impulse wave on a d.c. voltage is obtained by using a blocking capacitor and a current limiting resistor.

3.9.1 Switching Surge Withstand Test

The test object must have completed polarity reversal test according to section 3.8 before this switching surge withstand test is carried out.

The test shall be carried out under the same loading conditions as in section 3.5 for the steady state part of the loading cycle at the highest ambient temperature.

A negative d.c. voltage equal to U0 shall be applied between conductor and sheath for at least 2 hours. After this time and without disconnecting the d.c. voltage 10 positive switching surges according to Publication IEC 230 shall be superposed on the d.c. voltage. The test circuit shall be according to figures 1-2 or similar.

After deenergisng the test object, a positive d.c. voltage equal to U0 shall be applied between the conductor and sheath for at least 2 hours. After this time and without disconnecting the d.c. voltage 10 negative switching surges according to Publication IEC 230 shall be superposed on the d.c. voltage.

The impulses shall be such that the peak value measured from the cable conductor to ground is equal to UP2.

The time between each impulse shall not be shorter than 2 minutes.

No breakdown shall occur.

Test waveform

Time to crest: $T_{CR} = 250\ \mu s \pm 20\%$

Time to half value: $T_2 = 2500\ \mu s \pm 60\%$

where T_{CR} and T_2 are defined in IEC Publication 60 and 230.

3.9.2 Lightning Impulse Withstand Test

The test object must have completed polarity reversal test according to section 3.8 before this lightning impulse test is carried out.

The test shall be carried out under the same loading conditions as in section 3.5 for the steady state part of the loading cycle at the highest ambient temperature.

A negative d.c. voltage equal to U_0 shall be applied between the conductor and sheath for at least 2 hours. After this time and without disconnecting the d.c. voltage 10 positive lightning impulses according to Publication IEC 230 shall be superposed on the d.c. voltage. The test circuit shall be according to figures 1-2 or similar.

After deenergising the test object, a positive d.c. voltage equal to U_0 shall be applied between the conductor and sheath for at least 2 hours. After this time and without disconnecting the d.c. voltage 10 negative lightning impulses according to Publication IEC 230 shall be superposed on the d.c. voltage.

The impulses shall be such that the peak value measured from the cable conductor to ground is equal to U_{P1}.

The time between each impulse shall not be shorter than 2 minutes.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

cation CEI 230, seront superposés à la tension continue.

Les ondes de choc seront telles que la valeur crête mesurée depuis entre le conducteur du câble et la terre sera égale à U_{P2}.

L'intervalle entre deux ondes de choc sera au minimum de 2 minutes.

Il ne devra pas y avoir de claquage.

Forme du signal d'essai

Temps de montée jusqu'à la crête
$T_{CR} = 250$ ms ± 20 %

Temps jusqu'à mi-hauteur
$T_2 = 2500$ ms ± 60 %

où T_{CR} et T_2 sont définis dans les Publications 60 et 230 de la CEI.

3.9.2 Essai de tenue aux chocs de foudre

L'échantillon doit avoir subi intégralement l'essai d'inversion de polarité conformément à la section 3.8 avant que cet essai de tenue aux chocs de foudre puisse avoir lieu.

Cet essai sera mené dans les mêmes conditions de charge que celles décrites dans la section 3.5 pour la partie régime établi du cycle de charge à la température la plus élevée.

Une tension continue négative égale à U_0 sera appliquée entre le conducteur et la gaine pendant au moins 2 heures. Après cela, et sans déconnecter la tension continue, 10 chocs positifs de foudre, conformément à la Publication 230 de la CEI, seront superposés à la tension continue. Le circuit à tester sera identique à ou proche de celui représenté dans la figure 1-2.

Après avoir déchargé l'objet en essai, on appliquera une tension continue positive égale à U_0 entre le conducteur et la gaine pendant au moins 2 heures. Après cela, et sans déconnecter la tension continue, dix chocs de foudre négatifs, conformément à la Publication 230 de la CEI, seront superposés à la tension continue.

Les impulsions seront telles que la valeur crête mesurée depuis le conducteur du câble jusqu'à la terre sera égale à U_{P1}.

L'intervalle entre deux ondes de choc sera au minimum de 2 minutes.

Il ne devra pas y avoir de claquage.

Forme du signal d'essai

Temps de montée jusqu'à la crête
$T_1 = 1 - 5$ µs

Temps jusqu'à mi-hauteur
$T_2 = 50$ µs ± 10 µs.

où T_1 et T_2 sont définis dans les Publications 60 et 230 de la CEI.

4. ESSAI APRÈS POSE

Le système de câble installé devra être soumis à une tension continue de polarité négative égale à la tension appliquée pendant l'essai d'inversion de polarité U_{TP}.

L'essai durera 15 minutes.

ANNEXE

1. INTRODUCTION

Cette annexe a pour but d'expliquer les raisons des modifications apportées ici à la Recommandation précédente du numéro 72 d'Electra. Seuls les points qui nécessitent une explication supplémentaire et qui ne sont pas traités dans le document principal sont abordés ici.

D'une manière générale, les modifications de l'article d'Electra 72 faites dans cette Recommandation révisée se basent sur l'expérience acquise dans le domaine de la technologie des câbles et sur l'avis du groupe d'experts qui ont constitué ce Groupe de Travail.

Les sections et paragraphes mentionnés de cette annexe font référence au document principal.

1.1 Historique

Le domaine d'application du GT 21.02 a été défini par le CE 21 en 1993. Sa tâche consistait à réviser la recommandation publiée dans le numéro 72 d'Electra (1980). « Car la combinaison des contraintes électriques et des conditions électriques et mécaniques dans l'essai de cycle de charge et d'inversion de polarité ne reflète pas toujours les conditions réelles auxquelles le câble est soumis en service. » « Par ailleurs, la recommandation existante (1980) ne fournit aucune indication quant au niveau de la tension d'essai qui pourrait être appliquée concernant les surtensions transitoires. »

La tension a été portée à 800 kV. Les installations commerciales actuelles supportent des tensions nominales inférieures ou égales à 500 kV. Une tension assignée de 800 kV est déjà en cours de discussion pour les installations HTCC à venir. Si les développements de la gamme de tension jusqu'à 800 kV font apparaître la nécessité de modifier encore les essais, il est prévu de procéder à une nouvelle révision de la recommandation.

Le phénomène de vieillissement des câbles HTCC a été étudié en maintes occasions. Le meilleur moyen d'étudier ce phénomène est d'examiner des câbles qui sont en service depuis plusieurs années. Plusieurs liaisons de câbles ont subi des détériorations mécaniques externes après installation et cela a entraîné des défaillances nécessitant des travaux de réparation. Des échantillons de câble récupérés à l'occasion de ces travaux de réparation ont été testés afin de déterminer s'ils ont subi un vieillissement électrique. Jusqu'ici, on n'a relevé aucun vieillissement électrique sur ces câbles. Il existe au moins deux rapports officiels à sujet : Gotland (Electra 21-302, 1992) et ICC 1992 Joseph Jue B.C. Hydro "*Report on the test of a 260 kV HVDC submarine cable*".

Le vieillissement du papier d'isolation des câbles est dû à une température excessive et/ou à des décharges d'amplitude suffisante pour transformer la cellulose en carbone, ce qui provoque un cheminement. Une excellente expérience du service à long terme ainsi qu'une meilleure compréhension des rapports entre contrain-

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

No breakdown shall occur.

Test waveform

Time to crest: $T_1 = 1 - 5\mu s$

Time to half value: $T_2 = 50\ \mu s \pm 10$ s.

where T_1 and T_2 are defined in IEC Publication 60 and 230.

4. AFTER LAYING TEST

The installed cable system shall be submitted to a negative polarity d.c. voltage equal to the voltage during polarity reversal test U_{TP}.

The test duration shall be 15 min.

APPENDIX

1. INTRODUCTION

The purpose of this Appendix is to explain the reasons for the changes made in this Recommendation to the previous Electra 72. Only points that are in need of further explanation and not covered in the main document are contained in this Appendix.

Generally the changes to Electra 72 which have been made in the revised Recommendation are based on the developing experience in this area of cable technology and on the best opinion of the gathered group of experts who formed this Working Group.

The sections and sub-sections in this appendix refer to the main document.

1.1 Background

The WG 21.02 received its scope of work from SC 21 in 1993. The scope of work was to revise Electra 72 (1980). *"Since the combination of electrical stresses, thermal and mechanical conditions in the Loading Cycle and Polarity Reversal Test do not always comply with the real conditions to which the cable will be subjected to during service." "Also the existing recommendation (1980) does not give any guidance to the level of test-voltage which should be applied with respect to transient over-voltages."*

The voltage has been extended up to 800 kV. Current commercial installations have rated voltages up to and including 500 kV. A rated voltage of 800 kV is already under discussion for future HVDC installations. If developments in the voltage range up to 800 kV identify the need for further test changes, it is expected a new revision of the Recommendation will be initiated.

The ageing phenomena of HVDC cables has been studied on several occasions. The best way of examining this phenomena is to examine cables that have been in service for several years. Several cable links have experienced external mechanical damage after installation and this has resulted in failures which has led to repair work. Samples of cable retrieved during repair work have been tested to establish if any electrical ageing had occurred. So far there has been no electrical ageing noted in these cables. At least two official reports are available, Gotland (Electra 21-302, 1992) and ICC 1992 Joseph Jue B.C. Hydro *"Report on the test of a 260kV HVDC submarine cable".*

Ageing of cable insulating paper is caused by excessive temperature, and/or by discharges of sufficient magnitude to convert cellulose to carbon which leads to tracking. Excellent long term service experience, and improved understanding of the relationships between stress, temperature and internal pressure has provided a basis for adopting new test values.

The philosophy of type tests has been changed so as to perform the testing under conditions simulating the actual operating conditions. The test conditions proposed under this new Electra Recommendation are considered to give a safety margin at least equal to that in the previous Electra Recommendation (no. 72, 1980)

It should be noted that the ambient conditions may be more severe for MI cables when tested at low temperature and there is a large difference in minimum and maximum temperature conditions.

1.2 Scope

This Recommendation covers type, sample and routine tests and does not cover development tests. It is assumed that development testing has been performed regarding materials, compatibility, process parameters, life time factors and critical electrical and mechanical design factors.

This Recommendation is not intended to take the place of a QA system. The QA system is important and should be the subject of separate negotiations between purchaser and manufacturer.

Partial discharge measurements are not included as a test requirement, but may be useful in development tests for engineering information purposes.

The type tests described are considered to be relevant to verify the cables ability to meet the intended application. If by the introduction of control algorithms in converter stations it is possible to achieve additional transmission capacity or increased safety margin the test conditions may be modified accordingly.

1.5 Definitions

In order to clarify the different test objects required during testing, definitions of the objects have been added in the revised document. More detailed explanation is given in sub-section 2.1 and 2.5

For type testing a clarification was also needed regarding the extent of a test

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

tes, température et pression interne ont servi de base pour l'adoption de nouvelles valeurs d'essai.

L'approche de ce type d'essais a été modifiée de manière à exécuter ces essais dans des conditions simulant les conditions réelles de service. Les conditions d'essai proposées dans cette nouvelle Recommandation Electra sont conçues pour offrir une marge de sécurité au moins égale à celle de la Recommandation précédente (Electra n° 72, 1980).

Soulignons que les conditions ambiantes peuvent être plus sévères pour les câbles au papier imprégné lorsqu'ils sont testés à basse température et qu'il existe un écart important entre température minimale et température maximale.

1.2 Domaine d'application

Cette recommandation traite des essais de type, sur échantillon et de routine, et ne traite pas des essais de développement. On part du principe que les essais de développement ont été réalisés concernant les matériaux, la compatibilité, les paramètres de processus, les facteurs de durée de vie et les facteurs théoriques électriques et mécaniques critiques.

La présente recommandation n'est pas destinée à remplacer un système d'Assurance Qualité (AQ). Le système AQ est important et doit être soumis à des négociations séparées entre client et fournisseur.

Les mesures de décharges partielles ne font pas partie des exigences d'essai, mais peuvent s'avérer utiles dans les essais de développement à des fins d'information technique.

Les essais de type décrits sont considérés comme appropriés pour vérifier la capacité des câbles à répondre à l'application prévue. Si l'introduction d'algorithmes de contrôle dans les stations de conversion permet d'augmenter la capacité de transport ou la marge de sécurité, les conditions d'essai peuvent être modifiées en conséquence.

1.5 Définitions

Pour clarifier les différents échantillons nécessaires lors des essais, une définition de ces échantillons a été ajoutée dans le document révisé. On trouvera des explications plus détaillées aux paragraphes 2.1 et 2.5.

Pour les essais de type, une clarification était également nécessaire concernant la zone d'un objet d'essai, notamment pour tester plus d'un objet dans un ensemble de test. Ainsi, par exemple, si une défaillance survient dans la partie câble d'une boucle de test qui contient une jonction, la défaillance est associée à la conception ou à la fabrication du câble et non à la jonction. Les définitions visent à garantir une même interprétation des zones de l'objet de test.

Le rapport entre les tensions d'essai, l'essai de routine et l'essai de cycle de charge, l'essai d'inversion de polarité et l'essai après pose a été conservé tel qu'il est défini dans le n° 72 d'Electra.

Les tensions d'essai ont été réduites dans la présente Recommandation par rapport à la précédente. Il est important de préciser que le Groupe de Travail considère que le régime d'essai pour un câble testé selon la nouvelle recommandation est en aucune manière inférieur au régime d'essai de l'ancienne recommandation, et cela pour les raisons suivantes :

- Aucun phénomène de vieillissement n'a été observé dans les câbles retirés du service jusqu'après 30 ans d'utilisation. En outre, il existe beaucoup de câbles HTCC en service continu sans défaillances électriques.
- On considère que les conditions d'essai les plus sévères (voir section 3.4) pour les câbles à pression sont les hautes températures ambiantes et, pour les câbles imprégnés à masse, les températures ambiantes aussi bien hautes que basses. Les essais sur les câbles à ces températures sont beaucoup plus contraignants que les conditions définies dans le n° 72 d'Electra (1980).
- Le nombre d'échantillons à essayer et le nombre d'essais sont, dans la plupart des cas, supérieurs et jamais inférieurs à ceux spécifiés dans la recommandation précédente.
- Les tensions d'essai d'onde de choc sont basées sur le rapport du GTC 33.21.14-16 (Electra Août 1994) et sont réputées refléter les conditions réelles de service.

Une surcharge signifiant que les spécifications sont dépassées n'est généralement pas acceptée et n'est pas couverte dans la présente recommandation. Une surcharge de câbles à courant continu a un impact différent sur les contraintes induites par rapport à la surcharge sur les câbles à courant alternatif.

A partir d'une condition de faible charge, il peut être possible de charger temporairement le câble avec un courant supérieur à I_0 en cas d'accord préalable entre client et fournisseur. Si les contraintes induites dépassent les contraintes atteintes dans l'essai de cycle de charge décrit au paragraphe 3.7, on pourra convenir d'essais supplémentaires.

Pendant des périodes de températures ambiantes basses, il est possible de charger en continu le câble avec un courant supérieur à I_0 en cas d'accord préalable entre client et fournisseur. Un tel accord devra être basé sur des calculs utilisant un ensemble complet de paramètres ambiants et, en cas d'accord préalable, peut également servir de base pour les conditions d'essai.

1.6 Conditions d'essai

Toutes les conditions spécifiées dans les normes CEI le cas échéant.

1.7 Caractéristiques des câbles

Il s'agit d'un sujet important, et quelques caractéristiques supplémentaires ont été ajoutées aux définitions qui existaient déjà dans la recommandation du n° 72 d'Electra. La nouvelle liste de définitions a pour objectif de mettre en relief ces caractéristiques qui sont considérées comme importantes pour la conception et l'utilisation du câble ainsi que pour la spécification des paramètres des essais de type.

I_o (courant assigné)

En cas d'accord sur un ensemble de paramètres (ou sur une fonction) de telle manière qu'il existe une capacité électrique inhérente supplémentaire dans des conditions thermiques (basses) définies, la capacité maximale du courant de charge continu sera définie et sera précisée en fonction de ces paramètres.

Température ambiante minimale et maximale et température du conducteur en °C dans les conditions d'installation

Ces paramètres sont nécessaires pour pouvoir concevoir et calculer les conditions d'utilisation extrêmes du réseau de câble.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619598222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

object, particularly when testing more than one object in a test assembly. e.g. if a fault occurs in the cable part of a test loop which includes a joint the fault is related to the cable design/ manufacturing and not the joint. The definitions are to ensure the same interpretation of test object extensions.

The ratio between the test voltages; Routine Test and Load Cycle Test; Polarity Reversal Test and After Installation Test have been kept the same as for Electra 72.

The test voltages have been reduced in this Recommendation when compared with Electra 72. It is important to state that the Working Group do not consider that the test regime for a cable tested under the new test Recommendation are in any way inferior to the test regime under the old test Recommendation for the following reasons:

- No ageing phenomena has been observed in cables retrieved from service after up to 30 years of operation. In addition there are many HVDC cables in continuous operation in service without electrical failures.
- It is considered that the most severe test conditions (see section 3.4) for pressurised cables is at high ambient temperatures and for mass impregnated cables both at high and at low ambient temperatures. Testing cables at these temperatures is more severe than the conditions stated in Electra 72 (1980).
- The number of test objects and tests will be in most cases increased and never less than those specified in the previous Recommendations.
- The impulse test voltages are based on the report by JWG 33/21/14.16 (Electra August 1994) and are considered to reflect actual operating conditions.

Overload meaning that design criteria are exceeded is normally not accepted and is not covered in this test recommendation. Overload of d.c. cables has a different impact on induced stresses than overload of a.c. cables..

From a low load condition it may be possible to temporarily load the cable with a current higher than I_o if agreed between the purchaser and the manufacturer. If the induced stresses exceed the stresses reached in the Load Cycle Test in sub-section 3.7, additional tests can be agreed upon.

During periods of low ambient temperatures it may be possible to continuously load the cable with a current higher than I_o if agreed between the purchaser and the manufacturer. Such an agreement would have to be based on calculations using a full set of ambient parameters and if agreed it may also be used as the base for the testing conditions.

1.6 Test Conditions

All according to IEC standards where applicable.

1.7 Characteristics of Cables

This is an important area and some additional characteristics have been added to the definitions which previously existed in Electra 72. The purpose of the new list of definitions is to highlight those characteristics which are considered important for the design/operation of the cable and for specification of the parameters for type testing.

I_o (rated Current)

If a set of parameters (or a function) are agreed upon in such a manner that there is an inherent additional power capacity under special (low) thermal conditions, the maximum continuous load current capacity is defined and should be given as a function of these parameters.

Minimum and maximum ambient and conductor temperatures in °C in installed condition

These parameters are needed to be able to design and calculate the extreme operating conditions of the cable system.

The maximum design electric field strength in kV/mm for engineering information.

2. ROUTINE TESTS

2.1 High-Voltage Test at Works

This test is performed on each manufacturing length (often performed immediately after the metallic sheathing). The delivery length normally consists of several manufacturing lengths joined together, this test is therefore optional since the manufacturing length is tested as part of the Factory Acceptance Test, see sub-section 2.5.

2.4 Power Factor Tests

Based upon experience, the lower values are considered more appropriate.

2.5 Factory Acceptance Test

The title Factory Acceptance Test is commonly accepted as the final test before shipment and is normally the take-over test for the laying company. This test is compulsory and is to ensure the integrity of both cable and joints.

3. TYPE TESTS

3.1 General

A test assembly may contain one or more test objects, i.e. cable, joints and termination.

A failure to one of the test objects or the connecting cable is recommended to be considered as an interruption only for the remaining test objects.

In principle, failures outside defined test objects shall not influence the judgement of the object in test. Proper evaluation of the cause shall be mandatory.

In the case of interruptions in testing the tests shall be continued with a repetition of non completed cycles when a sequence of tests is considered as an independent number of cycles/impulses.

3.2 Preparation of Tests

The difference from Electra 72 Recommendations is that the length of the cable test object has been increased to 30 meters. In addition definitions of test objects have been introduced, see section 1.5.

The reason behind the second paragraph in the new Recommendation is that due to limitations in capacity of the test equipment for the final impulse testing, a test loop consisting of more than one test object may have to be broken up into separate test objects. Each test object must still meet the requirements defined in section 1.5.

In a mass impregnated cable there is a pressure build-up during load conditions. For a short length of cable such as the cable test object during type testing, it is essential to introduce a "pressure sealing" at the ends such that the same pressure is maintained

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS-1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La tenue maximale du champ électrique spécifiée en kV/mm à titre d'information technique.

2. ESSAIS DE ROUTINE

2.1 Essai à haute tension en usine

Cet essai est exécuté sur chaque longueur de fabrication (souvent immédiatement après l'application de la gaine métallique). La longueur de livraison est normalement constituée de plusieurs longueurs de fabrication raccordées ensemble ; cet essai est donc facultatif, car la longueur de fabrication est testée dans le cadre de l'essai de réception en usine (voir paragraphe 2.5).

2.4 Essais de facteur de puissance

Compte tenu de l'expérience, les valeurs inférieures sont considérées comme plus appropriées.

2.5 Essai de réception en usine

L'appellation « essai de réception en usine » désigne couramment l'essai final avant l'expédition et est normalement l'essai ultime avant la prise en charge par la compagnie de pose. Cet essai est obligatoire et vise à garantir l'intégrité à la fois du câble et des jonctions.

3. ESSAIS DE TYPE

3.1 Généralités

Un ensemble d'essai peut contenir un ou plusieurs objets en essai (câble, jonctions et extrémités).

Il est recommandé de ne considérer la défaillance de l'un de ces objets ou du câble de connexion que comme une interruption pour les autres objets en essai.

En principe, des défaillances hors des objets en essai ne devront pas influencer le jugement concernant l'objet mesuré. Une évaluation correcte de la cause est obligatoire.

En cas d'interruptions pendant les essais, il conviendra de poursuivre ceux-ci en répétant les cycles non terminés lorsqu'une séquence d'essais est considérée comme un nombre indépendant de cycles ou de chocs.

3.2 Préparation des essais

La différence avec les recommandations du n° 72 d'Electra est que la longueur de l'échantillon de câble a été portée à 30 mètres. En outre, des définitions des objets en essai ont été ajoutées (voir section 1.5).

L'existence du second paragraphe dans la nouvelle recommandation s'explique par les limites de la capacité du matériel d'essai pour l'essai de choc final ; il peut s'avérer nécessaire de diviser en objets séparés une boucle d'essai constituée de plusieurs objets. Chaque objet doit alors répondre aux exigences définies à la section 1.5.

Dans un câble imprégné à masse, il se produit une accumulation de pression pendant les conditions de charge. Si l'objet d'essai pour un essai de type est un câble de courte longueur, il est essentiel de placer un « joint étanche à la pression » aux extrémités de manière à conserver la même pression tout du long de l'objet de test. S'il y a un gradient de pression le long de l'échantillon, on aura un écoulement axial de l'huile et l'objet de test ne sera pas soumis aux dynamiques appropriées et correctes de pression interne. Quelques méthodes pour obtenir un « joint étanche à la pression » sont décrites ci-dessous.

- « Câble long »
- Joints d'arrêt
- Congélation du câble

« Câble long »

Si l'on teste un câble suffisamment long, il n'y aura pas d'écoulement axial de l'huile dans la partie centrale du câble qui constitue l'objet en essai. La longueur de câble nécessaire pour un câble long dépend : de la viscosité de l'imprégnant, de la température du câble, des types de papier, du type de conducteur et du type d'isolation.

Le constructeur doit démontrer l'absence d'écoulement axial de l'huile.

Extrémités étanches, joints d'arrêt

En plaçant des extrémités étanches sur le câble, capables de résister à la pression accumulée dans le câble. Le joint doit empêcher à la fois la fuite d'huile hors du câble et l'entrée d'huile dans le câble.

Le constructeur doit démontrer l'absence d'écoulement axial de l'huile.

Congélation du câble

La congélation doit être réalisée à une température adéquate et sur une distance telle que cela empêche l'imprégnant de s'écouler.

Le constructeur doit démontrer l'absence d'écoulement axial de l'huile.

3.4 Conditions ambiantes

L'actuelle révision de la recommandation CIGRE publiée dans le n° 72 d'Electra contient une option pour tester les câbles pour des profondeurs d'eau au-dessous de 150 m sous la forme d'un essai combinant contrainte mécanique maximale et surpression externe pendant les essais électriques, mais néanmoins avec θc maximum, $\Delta\theta ins$ (et Δq total).

Dans la présente révision, la réduction de la tension d'essai est combinée avec une proposition d'essai aux conditions réelles de service.

Pour un câble sous-marin, il peut exister un certain nombre de conditions ambiantes différentes le long de sa route. On distingue deux cas principaux, à savoir la ou les sections en eau profonde et la ou les sections en terre ferme ou en eau peu profonde.

3.5 Conditions de charge

Le courant pendant la charge doit refléter les conditions réelles de service ; il doit pour cela être défini à une valeur au moins égale au courant continu assigné pour toute l'installation du câble. Aucune condition de surcharge n'est prise en compte.

3.6 Essais mécaniques

Les essais mécaniques sont expliqués en détail dans la recommandation révisée du n° 171 d'Electra, d'avril 1997.

Explication de la Figure 2

La figure 2 du n° 72 d'Electra a été remplacée, car la construction d'un tel diviseur de tension n'est pas pratique.

Dans la nouvelle figure 2, l'échantillon testé est relié à un générateur de chocs en passant par un intervalle de décharge entre sphères, et le diviseur de tension est relié au côté du générateur de chocs de cet intervalle afin que le voltmètre qui mesure la valeur crête des chocs démarre à zéro.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

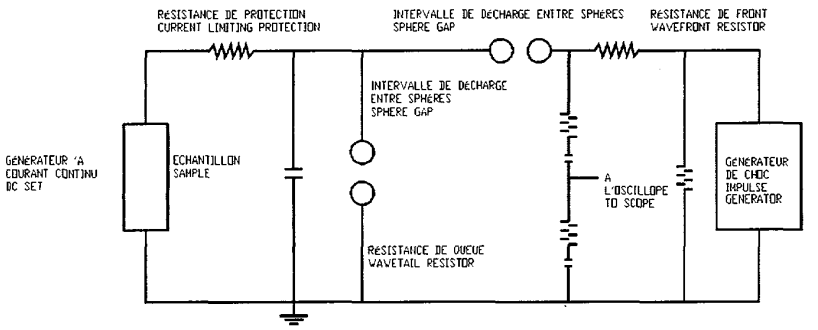


Figure 2. Dans ce circuit, le condensateur de blocage est remplacé par un intervalle de décharge entre sphères et le diviseur de tension est connecté du côté du générateur de chocs.

Figure 2. In this circuit the blocking capacitor is replaced by a sphere gap and the impulse voltage divider connected to the impulse generator side.

along the entire test object. If there is a pressure gradient along the test object there will be an axial oil flow and the test object will not experience the relevant and correct internal pressure dynamics. Some methods on how to accomplish a "pressure sealing" are outlined below.

- "Long cable"
- Stop joints
- Freezing of cable

"Long cable"

When testing a sufficiently long cable the axial oil flow will not be present in the centre part of the cable which forms the test object. The length of cable needed to for a long cable is dependent upon: viscosity of impregnant, temperature in cable, paper types, conductor and insulation design. *The manufacturer should demonstrate* that the axial oil flow is not present.

Sealing ends, stop joints

By introducing sealing ends to the cable that can withstand the length pressure build up in the cable. The joint must prevent both draining of cable and feeding of oil into the cable.

The manufacturer should demonstrate that the axial oil flow is not present.

Freezing of cable

The freezing must be completed at an adequate temperature and over such a distance that the axial flow of impregnant is prevented.

The manufacturer should demonstrate that the axial oil flow is not present.

3.4 Ambient Conditions

The existing revision of CIGRE Recommendation Electra no 72 contains an option for testing of cable for water depths below 150 m as a test combining maximum mechanical stress with external over pressure during electrical testing but all the same with maximum θc, $\Delta\theta ins$ (and total $\Delta\theta$).

In this revision, the reduction in test voltage is combined with a proposed testing at the actual conditions of the cable in operation.

For a submarine cable a number of different ambient conditions may exist along the route. There are two main cases e.g. deep water section(s) and landfall/shallow water section(s).

3.5 Load Conditions

The current during loading is to reflect real operating conditions by defining the load current to be not less than the designed continuous rated current for the entire cable installation. No overload conditions are considered.

3.6 Mechanical Tests

The mechanical tests are explained in detail in the revised Electra 171, April 1997.

Explanation of Figure 2

Figure 2 of Electra 72 has been replaced as it is not practical to construct such a voltage divider.

In the new Figure 2 the tested sample is connected to the impulse generator through a sphere gap and the divider is connected to the impulse voltage generator side of the sphere gap to ensure that the impulse peak voltmeter starts at zero voltage.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS:1619598222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

APPENDIX

1. INTRODUCTION

The purpose of this Appendix is to explain the reasons for the changes made in this Recommendation to the previous Electra 72. Only points that are in need of further explanation and not covered in the main document are contained in this Appendix.

Generally the changes to Electra 72 which have been made in the revised Recommendation are based on the developing experience in this area of cable technology and on the best opinion of the gathered group of experts who formed this Working Group.

The sections and sub-sections in this appendix refer to the main document.

1.1 Background

The WG 21.02 received its scope of work from SC 21 in 1993. The scope of work was to revise Electra 72 (1980). *"Since the combination of electrical stresses, thermal and mechanical conditions in the Loading Cycle and Polarity Reversal Test do not always comply with the real conditions to which the cable will be subjected to during service." "Also the existing recommendation (1980) does not give any guidance to the level of test voltage which should be applied with respect to transient over-voltages."*

The voltage has been extended up to 800 kV. Current commercial installations have rated voltages up to and including 500 kV. A rated voltage of 800 kV is already under discussion for future HVDC installations. If developments in the voltage range up to 800 kV identify the need for further test changes, it is expected a new revision of the Recommendation will be initiated.

The ageing phenomena of HVDC cables has been studied on several occasions. The best way of examining this phenomena is to examine cables that have been in service for several years. Several cable links have experienced external mechanical damage after installation and this has resulted in failures which has led to repair work. Samples of cable retrieved during repair work have been tested to establish if any electrical ageing had occurred. So far there has been no electrical ageing noted in these cables. At least two official reports are available, Gotland (Electra 21-302, 1992) and ICC 1992 Joseph Jue B.C. Hydro *"Report on the test of a 260kV HVDC submarine cable".*

Ageing of cable insulating paper is caused by excessive temperature, and/or by discharges of sufficient magnitude to convert cellulose to carbon which leads to tracking. Excellent long term service experience, and improved understanding of the relationships between stress, temperature and internal pressure has provided a basis for adopting new test values.

The philosophy of type tests has been changed so as to perform the testing under conditions simulating the actual operating conditions. The test conditions proposed under this new Electra Recommendation are considered to give a safety margin at least equal to that in the previous Electra Recommendation (no. 72, 1980)

It should be noted that the ambient conditions may be more severe for MI cables when tested at low temperature and there is a large difference in minimum and maximum temperature conditions.

1.2 Scope

This Recommendation covers type, sample and routine tests and does not cover development tests. It is assumed that development testing has been performed regarding materials, compatibility, process parameters, life time factors and critical electrical and mechanical design factors.

This Recommendation is not intended to take the place of a QA system. The QA system is important and should be the subject of separate negotiations between purchaser and manufacturer.

Partial discharge measurements are not included as a test requirement, but may be useful in development tests for engineering information purposes.

The type tests described are considered to be relevant to verify the cables ability to meet the intended application. If by the introduction of control algorithms in converter stations it is possible to achieve additional transmission capacity or increased safety margin the test conditions may be modified accordingly.

1.5 Definitions

In order to clarify the different test objects required during testing, definitions of the objects have been added in the revised document. More detailed explanation is given in sub-section 2.1 and 2.5

For type testing a clarification was also needed regarding the extent of a test

tes, température et pression interne ont servi de base pour l'adoption de nouvelles valeurs d'essai.

L'approche de ce type d'essais a été modifiée de manière à exécuter ces essais dans des conditions simulant les conditions réelles de service. Les conditions d'essai proposées dans cette nouvelle Recommandation Electra sont conçues pour offrir une marge de sécurité au moins égale à celle de la Recommandation précédente (Electra n° 72, 1980).

Soulignons que les conditions ambiantes peuvent être plus sévères pour les câbles au papier imprégné lorsqu'ils sont testés à basse température et qu'il existe un écart important entre température minimale et température maximale.

1.2 Domaine d'application

Cette recommandation traite des essais de type, sur échantillon et de routine, et ne traite pas des essais de développement. On part du principe que les essais de développement ont été réalisés concernant les matériaux, la compatibilité, les paramètres de processus, les facteurs de durée de vie et les facteurs théoriques électriques et mécaniques critiques.

La présente recommandation n'est pas destinée à remplacer un système d'Assurance Qualité (AQ). Le système AQ est important et doit être soumis à des négociations séparées entre client et fournisseur.

Les mesures de décharges partielles ne font pas partie des exigences d'essai, mais peuvent s'avérer utiles *dans les essais de développement à* des fins d'information technique.

Les essais de type décrits sont considérés comme appropriés pour vérifier la capacité des câbles à répondre à l'application prévue. Si l'introduction d'algorithmes de contrôle dans les stations de conversion permet d'augmenter la capacité de transport ou la marge de sécurité, les conditions d'essai peuvent être modifiées en conséquence.

1.5 Définitions

Pour clarifier les différents échantillons nécessaires lors des essais, une définition de ces échantillons a été ajoutée dans le document révisé. On trouvera des explications plus détaillées aux paragraphes 2.1 et 2.5.

Pour les essais de type, une clarification était également nécessaire concernant la zone d'un objet d'essai, notamment pour tester plus d'un objet dans un ensemble de test. Ainsi, par *exemple, si une défaillance survient* dans la partie câble d'une boucle de test qui contient une jonction, la défaillance est associée à la conception ou à la fabrication du câble et non à la jonction. Les définitions visent à garantir une même interprétation des zones de l'objet de test.

Le rapport entre les tensions d'essai, l'essai de routine et l'essai de cycle de charge, l'essai d'inversion de polarité et l'essai après pose a été conservé tel qu'il est défini dans le n° 72 d'Electra.

Les tensions d'essai ont été réduites dans la présente Recommandation par rapport à la précédente. Il est important de préciser que le Groupe de Travail considère que le régime d'essai pour un câble testé selon la nouvelle recommandation est en aucune manière inférieur au régime d'essai de l'ancienne recommandation, et cela pour les raisons suivantes :

- Aucun phénomène de vieillissement *n'a été observé dans les câbles* retirés du service jusqu'après 30 ans d'utilisation. En outre, il existe beaucoup de câbles HTCC en service continu sans défaillances électriques.
- On considère que les conditions d'essai les plus sévères (voir section 3.4) pour les câbles à pression sont les hautes températures ambiantes et, pour les câbles imprégnés à masse, les températures ambiantes aussi bien hautes que basses. Les essais sur les câbles à ces températures sont beaucoup plus contraignants que les conditions définies dans le n° 72 d'Electra (1980).
- Le nombre d'échantillons à essayer et le nombre d'essais sont, dans la plupart des cas, supérieurs et jamais inférieurs à ceux spécifiés dans la recommandation précédente.
- Les tensions d'essai d'onde de choc sont basées sur le rapport du GTC 33.21.14-16 (Electra Août 1994) et sont réputées refléter les conditions *réelles de service.*

Une surcharge signifiant que les spécifications sont dépassées n'est généralement pas acceptée et n'est pas couverte dans la présente recommandation. Une surcharge de câbles à courant continu a un impact différent sur les contraintes induites par rapport à la surcharge sur les câbles à courant alternatif.

A partir d'une condition de faible charge, il peut être possible de charger temporairement le câble avec un courant supérieur à I_0 en cas d'accord préalable entre client et fournisseur. Si les contraintes induites dépassent les contraintes atteintes dans l'essai de cycle de charge décrit au paragraphe 3.7, on pourra convenir d'essais supplémentaires.

Pendant des périodes de températures ambiantes basses, il est possible de charger en continu le câble avec un courant supérieur à I_0 en cas d'accord préalable entre client et fournisseur. Un tel accord devra être basé sur des calculs utilisant un ensemble complet de paramètres ambiants et, en cas d'accord préalable, peut également servir de base pour les conditions d'essai.

1.6 Conditions d'essai

Toutes les conditions spécifiées dans les normes CEI le cas échéant.

1.7 Caractéristiques des câbles

Il s'agit d'un sujet important, et quelques caractéristiques supplémentaires ont été ajoutées aux definitions qui existaient déjà dans la recommandation du n° 72 d'Electra. La nouvelle liste de définitions a pour objectif de mettre en relief ces caractéristiques qui sont considérées comme importantes pour la conception et l'utilisation du câble ainsi que pour la spécification des paramètres des essais de type.

I_0 (courant assigné)

En cas d'accord sur un ensemble de paramètres (ou sur une fonction) de telle manière qu'il existe une capacité électrique inhérente supplémentaire dans des conditions thermiques (basses) définies, la capacité maximale du courant de charge continu sera définie et sera précisée en fonction de ces paramètres.

Température ambiante minimale et maximale et température du conducteur en °C dans les conditions d'installation

Ces paramètres sont nécessaires pour pouvoir concevoir et calculer les conditions d'utilisation extrêmes du réseau de câble.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

object, particularly when testing more than one object in a test assembly. e.g. if a fault occurs in the cable part of a test loop which includes a joint the fault is related to the cable design/ manufacturing and not the joint. The definitions are to ensure the same interpretation of test object extensions.

The ratio between the test voltages; Routine Test and Load Cycle Test; Polarity Reversal Test and After Installation Test have been kept the same as for Electra 72.

The test voltages have been reduced in this Recommendation when compared with Electra 72. It is important to state that the Working Group do not consider that the test regime for a cable tested under the new test Recommendation are in any way inferior to the test regime under the old test Recommendation for the following reasons:

- No ageing phenomena has been observed in cables retrieved from service after up to 30 years of operation. In addition there are many HVDC cables in continuous operation in service without electrical failures.
- It is considered that the most severe test conditions (see section 3.4) for pressurised cables is at high ambient temperatures and for mass impregnated cables both at high and at low ambient temperatures. Testing cables at these temperatures is more severe than the conditions stated in Electra 72 (1980).
- The number of test objects and tests will be in most cases increased and never less than those specified in the previous Recommendations.
- The impulse test voltages are based on the report by JWG 33/21/14.16 (Electra August 1994) and are considered to reflect actual operating conditions.

Overload meaning that design criteria are exceeded is normally not accepted and is not covered in this test recommendation. Overload of d.c. cables has a different impact on induced stresses than overload of a.c. cables..

From a low load condition it may be possible to temporarily load the cable with a current higher than I_o if agreed between the purchaser and the manufacturer. If the induced stresses exceed the stresses reached in the Load Cycle Test in sub-section 3.7, additional tests can be agreed upon.

During periods of low ambient temperatures it may be possible to continuously load the cable with a current higher than I_o if agreed between the purchaser and the manufacturer. Such an agreement would have to be based on calculations using a full set of ambient parameters and if agreed it may also be used as the base for the testing conditions.

1.6 Test Conditions

All according to IEC standards where applicable.

1.7 Characteristics of Cables

This is an important area and some additional characteristics have been added to the definitions which previously existed in Electra 72. The purpose of the new list of definitions is to highlight those characteristics which are considered important for the design/operation of the cable and for specification of the parameters for type testing.

I_o (rated Current)

If a set of parameters (or a function) are agreed upon in such a manner that there is an inherent additional power capacity under special (low) thermal conditions, the maximum continuous load current capacity is defined and should be given as a function of these parameters.

Minimum and maximum ambient and conductor temperatures in °C in installed condition

These parameters are needed to be able to design and calculate the extreme operating conditions of the cable system.

The maximum design electric field strength in kV/mm for engineering information.

2. ROUTINE TESTS

2.1 High-Voltage Test at Works

This test is performed on each manufacturing length (often performed immediately after the metallic sheathing). The delivery length normally consists of several manufacturing lengths joined together, this test is therefore optional since the manufacturing length is tested as part of the Factory Acceptance Test, see sub-section 2.5.

2.4 Power Factor Tests

Based upon experience, the lower values are considered more appropriate.

2.5 Factory Acceptance Test

The title Factory Acceptance Test is commonly accepted as the final test before shipment and is normally the take-over test for the laying company. This test is compulsory and is to ensure the integrity of both cable and joints.

3. TYPE TESTS

3.1 General

A test assembly may contain one or more test objects, i.e. cable, joints and termination.

A failure to one of the test objects or the connecting cable is recommended to be considered as an interruption only for the remaining test objects.

In principle, failures outside defined test objects shall not influence the judgement of the object in test. Proper evaluation of the cause shall be mandatory.

In the case of interruptions in testing the tests shall be continued with a repetition of non completed cycles when a sequence of tests is considered as an independent number of cycles/impulses.

3.2 Preparation of Tests

The difference from Electra 72 Recommendations is that the length of the cable test object has been increased to 30 meters. In addition definitions of test objects have been introduced, see section 1.5.

The reason behind the second paragraph in the new Recommendation is that due to limitations in capacity of the test equipment for the final impulse testing, a test loop consisting of more than one test object may have to be broken up into separate test objects. Each test object must still meet the requirements defined in section 1.5.

In a mass impregnated cable there is a pressure build-up during load conditions. For a short length of cable such as the cable test object during type testing, it is essential to introduce a "pressure sealing" at the ends such that the same pressure is maintained

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electrónicamente por el COLEGIO

La tenue maximale du champ électrique spécifiée en kV/mm à titre d'information technique.

2. ESSAIS DE ROUTINE

2.1 Essai à haute tension en usine

Cet essai est exécuté sur chaque longueur de fabrication (souvent immédiatement après l'application de la gaine métallique). La longueur de livraison est normalement constituée de plusieurs longueurs de fabrication raccordées ensemble ; cet essai est donc facultatif, car la longueur de fabrication est testée dans le cadre de l'essai de réception en usine (voir paragraphe 2.5).

2.4 Essais de facteur de puissance

Compte tenu de l'expérience, les valeurs inférieures sont considérées comme plus appropriées.

2.5 Essai de réception en usine

L'appellation « essai de réception en usine » désigne couramment l'essai final avant l'expédition et est normalement l'essai ultime avant la prise en charge par la compagnie de pose. Cet essai est obligatoire et vise à garantir l'intégrité à la fois du câble et des jonctions.

3. ESSAIS DE TYPE

3.1 Généralités

Un ensemble d'essai peut contenir un ou plusieurs objets en essai (câble, jonctions et extrémités).

Il est recommandé de ne considérer la défaillance de l'un de ces objets ou du câble de connexion que comme une interruption pour les autres objets en essai.

En principe, des défaillances hors des objets en essai ne devront pas influencer le jugement concernant l'objet mesuré. Une évaluation correcte de la cause est obligatoire.

En cas d'interruptions pendant les essais, il conviendra de poursuivre ceux-ci en répétant les cycles non terminés lorsqu'une séquence d'essais est considérée comme un nombre indépendant de cycles ou de chocs.

3.2 Préparation des essais

La différence avec les recommandations du n° 72 d'Electra est que la longueur de l'échantillon de câble a été portée à 30 mètres. En outre, des définitions des objets en essai ont été ajoutées (voir section 1.5).

L'existence du second paragraphe dans la nouvelle recommandation s'explique par les limites de la capacité du matériel d'essai pour l'essai de choc final ; il peut s'avérer nécessaire de diviser en objets séparés une boucle d'essai constituée de plusieurs objets. Chaque objet doit alors répondre aux exigences définies à la section 1.5.

Dans un câble imprégné à masse, il se produit une accumulation de pression pendant les conditions de charge. Si l'objet d'essai pour un essai de type est un câble de courte longueur, il est essentiel de placer un « joint étanche à la pression » aux extrémités de manière à conserver la même pression tout du long de l'objet de test. S'il y a un gradient de pression le long de l'échantillon, on aura un écoulement axial de l'huile et l'objet de test ne sera pas soumis aux dynamiques appropriées et correctes de pression interne. Quelques méthodes pour obtenir un « joint étanche à la pression » sont décrites ci-dessous.

- « Câble long »
- Joints d'arrêt
- Congélation du câble

« Câble long »

Si l'on teste un câble suffisamment long, il n'y aura pas d'écoulement axial de l'huile dans la partie centrale du câble qui constitue l'objet en essai. La longueur de câble nécessaire pour un câble long dépend : de la viscosité de l'imprégnant, de la température du câble, des types de papier, du type de conducteur et du type d'isolation.

Le constructeur doit démontrer l'absence d'écoulement axial de l'huile.

Extrémités étanches, joints d'arrêt

En plaçant des extrémités étanches sur le câble, capables de résister à la pression accumulée dans le câble. Le joint doit empêcher à la fois la fuite d'huile hors du câble et l'entrée d'huile dans le câble.

Le constructeur doit démontrer l'absence d'écoulement axial de l'huile.

Congélation du câble

La congélation doit être réalisée à une température adéquate et sur une distance telle que cela empêche l'imprégnant de s'écouler.

Le constructeur doit démontrer l'absence d'écoulement axial de l'huile.

3.4 Conditions ambiantes

L'actuelle révision de la recommandation CIGRE publiée dans le n° 72 d'Electra contient une option pour tester les câbles pour des profondeurs d'eau au-dessous de 150 m sous la forme d'un essai combinant contrainte mécanique maximale et surpression externe pendant les essais électriques, mais néanmoins avec θc maximum, $\Delta\theta ins$ (et Δq total).

Dans la présente révision, la réduction de la tension d'essai est combinée avec une proposition d'essai aux conditions réelles de service.

Pour un câble sous-marin, il peut exister un certain nombre de conditions ambiantes différentes le long de sa route. On distingue deux cas principaux, à savoir la ou les sections en eau profonde et la ou les sections en terre ferme ou en eau peu profonde.

3.5 Conditions de charge

Le courant pendant la charge doit refléter les conditions réelles de service ; il doit pour cela être défini à une valeur au moins égale au courant continu assigné pour toute l'installation du câble. Aucune condition de surcharge n'est prise en compte.

3.6 Essais mécaniques

Les essais mécaniques sont expliqués en détail dans la recommandation révisée du n° 171 d'Electra, d'avril 1997.

Explication de la Figure 2

La figure 2 du n° 72 d'Electra a été remplacée, car la construction d'un tel diviseur de tension n'est pas pratique.

Dans la nouvelle figure 2, l'échantillon testé est relié à un générateur de chocs en passant par un intervalle de décharge entre sphères, et le diviseur de tension est relié au côté du générateur de chocs de cet intervalle afin que le voltmètre qui mesure la valeur crête des chocs démarre à zéro.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

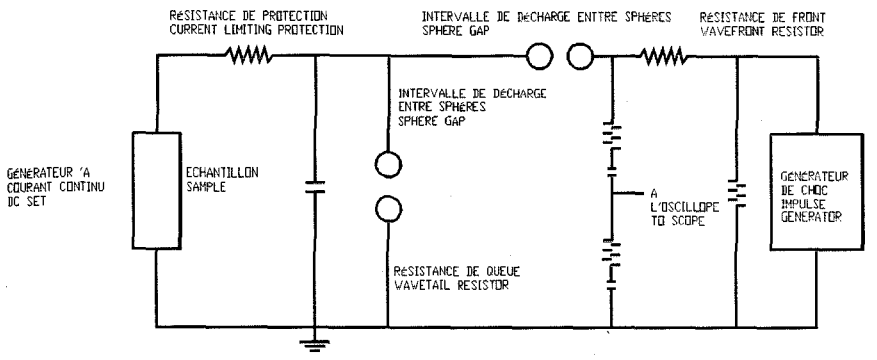


Figure 2. Dans ce circuit, le condensateur de blocage est remplacé par un intervalle de décharge entre sphères et le diviseur de tension est connecté du côté du générateur de chocs.

Figure 2. In this circuit the blocking capacitor is replaced by a sphere gap and the impulse voltage divider connected to the impulse generator side.

along the entire test object. If there is a pressure gradient along the test object there will be an axial oil flow and the test object will not experience the relevant and correct internal pressure dynamics. Some methods on how to accomplish a "pressure sealing" are outlined below.

- "Long cable"
- Stop joints
- Freezing of cable

"Long cable"

When testing a sufficiently long cable the axial oil flow will not be present in the centre part of the cable which forms the test object. The length of cable needed to for a long cable is dependent upon: viscosity of impregnant, temperature in cable, paper types, conductor and insulation design. The manufacturer should demonstrate that the axial oil flow is not present.

Sealing ends, stop joints

By introducing sealing ends to the cable that can withstand the length pressure build up in the cable. The joint must prevent both draining of cable and feeding of oil into the cable.

The manufacturer should demonstrate that the axial oil flow is not present.

Freezing of cable

The freezing must be completed at an adequate temperature and over such a distance that the axial flow of impregnant is prevented.

The manufacturer should demonstrate that the axial oil flow is not present.

3.4 Ambient Conditions

The existing revision of CIGRE Recommendation Electra no 72 contains an option for testing of cable for water depths below 150 m as a test combining maximum mechanical stress with external over pressure during electrical testing but all the same with maximum θc, $\Delta\theta ins$ (and total $\Delta\theta$).

In this revision, the reduction in test voltage is combined with a proposed testing at the actual conditions of the cable in operation.

For a submarine cable a number of different ambient conditions may exist along the route. There are two main cases e.g. deep water section(s) and landfall/shallow water section(s).

3.5 Load Conditions

The current during loading is to reflect real operating conditions by defining the load current to be not less than the designed continuous rated current for the entire cable installation. No overload conditions are considered.

3.6 Mechanical Tests

The mechanical tests are explained in detail in the revised Electra 171, April 1997.

Explanation of Figure 2

Figure 2 of Electra 72 has been replaced as it is not practical to construct such a voltage divider.

In the new Figure 2 the tested sample is connected to the impulse generator through a sphere gap and the divider is connected to the impulse voltage generator side of the sphere gap to ensure that the impulse peak voltmeter starts at zero voltage.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2P16-4C9J-2ZMG-mYTc-wMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/firmaelectronica/verificardocumento

622

Recommendations for Testing DC Transition Joints for Power Transmission at a Rated Voltage Up To 500KV

Working Group B1.42

June 2015

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622 2M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

RECOMMENDATIONS FOR TESTING DC TRANSITION JOINTS FOR POWER TRANSMISSION AT A RATED VOLTAGE UP TO 500KV

WG B1.42

Members

G. Evenset, **Convenor** (NO), B.Sonerud, **Secretary** (NO),

Marco Albertini (IT), Txús Correa (ES), Ivan Jovanovic (US) , Tae-Ho Lee (KR), Mohamed Mammeri (FR), Hiroshi Niinobe (JP), Peter Sunnegårdh (SE), Roman Svoma (GB), Minh Nguyen Tuan (FR), Volker Werle (DE)

Corresponding

Zheng-Zheng Chen (CH), Bruno Brijs (BE), Anders Jensen (DK), Pascal Streit (CH)

Copyright © 2015

"Ownership of a CIGRE publication, whether in paper form or on electronic support only infers right of use for personal purposes. Unless explicitly agreed by CIGRE in writing, total or partial reproduction of the publication and/or transfer to a third party is prohibited other than for personal use by CIGRE Individual Members or for use within CIGRE Collective Member organisations. Circulation on any intranet or other company network is forbidden for all persons. As an exception, CIGRE Collective Members only are allowed to reproduce the publication.

Disclaimer notice

"CIGRE gives no warranty or assurance about the contents of this publication, nor does it accept any responsibility, as to the accuracy or exhaustiveness of the information. All implied warranties and conditions are excluded to the maximum extent permitted by law".

ISBN : 978-2-85873-325-5

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Recommendations for Testing DC Transition Joints for Power Transmission at a Rated Voltage up to 500kV

Table of Contents

EXECUTIVE SUMMARY 3
1 Introduction 3
1.1 Background 3
1.2 Scope 4
1.3 Condition assessment 4
2 Definitions 4
2.1 Definitions of tests 4
2.2 Test Cables and Transition Joint Characteristics 5
2.3 Definitions of Test voltages 6
2.4 Thermal cable design parameters 8
2.5 Thermal conditions for tests 8
2.6 Conditions for test 8
3 Development Tests 10
3.1 Electrical Development Tests 10
3.2 Non-Electrical Development Tests 10
4 Routine Test 10
4.1 Extruded Cable Side of the Transition Joint 10
4.2 Paper Cable Side of the Transition Joint 11
4.3 Test on external housing 11
5 Sample Test 11
6 Type Test 11
6.1 General 11
6.2 Range of Type Test Approval 12
6.3 Type Test Arrangement 12
6.4 Type Test Procedure 13
7 Prequalification Test 16
7.1 General and Range of Prequalification Test Approval 16
7.2 Summary of prequalification tests 16
7.3 Test arrangement 17
7.4 Long duration voltage test 17
7.5 Superimposed impulse voltage test (optional) 18
7.6 Examination 19
7.7 Success criteria, re-testing and interruptions 19
8 Electrical Test after Installation 19
References 20
Appendix A: Back-to-back Transition Joint with two insulators 22
Appendix B: Temperature distribution in transition joints with dissimilar cable insulation 23
Appendix C: Terms of Reference 26

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

EXECUTIVE SUMMARY

HVDC cables with lapped insulation systems have been in operation since the 1950s and this technology is still dominating for long cable circuits at the highest voltage levels. Most of the lapped cable systems are based on kraft paper impregnated with a high viscous mass, but self contained fluid filled cables are also in operation in HVDC systems. Polypropylene laminated paper impregnated with low viscous oil is also in service and mass impregnated PPL insulation systems are developed.

Extruded insulation systems have been gradually introduced in the market the last two decades. Starting at a voltage level of 80 kV in the late 90s this cable technology is today dominating for voltage levels up to 320 kV. Further development of the technology for higher voltage levels is expected.

The number of HVDC circuits in operation has increased significantly for many years and it is expected that joints between paper lapped cables and extruded cables will be required in the near future. Transition joints may be required in new systems using different cable technologies along the route or for rerouting/replacement of parts of existing cable systems.

This brochure gives recommendations on how transition joints between lapped insulation systems and extruded insulation systems shall be qualified. The tests are as far as appliccable based on Cigre reccommendations in TB496, TB415 and tests specified for lapped HVDC cables published in Electra No. 189. There is a large variation in the maximum conductor temperature for the different insulation systems which needs to be taken into account during system engineering and testing. Some of the insulation systems are limited to 50 ^{o}C operating temperature and others are designed to operate at 90 ^{o}C. The axial heat transfer in the transition joint may therefore be high and has to be considered. An example of such calculation is included in the brochure.

1 Introduction

1.1 Background

Mass Impregnated Paper Cables (MI) has been used predominantly in HVDC applications since the 1950s. Gas filled (GF) as well as Self Contained Fluid Filled (SCFF) HVDC cables were also used, however the widespread use of XLPE in AC transmission and distribution networks and further research and development in polymeric insulation has resulted in the use of XLPE also for HVDC applications. In the 1990s, interest in Polypropylene Laminate Paper (PPL) for use in SCFF cables resulted in the application of this technology not only for EHV AC, but also in HVDC. Mass impregnated PPL has also been developed specifically for HVDC applications.

Gradually over the last decade the voltage of the HVDC XLPE projects has increased and it is probable that interconnection between XLPE, MI and PPL MI will be necessary as the networks are reconfigured in the future, to form diversions or as part of a repair. New projects may use combinations of technologies depending on markets, voltage levels, manufacturing technologies and project risk profiles. The connection between the different cable systems is likely to be a complex prospect as some of the specified cable operating temperatures are different at this moment in time (50º-55ºC for MI, 70ºC-90ºC for XLPE and 85ºC-90ºC for PPL/MI and fluid-filled). The cable systems may be type tested and qualified to operate for different HVDC converter technologies (VSC or LCC).

CIGRE set up WG B1.42 to review this subject and issue a brochure to include:

- A review of the existing recommendations and standards and the extent to which they cover the testing of transition joints.
- Installation considerations and how the testing and specification impact project applications
- Definition of test regimes for transition joints for routine, sample, type, prequalification and after installation tests.

The tests in this recommendation are mainly based on recommendations in TB 496 [1], TB 415 [2] and Electra No. 189 [3].

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 01941/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

1.2 Scope

The purpose of these new recommendations is to give general guidance for tests on DC transition joints for power transmission. These recommendations are valid for transition joints between paper-insulated oil filled/mass impregnated cables, including PPL, and extruded insulation cables with rated voltage up to 500 kV. Pipe type and gas pressurized cables are not considered. Concentric cables with low voltage return insulation are considered, but not bi-pole concentric cables. Transition joints for single core and multi core cables (i.e. cables with individual metallic screen, but common armour) are covered. Both land and submarine transition joints are covered.

Different types of transition joints can be used to connect oil-filled/mass impregnated to extruded insulated HVDC cables, for example a back-to-back transition joint [4] [5] (see Appendix A). Each manufacturer may have different solutions. Y branched joints are not considered within these guidelines. Tests on joints between cables with similar type of insulation are not considered in this document (covered by TB 496), even if they are used between cables with different conductors or different screens [1].

Although the application of high voltage transition joints for interconnection of different cable systems is likely to increase, the quantity of transition joints compared to the quantity of standard accessories required will be low. There will also be a large variety of cable constructions which have to be connected using transition joints.

The number of type tests that can be performed may be limited due to the availability of suitable paper insulated cables, thus guidance is given in **6.1 General**.

Comments on the need for a prequalification test are also made.

1.3 Condition assessment

In some cases the existing paper cables on which a transition joint will be installed, have been in service for many years and hence diagnostic tests may be advisable to assess the cable condition. A review of applicable procedures is given in reference [6].

In the event that the cable is found to be in as-new condition then it would generally be considered unnecessary to carry out any special diagnostic tests after installation of a transition joint.

Practices for maintenance of HV cable circuits are described in reference [7, 8, 9] and are not considered further in this report.

2 Definitions

2.1 Definitions of tests

Where applicable, test definitions are in line with IEC 60840 [10] and IEC 62067 [11].

Development tests Tests made during the development of the cable system.

Prequalification test Test made before supplying on a general commercial basis a type of cable system covered by this recommendation, in order to demonstrate satisfactory long term performance of the complete cable system.

***Note 1**: The prequalification test need only be carried out once unless there is a substantial change in the cable system with respect to material, manufacturing process, design or design electrical stress levels.*

***Note 2**: A substantial change is defined as that which might adversely affect the performance of the cable system. The supplier should provide a detailed case, including test evidence, if modifications are introduced, which are claimed not to constitute a substantial change.*

Type tests Tests made before supplying on a general commercial basis a type of cable system covered by this recommendation, in order to demonstrate satisfactory performance characteristics to meet the intended application.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Note: *Once successfully completed, these tests need not be repeated, unless changes are made in the cable or accessory with respect to materials, manufacturing process, design or design electrical stress levels, which might adversely change the performance characteristics.*

Routine tests Tests made by the manufacturer on each manufactured component (length of cable or accessory) to check that the component meets the specified requirements.

Sample tests Tests made by the manufacturer on samples of complete cable or components taken from a complete cable or accessory, at a specified frequency, so as to verify that the finished product meets the specified requirements.

Tests after installation Tests made to demonstrate the integrity of the cable system as installed.

2.2 Test Cables and Transition Joint Characteristics

Where applicable, definitions are in line with IEC 60840 [10] and IEC 62067 [11].

Cable system A cable system consists of cables with installed accessories. Cable accessories are typically joints and terminations. There may be other types of accessories associated with a cable system (e.g. measuring devices or fixtures). These need only to be incorporated in the test objects to the extent that they are deemed to have an impact on the operational characteristics of the cable system.

Test object A test object is a cable length or an accessory to be subjected to testing.

Return cable A return cable is the low/medium voltage DC cable used for the return current in monopolar operation of HVDC schemes. The return cable can either be connected over the full length between the converters or only be connected for part of the length connecting a converter to an electrode station.

Transmission cable A transmission cable refers to the high voltage cable of a monopolar or bipolar scheme. The term is used in this document where appropriate to distinguish from the return cable.

Integrated return conductor

A high voltage transmission cable with a coaxial return conductor and low voltage return conductor insulation.

Test loop A test loop is a combination of series connected test objects simultaneously under test (Figure 1).

Test set-up A test set-up is a combination of clearly separate test loops. A number of test loops may be simultaneously under test, possibly using same test equipment.

LCC A HVDC system using Line Commutated Converters. LCC is a converter that has the feature of changing voltage polarity on the cable system when the direction of power flow is reversed, IEC 60633 [12].

VSC A HVDC system using Voltage Source Converters. VSC is a converter that does not change the voltage polarity of the cable system when the direction of power flow is reversed, Cigré TB 289 [13].

Possible configuration of test objects in a test loop is shown in Figure 1. Special definitions are described hereafter.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

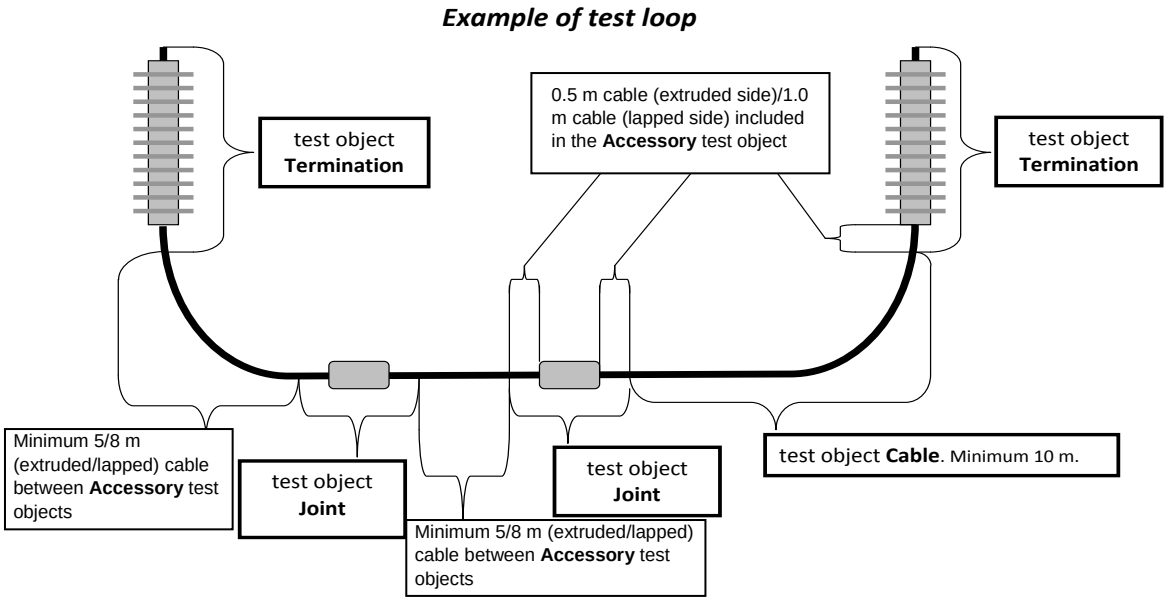


Figure 1: Possible configuration of test objects within a test loop

Transition joint A transition joint in the context of this recommendation is a joint between paper-insulated fluid filled/mass impregnated cables, including PPL, and extruded insulation cables.

2.3 Definitions of Test voltages

U_0 is the rated DC voltage between conductor and core screen for which the cable system is designed.

U_T is the DC voltage during the type test and routine test. For the scope of this recommendation $U_T = 1.8 \times U_0$.

U_{TP1} is the DC voltage during the prequalification test (load cycle test), type test (polarity reversal test) and test after installation. For the scope of this recommendation $U_{TP1} = 1.4 \times U_0$.

U_{TP2} is the DC voltage during the prequalification polarity reversal test. For the scope of this recommendation $U_{TP2} = 1.25 \times U_0$.

U_{P1} is 1.15 x the maximum absolute peak value (Figure 2) of the lightning impulse voltage, which the cable system can experience when the impulse has the opposite polarity to the actual DC voltage.

$U_{P2,S}$ is 1.15 x the maximum absolute peak value (Figure 2) of the switching impulse voltage, which the cable system can experience when the impulse has the same polarity as the actual DC voltage.

$U_{P2,O}$ is 1.15 x the maximum absolute peak value (Figure 2) of the switching impulse voltage which the cable system can experience when the impulse has the opposite polarity to the actual DC voltage.

$U_{RC,AC}$ is the maximum voltage a return cable can be subjected to due to temporary damped alternating overvoltage. This voltage is typically induced by a commutation failure, and the value should be supported by the supplier's system calculations of the HVDC link. The

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

nature of the overvoltage depends upon the configuration of the HVDC link and needs to be calculated for each case

$U_{RC,DC}$ is the max DC voltage in normal operation of the return cable.

Note 1: *The ripple content of the DC test voltages shall not be greater than 3 percent.*

Note 2: *Calibration shall be according to IEC 60060-1* [14].

Note 3: *The transition joint may experience different impulse levels than stated above depending on the system design.*

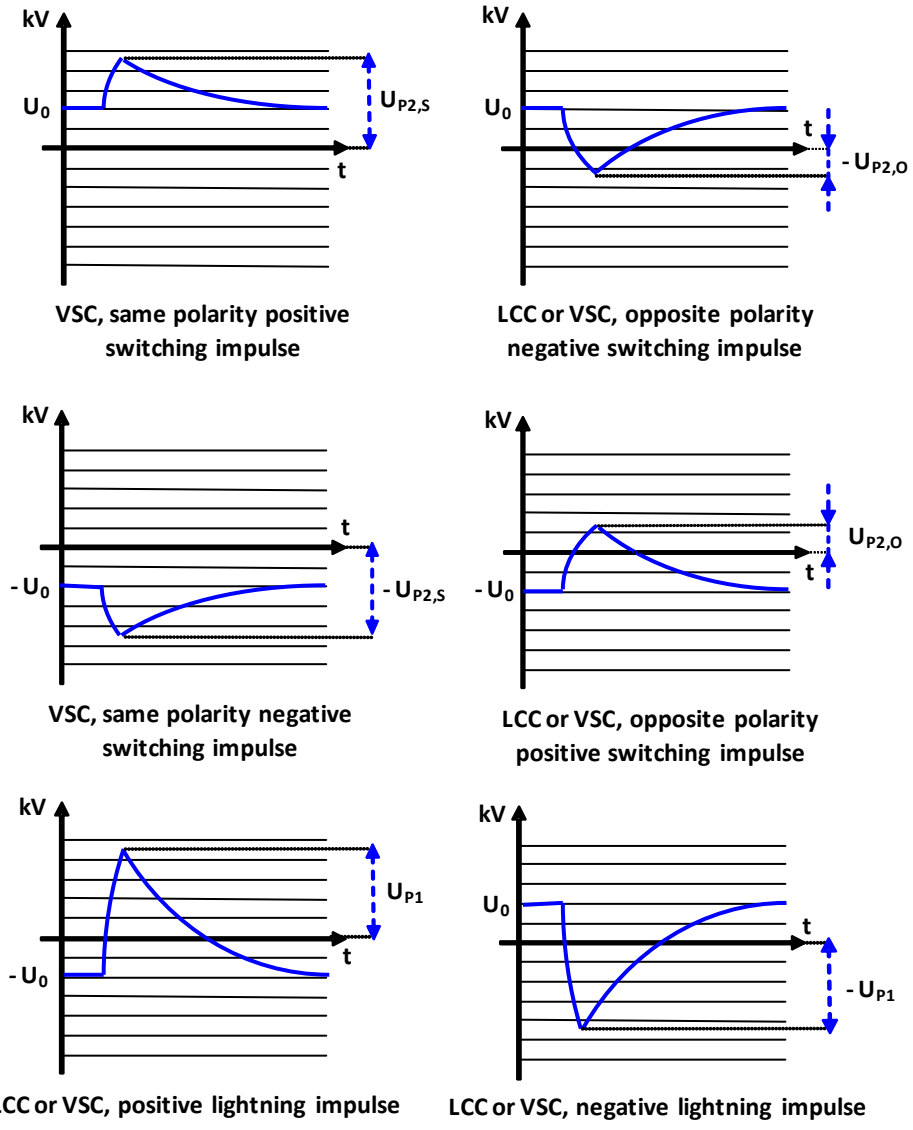


Figure 2: Schematic representations of the switching impulse and lightning impulse test voltages. Due to the constraints within the DC system design $U_{P2,S}$ does not necessarily equal $U_{P2,O}$, i.e. the same polarity impulse is limited by surge arresters, but the opposite polarity impulse may be limited by the converter.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2.4 Thermal cable design parameters

$T_{cond,max}$ is the maximum temperature at which the cable conductor is designed to operate. This value is to be stated by the supplier.

ΔT_{max} is the maximum temperature difference over the cable insulation in steady state (not including semiconducting screens) at which the cable is designed to operate. This value is to be calculated and stated by the supplier, who shall also provide evidence of the correlation between this design value and data measured during testing.

2.5 Thermal conditions for tests

The heating method used shall be conductor heating. The heating may be achieved by either DC or AC current, possibly in combination with external thermal insulation or cooling/heating. The actual ΔT and T_{cond} during testing need to be demonstrated.

Load Cycles (LC) Load cycles consist of both a heating period and a cooling period.

"24 hours" load cycles (for prequalification and type tests) consist of at least 8 hours of heating followed by at least 16 hours of natural cooling. During at least the last 2 hours of the heating period, a conductor temperature $\geq T_{cond,max}$ and a temperature drop across the insulation $\geq \Delta T_{max}$ shall be maintained for the cable with the lowest $T_{cond,max}$.

"48 hours" load cycles (for type test only) consist of at least 24 hours of heating followed by at least 24 hours of natural cooling. During at least the last 18 hours of the heating period, a conductor temperature $\geq T_{cond,max}$ and a temperature drop across the insulation $\geq \Delta T_{max}$ shall be maintained for the cable with the lowest $T_{cond,max}$. 48 hour load cycles are only required as part of the type test procedure to ensure that electrical stress inversion is well advanced within the cycle.

High Load (HL) High Load consists of a continuous heating period. Within the first 8 hours of the heating period conductor temperature $\geq T_{cond,max}$ and temperature drop across the insulation $\geq \Delta T_{max,}$, both referring to the cable with the lowest $T_{cond,max,}$ shall be achieved and maintained for the rest of the High Load test.

NOTE: If, for practical reasons, the specified temperatures can not be reached within the first 8 hours, a longer time can be used. This additional time shall not be constituted as being part of the test period.

Zero Load (ZL) No heating is applied.

Impulse Test Referring to the cable with the lowest $T_{cond,max}$ the conductor temperature $\geq T_{cond,max}$ and temperature drop across the insulation $\geq \Delta T_{max}$ shall be reached minimum 10 hours before voltage impulses (superimposed impulse, switching, lightning) are applied and shall be maintained throughout the duration of the test

Ambient temperature

Unless otherwise specified in the details for the particular test, tests shall be carried out at an ambient air temperature of (20 ± 15) °C.

2.6 Conditions for test

Polarity reversal test The voltage and temperature conditions are defined in **2.3 Definitions of Test voltages** and **2.5 Thermal conditions for tests** respectively. Starting with positive voltage, the voltage polarity shall be reversed three times every "24 hours" load cycle (evenly distributed) and one reversal shall coincide with the cessation of loading current in every "24 hours" load cycle. The recommended time duration for a polarity reversal is within 2 minutes.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

NOTE: If, for practical reasons, polarity reversals cannot be achieved within 2 minutes, the duration for polarity reversals shall be agreed between customer and supplier.

Superimposed impulse voltage test

Prior to the first impulse of each test, the test object shall be heated so that the temperature conditions as defined in **2.5 Thermal conditions for tests** are achieved for at least 10 hours and the test object shall have been subjected to U_0 (of the relevant polarity) for at least 10 hours. These conditions have been selected to reflect the electrical dynamics present within extruded insulations used for HVDC. Superimposed impulse voltage shall be applied according to the procedure given in Electra 189 [3].

Check on insulation

Prior to the electrical tests, the insulation thickness shall be measured by the method specified in IEC 60811-201 [15] on a representative piece of the length to be used for the tests, to check that the thickness is not excessive compared with the nominal value t_n declared by the manufacturer.

If the average thickness of the insulation on either cable does not exceed the nominal value by more than 5%, the test voltages shall be the values specified for the rated voltage of the cable.

If the average thickness of the insulation on either cable exceeds the nominal value by more than 5%, but not by more than 15%, the test voltage shall be adjusted by considering the following coefficient α to maintain the same level of average electric field, *e.g., a 10% increase in average insulation thickness shall be accounted for by a 10% increase in the test voltage*:

$$\alpha = \frac{t}{t_n}$$

t = measured average insulation thickness

t_n = declared nominal thickness

The cable lengths used for the electrical tests shall not have an average thickness exceeding the nominal value by more than 15%.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3 Development Tests

Development tests are carried out to prove the main electrical and non-electrical characteristics of the transition joint.

Details of such development tests shall be at the discretion of the manufacturer, examples of possible tests are given in the following clauses.

3.1 Electrical Development Tests

Electrical development tests can be adopted from the type test recommendations of this document, but may have increased test voltage levels. The duration of withstand tests as well as the number of impulses during impulse voltage test may be increased, too.

Examples for electrical development tests:

- An evaluation of the materials and processes employed. Such evaluations would normally include electrical resistivity assessments, breakdown tests and space charge measurements.
- An analysis of the electric stress distribution within the cable system insulation for a range of typical installation and loading conditions.
- An assessment of the long-term stability, possibly involving factory experiments to assess the ageing effects of various parameters, e.g., electrical stress, temperature, environmental conditions etc.
- An assessment of the sensitivity of the electric stress distribution to the expected variations in cable dimensions, material composition and process conditions (extrusion, post extrusion treatments and finishing).

If new types of conductor connections are used as part of the transition joint design, the necessity for development tests of such connections should also be considered.

Short circuit test on the sheath connection should be performed according to [16] [17]. The short circuit current and duration used need to be based on system calculations. This test could be omitted if the design has been tested at higher current and for longer duration.

3.2 Non-Electrical Development Tests

Non-electrical development tests are considered to demonstrate the sufficient tightness of the external transition joint housing as well as the pressure maintaining barrier insulators between the different insulating fluids.

During operation, joint housings and barrier insulators are subjected to hydraulic/gas pressure. Barrier insulators and related sealing systems may also be subjected to vacuum during the installation process. (Vacuum processing is often used during assembly work on paper-insulated cable accessories).

Examples for non-electrical development tests:

- Pressure test
- Vacuum leak test
- Thermo-mechanical test

4 Routine Test

4.1 Extruded Cable Side of the Transition Joint

The experience of using DC voltage for routine testing of accessories for DC cables is limited and the efficiency of DC testing for prefabricated accessories is arguable and has not been proven so far. It is the opinion of the WG that the DC test could be in principle a necessary test; however, it may not be sufficient to prove the quality of the

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

accessory, e.g. the presence of voids in the insulation after moulding. Testing with AC voltage could be considered as a supplementary test, provided that the material and design allows it.

Epoxy resin components are to be tested with AC voltage with PD detection according to procedures in IEC 62067/60840 [10, 11] at voltage levels corresponding to the size of comparable AC components.

The DC test voltage applied to the main insulation of each individual premoulded accessory shall be as specified under § 5.2 in TB 496 [1].The following additional tests may be carried out according to the quality assurance procedures of the manufacturer:

- AC voltage test, if applicable
- PD measurement, if applicable

4.2 Paper Cable Side of the Transition Joint

The hydraulic tests specified in IEC 60141-1 shall be made on each accessory to which the relevant clauses apply [18]. For very high internal pressure (>20 bar) the test margin should be agreed between customer and manufacturer.

Epoxy resin components should be tested according to **4.1 Extruded Cable Side of the Transition Joint**. If there are premoulded components, these should be tested according to **4.1 Extruded Cable Side of the Transition Joint**. Testing of epoxy resin components may be performed in a separate test setup without the presence of MI cable.

4.3 Test on external housing

It is recommended to perform leakage test/vacuum drop, gas leak and hydraulic pressure test as specified in IEC 60141-1/60141-3 [18].

5 Sample Test

Due to the small numbers of transition joints which are expected to be supplied under single orders, sample tests will not normally be appropriate.

Note: In special cases sample tests may be agreed between manufacturer and customer.

6 Type Test

6.1 General

The tests specified in this clause are intended to demonstrate the satisfactory performance of transition joints.

The type test may be omitted:

- As defined in the Range of Type Test Approval (see **6.2 Range of Type Test Approval**) or
- If the transition joint is a combination of existing type tested accessories.

An example is a back-to-back transition joint.

Note 1: If suitable paper-insulated cable is unavailable, type testing will not be possible, thus approval of a transition joint design is dependent on agreement between manufacturer and customer, subject to consideration of any relevant test data.

Note 2: In the event that breakdown occurs in the paper-insulated cable or within the joint and the primary cause is attributable to the quality of the paper-insulated cable then approval of a transition joint design is dependent on agreement between manufacturer and customer, taking into account the extent of tests passed and any other relevant test data.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6.2 Range of Type Test Approval

When a type test has been successfully performed on a transition joint for connecting cables of specific conductor cross-sections and of specific rated voltage and construction, the type approval shall be considered as valid for a transition joint within the scope of these test recommendations with other conductor cross-sections, rated voltages and with other cables provided that all the conditions of a) to h) are met:

a) The actual designs, materials, manufacturing processes and service conditions for the transition joint are in all essential aspects equal.

b) All service voltages, U_0, U_{P1}, $U_{P2,S}$ and $U_{P2,O}$ ($U_{RC,AC}$ and $U_{RC,DC}$ in case of return cable), are less than or equal to those of the tested transition joint.

c) The mechanical stresses for submarine transition joints to be applied during preconditioning are less than or equal to those of the tested transition joint.

d) The temperature of the conductors on both sides shall be less than or equal to the tested transition joint cables.

e) The maximum temperature drop across the insulation layer ΔT_{max} (excluding the semiconducting screens) on both cables is less than or equal to that of the tested transition joint cables.

f) The actual conductor cross-section is not larger than that of the tested transition joint cables.

g) The calculated Laplace electrical stress (using nominal dimensions) at the conductor and insulation screen is less than or equal to that of the transition joint cables.

h) A transition joint qualified according to this recommendation for LCC is also qualified for VSC provided the switching impulse withstand tests at $\pm U_{P2,S}$ voltage levels as specified in **6.4 Type Test Procedure - Switching impulse withstand test for cable system to be qualified for VSC** are carried out. A transition joint qualified according to this recommendation for VSC is not qualified for LCC.

A type test certificate signed by the representative of a competent witnessing body, or a report by the manufacturer giving the test results and signed by the appropriate qualified officer, or a type test certificate issued by an independent test laboratory, shall be acceptable as evidence of type testing.

6.3 Type Test Arrangement

The transition joint shall comply with the tests specified in **6.4 Type Test Procedure**. The minimum length of free cable between accessories shall be 5 m.

By definition, a transition joint includes 0.5 m of cable on the extruded side and 1 m of cable on the lapped side, as shown in Figure 1, measured from the point on the cables where no disassembling or dismantling for the purpose of installation of the joint has taken place.

As a minimum one sample of each transition joint type shall be tested.

The accessory shall be assembled on the cables in the manner specified by the manufacturer's instructions, with the grade and quantity of materials supplied, including lubricants and insulating fluids if any. There should be provision for measuring internal pressure of insulating fluid/gas during the test.

In units that are intended to operate with internal oil pressure, whether such pressure is from the cable system or a separate source, the maximum pressure during the test must not exceed the minimum design operating pressure +25% (as specified in IEC 60141-3 [18]). If the accessory includes a gas filled compartment then the gas pressure must be set so that at 20°C the pressure is no greater than the minimal functional pressure for insulation specified for the accessory +0.02MPa [2, 19].

Neither the cables nor the accessories shall be subjected to any form of conditioning not specified in the manufacturer's instructions, which might modify the electrical, thermal or mechanical performance.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

During electrical tests specified in **6.4 Type Test Procedure**, it is advisable to test joints with their outer protection fitted. If it can be shown that the outer protection does not influence the performance of the joint insulation, e.g. there are no thermal or compatibility effects, the protection does not need to be fitted.

6.4 Type Test Procedure

Test Voltage Values

Test voltage factor for extruded and lapped HVDC cables in TB 496 and Electra 189 is different for the load cycle and polarity reversal tests, even though the difference is small. Based on Electra 189, $1.8U_0$ and $1.4U_0$ respectively are chosen for the load cycle and polarity reversal tests of transition joints in order not to overstress the lapped insulation.

Note: If suitable paper lapped cable of the required insulation thickness is not available then it is allowed to use a cable with a greater insulation thickness and to reduce the insulation thickness in the region where the joint is to be installed to the required level. As an alternative it is also allowed to adjust the test voltages in order to achieve the required electrical stress values.

Load cycle test

The load cycle test shall be performed on test objects that have been subjected to the appropriate mechanical preconditioning. For testing of land joints, mechanical preconditioning of the cable is not mandatory. Submarine transition joints need to be tested according to the recommendations in Electra 171, which will be replaced by work done in WG B1.43 – Recommendations for mechanical tests on submarine cables.

The temperature conditions are defined in **2.5 Thermal conditions for tests.**

The cable with the lowest $T_{con,max}$ should be at the maximum conductor temperature and temperature drop over insulation (ΔT_{max}). The conductor temperature of the cable with the highest $T_{con,max}$ should be measured and used as a design criteria for the joint installation conditions (Note that one cable system could be operating at much higher temperature and the thermal influence of this may be difficult to replicate under test conditions see Appendix B). This means that the cable on one side of the transition joint under test may not have been qualified in this test to its maximum conductor temperature or ΔT_{max}. It is recommended to perform the joint bay engineering prior to performing the type test in order to define the relevant temperature conditions for the test.

The type test procedure is based on single core cables where the lay-out of the joint bay can be made to take into account the thermal influence from the two cable types. For multi core cables the cable cores may have to be split out before the transition joint in order to control the longitudinal temperature influence. For concentric cables with low voltage return insulation, the return conductor may have to be split out before the transition joint.

Load cycle test for cable system to be qualified for LCC

The test objects shall be subjected to the following conditions (definitions of “24 hours” load cycles and “48 hours” load cycles are described in **2.5 Thermal conditions for tests.**

Eight “24 hours” load cycles at negative polarity at U_T

Eight “24 hours” load cycles at positive polarity at U_T

Eight “24 hours” load cycles with polarity reversal cycles at U_{TP1}

Three “48 hours” load cycles at positive polarity at U_T

A minimum rest period of 24 hours without voltage, but with heating, is recommended between blocks of different polarities. This does not apply to the individual polarity reversals in the polarity reversal test.

Load cycle test for cable system to be qualified for VSC

The test objects shall be subjected to:

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Twelve “24 hours” load cycles at negative polarity at U_T

Twelve “24 hours” load cycles at positive polarity at U_T

Three “48 hours” load cycles at positive polarity at U_T

A minimum rest period of 24 hours without voltage, but with heating, is recommended between blocks of different polarities.

Superimposed impulse voltage test

The superimposed impulse voltage test is to be performed on test objects that have successfully passed the load cycle test.

The test procedure is described in **2.6 Conditions for test – Superimposed voltage test**.

Switching impulse withstand test for cable system to be qualified for LCC

the test object at U_0, 10 consecutive impulses to $-U_{P2,O}$

the test object at $-U_0$, 10 consecutive impulses to $U_{P2,O}$

Switching impulse withstand test for cable system to be qualified for VSC

the test object at U_0, 10 consecutive impulses to $U_{P2,S}$

the test object at U_0, 10 consecutive impulses to $-U_{P2,O}$

the test object at $-U_0$, 10 consecutive impulses to $-U_{P2,S}$

the test object at $-U_0$, 10 consecutive impulses to $U_{P2,O}$

Lightning impulse withstand test

If the intended installation of the cable system is such that it is not exposed to lightning strikes (direct or indirect), these tests need not be done. For transition joints included in long cable systems, attenuation of lightning impulse voltages from terminations to the joint location may be considered when lightning impulse test voltage for the joint is determined [20].

the test object at U_0, 10 consecutive impulses to $-U_{P1}$

the test object at $-U_0$, 10 consecutive impulses to U_{P1}

Subsequent DC test

After the successful completion of the impulse testing, the test object shall be subjected for 2 hours to a negative DC voltage of U_T, no heating.

A rest period prior to this test is acceptable.

Test of outer protection for joints

Cable joints intended for burial on land shall be subjected to the outer protection test specified in § 12.4 in IEC 62067 [11].

Examination

Examination of the transition joint, whenever possible, by dismantling, with normal or corrected vision without magnification, shall reveal no signs of deterioration which could affect the system in service operation (e.g. electrical degradation, corrosion, harmful shrinkage or leakage, in particular across any seal separating the extruded and oil filled cables).

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Success criteria, re-testing and interruptions

The criteria for a successful outcome to the type test are that all tests have been performed without breakdown of that test object and that all other non-electrical requirements have been complied with.

After any interruption, for example an interruption caused by external factors, the test may be resumed. If the interruption is longer than 30 minutes, the specific lost load cycle shall be repeated. If the interruption is longer than 24 hours, the actual test block ("24 hours" load cycles block at negative or positive polarity, "24 hours" load cycles block with polarity reversals, "48 hours" load cycles block under positive polarity) shall be repeated.

In case of deviations in test parameters during load cycles or superimposed impulse voltage test, the load cycle or the superimposed impulse in question shall be repeated.

In case of a breakdown of insulation, when testing several objects simultaneously, the faulty object may be removed and the incident treated as an interruption. The faulty object is considered to have failed the test requirements. Any fault within the extension (0.5m/1.0m for extruded and lapped side respectively) of a transition joint is considered to be associated with that test object only.

Leak Test

The vacuum leak test is to be performed as per manufacturer's instructions when applicable.

Pressure Test

Apply 2 times rated internal pressure for 1 hour. For very high internal pressure (>20 bar) the test margin should be agreed between customer and manufacturer. Leakage shall be detected at the end of this period by visual examination of the test specimen and by pressure drop. This test may be performed at the end of the type tests.

No leak or rupture shall occur.

Radial Water Penetration Test for joints

This test is only intended for submarine transition joints.

Preparation

The joint sample has to be taken from the joint subjected to mechanical tests, (see 8.6.1 and 8.6.2 in TB 490 [21]) and at least 10 heating cycles shall be applied. Each heating cycle consists of at least 8 hours of heating followed by at least 16 hours of cooling. Current heating shall be used to give the declared maximum conductor temperature for the cable with the lowest $T_{con,max}$ for that specific installation. The temperature shall be kept at the stated value at least 2 hours in the end of each heating cycle.

The test is to be performed on the pressurised part of the joint and not necessary to the whole joint body for rigid joints. The joint sample shall be suitably sealed at the cable ends by means of caps. The test sample shall be placed inside a pressure vessel.

Test

The test object is submerged in pressurised water corresponding to the specified maximum laying depth. The test continues for 48 hours with a water temperature of 5 – 35 °C.

When the test time has elapsed, the test object is removed from the water.

No water ingress should be present under the water blocking barrier of the joint.

No appreciable shape irregularity in the metal sheath.

Examination

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 01941/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/validacion-de-documentos

Examination of the transition joint, whenever possible, by dismantling, with normal or corrected vision without magnification, shall reveal no signs of deterioration which could affect the system in service operation (e.g. electrical degradation, corrosion, harmful shrinkage or leakage, in particular across any seal separating the extruded and oil filled cables).

7 Prequalification Test

7.1 General and Range of Prequalification Test Approval

The prequalification test is intended to indicate the long-term performance of the transition joint and should normally be completed after the development tests have been carried out. The prequalification test need only be carried out once, unless there is a substantial change in the transition joint with respect to materials, manufacturing processes, construction or design parameters. Substantial change is defined as that which might adversely affect the performance of the transition joint. The supplier shall provide a detailed case including test evidence if modifications are introduced, which are claimed not to constitute a substantial change.

NOTE: It is the opinion of the WG that the CIGRE TB 303 [22] can be regarded as a relevant document to assess the need for further prequalification testing or not. However, the HVDC extruded cable system technology is at present considered to be too immature to include the concept of “Extension of Qualification” in this document. As no prequalification test is required for the paper lapped side of the joint, the requirements below are focused only on the extruded side of the joint.

The prequalification test qualifies the manufacturer as a supplier of transition joints provided that the following conditions are fulfilled:

a. The transition joint is a back-to-back joint (Appendix A) with prequalification tested extruded insulation accessories.
b. The transition joint of the same design has been prequalified.
c. U_0 is not more than 10% higher than that of the tested cable system.
d. The calculated Laplace electrical stress at U_0 (using nominal dimensions) at the extruded cable insulation screen is less than or equal to that of the tested system.
e. The maximum conductor temperature $T_{cond,max}$ is less than or equal to that of the tested extruded cable system.
f. The maximum temperature drop across the insulation layer ΔT_{max} (excluding the semiconducting screens) is less than or equal to that of the tested extruded cable system.
g. A cable system prequalified according to this recommendation for LCC is also prequalified for VSC. A cable system prequalified according to this recommendation for VSC is not prequalified for LCC.

A prequalification test certificate signed by the representative of a competent witnessing body, of a report by the manufacturer giving the test results and signed by the appropriate qualified officer, or a prequalification test certificate issued by an independent test laboratory shall be acceptable as evidence of prequalification testing.

Note 1: If suitable paper-insulated cable is unavailable, prequalification testing will not be possible, thus approval of a transition joint design is dependent on agreement between manufacturer and customer, subject to consideration of any relevant test data.

Note 2: In the event that breakdown occurs in the paper-insulated cable or within the joint and the primary cause is attributable to the quality of the paper-insulated cable then approval of a transition joint design is dependent on agreement between manufacturer and customer, taking into account the extent of tests passed and any other relevant test data.

7.2 Summary of prequalification tests

A minimum of 5 m of cable on each side of the joint with a dielectric design suitable for practical applications shall be tested. Appropriate mechanical preconditioning may be considered before starting the prequalification test.

The normal sequence of tests shall be as follows:

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Long duration voltage test (see **7.4 Long duration voltage test**)

Superimposed impulse voltage test (see **7.5 Superimposed impulse voltage test (optional)**)

Examination (see **7.6 Examination**)

7.3 Test arrangement

Cable and accessories shall be assembled in the manner specified by the manufacturer's instructions, with the grade and quantity of materials supplied, including lubricants if any.

Note: *The main objective of the prequalification test is to satisfactorily demonstrate the insulation integrity during long time periods under DC, given the long dielectric time constants as compared to AC. It is however recognized that other aspects of a specific installation may be important, such as the thermo-mechanical effects due to the installation conditions. A rigid joint design should only be installed in rigid conditions to reproduce the net force effect resulting from different conductor cross sections at each side of the joint.*

Prior to the electrical prequalification test, the insulation thickness of both cables shall be checked as specified in **2.6 Conditions for test - Check on insulation.**

The minimum length of free cable between accessories shall be 5 m. One sample of each transition joint type shall be tested.

The accessory shall be assembled on the cables in the manner specified by the manufacturer's instructions, with the grade and quantity of materials supplied, including lubricants and insulating fluids if any. There should be provision for measuring internal pressure of insulating fluid in the lapped cable compartment during the test.

In units that are intended to operate with internal oil pressure, whether such pressure is from the cable system or a separate source, the maximum pressure during the test must not exceed the minimum design operating pressure + 25%. If the accessory includes a gas filled compartment then the gas pressure must be set so that at 20°C the pressure is no greater than the minimal functional pressure for insulation specified for the accessory +0,02 MPa.

Prequalification test done with a transition joint in rigid configuration qualifies the joint for use in rigid and flexible installation.

Neither the cables nor the accessories shall be subjected to any form of conditioning not specified in the manufacturer's instructions which might modify the electrical, thermal or mechanical performance.

7.4 Long duration voltage test

General: Minimum duration is 360 days.

Conductor temperature $T_{con,max}$ and temperature difference ΔT_{max} on the extruded side of the joint shall both be controlled to a level corresponding to the maximum current carrying capacity of the system. The temperature requirements of the lapped cable side might limit the current possible to apply in the test setup. If so, the conductor temperature and temperature difference of the extruded side should correspond to expected service conditions of the cable close to the transition joint (separation of the cables close to the transition joint will reduce the maximum operating temperature – see Appendix B). If possible, it is recommended to perform the joint bay engineering prior to performing the prequalification test in order to define the relevant temperature conditions for the test.

The sequence of tests for LCC and VSC are shown in the tables below.

Table 1: Line commutated converter, LCC

	LC	**LC**	**LC+PR**	**HL**	**HL**	**ZL**	**LC**	**LC**	**LC+PR**	**S/IMP**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Number of cycles or days	30 cycles	30 cycles	20 cycles	40 days	40 days	120 Days	30 cycles	30 cycles	20 cycles	Not applicable
Test Voltage	+	-		+	-	-	+	-		$U_{P2,O}$ = 1.2 x U_0
	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP2}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP2}	U_{P1} = 2.1 x U_0*

LC=Load Cycle, HL=High Load, PR=Polarity Reversal, ZL=Zero Load, S/IMP=Superimposed Impulse Test.

* If required

Table 2: Voltage source converter, VSC

	LC	**LC**	**HL**	**HL**	**ZL**	**LC**	**LC**	**S/IMP**
Number of cycles or days	40 cycles	40 cycles	40 days	40 days	120 days	40 cycles	40 cycles	Not applicable
Test Voltage	+	-	+	-	-	+	-	$U_{P2,O}$ = 1.2 x U_0
	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{TP1}	U_{P1} = 2.1 x U_0*

LC=Load Cycle, HL=High Load, ZL=Zero Load, S/IMP=Superimposed Impulse Test.

* If required

Sections **2.5 Thermal conditions for tests** and **2.6 Conditions for test** provide guidance on test conditions.

Note: *Ambient conditions may vary during the test and this is not considered to have any major influence. In such cases, the conductor current shall be adjusted to maintain the conductor temperature and temperature drop across the insulation within the specified limits.*

The length and sequence of the thermal conditions were selected with regard to the particular electrical effects that can occur in extruded insulations when operated under DC voltage.

A minimum rest period of 24 hours without voltage, but with heating, is recommended between blocks of different polarities. This does not apply to the individual polarity reversals in the PR blocks of the LCC test scheme.

7.5 Superimposed impulse voltage test (optional)

It is the opinion of the WG that the prequalification test should not be evaluated on the basis of the impulse level. The aim of the superimposed impulse test after the long duration test is only to check the integrity of the insulation system. Evaluation of available specifications for different projects show that the values of $U_{P2,O}$ and U_{P1} vary between the different projects. In this respect, and based on the recorded experience, the impulse voltage values to be considered for the prequalification test have been defined as follows:

$U_{P2,O} = 1.2 \times U_0$

$U_{P1} = 2.1 \times U_0$ (if required). The voltage may be limited by the LIWL of the lapped cable. If so, U_{P1} should be adjusted accordingly.

Project specific requirements regarding impulse levels should be covered by the electrical type test (**6 Type Test)**.

The temperature conditions are defined in **2.5 Thermal conditions for tests**.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

The transition joint shall withstand without failure 10 positive and 10 negative superimposed switching impulses at the voltage levels $U_{P2,O}$.

If by agreement between supplier and customer a lightning impulse test is also to be performed, the transition joint shall withstand without failure 10 positive and 10 negative superimposed lightning impulses at the voltage level U_{P1}.

7.6 Examination

Examination of the transition joint, whenever possible, by dismantling, with normal or corrected vision without magnification, shall reveal no signs of deterioration which could affect the system in service operation (e.g. electrical degradation, corrosion, harmful shrinkage or leakage, in particular across any seal separating the extruded and oil filled cables).

7.7 Success criteria, re-testing and interruptions

The criteria for a successful outcome of the prequalification test are that all tests shall have been performed without breakdown of that test object and that the system examination is in accordance with **7.6 Examination**.

If there is a breakdown in a test object the complete prequalification test shall be repeated for that particular test object.

If a breakdown of a test object occurs, causing an interruption to the ongoing testing of connected test objects, the test may be resumed after the failed test object is removed. The actual load cycle or impulse during which the failure occurred shall be repeated for the remaining test objects. If breakdown occurs during a constant load period the time elapsed without voltage applied shall be added to the remaining test period.

After any interruption, for example an interruption caused by external factors, the test may be resumed. If the interruption is longer than 30 minutes, the specific lost load cycle shall be repeated. If the interruption occurs during a constant load period and is longer than 30 minutes, the day the interruption occurred shall be repeated.

8 Electrical Test after Installation

Tests on newly installed transition joints are carried out when the installation of the cable and its accessories has been completed.

If required, both sides of the transition joint may be tested separately according to the relevant standard before the transition joint is installed.

The test voltages recommended for general use should be limited to the lowest test voltage for the two cable system, $1.4U_0$ negative polarity for 15 minutes, however test regimes should be evaluated on an individual basis to take into account the condition of an existing cable system.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

References

[1] CIGRE Technical Brochure 496, Recommendations for Testing DC extruded Cables Systems for Power Transmission at Rated Voltage up to 500 kV, 2012.

[2] CIGRE Technical Brochure 415, Test Procedures for HV Transition Joints for Rated Voltages 30 kV up to 500 kV, 2010.

[3] CIGRE Electra 189, Recommendations for tests of power transmission dc cables for rated voltages up to 800 kV, 2000.

[4] CIGRE Technical Brochure 89, Accessories for HV extruded cable. Types of accessories and terminology, 1994.

[5] CIGRE Technical Brochure 177, Accessories for HV cables with extruded insulation, 2001.

[6] CIGRE Electra 176, Diagnostic Methods for HV Paper Cables and Accessories, 1998.

[7] Ongoing work, CIGRE WG B1.37, Guide for operation of fluid filled cable systems.

[8] CIGRE Technical Brochure 279, Maintenance for HV Cables and Accessories, 2005.

[9] CIGRE Technical Brochure 560, Guideline for Maintaining the Integrity of XLPE Cable Accessories, 2013.

[10] IEC 60840, Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV (Um=36kV) up to 150 kV (Um=170kV) - Test methods and requirements, 2004.

[11] IEC 62067, Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 kV (Um=170 kV) up yo 500 kV (Um=550 kV) - Test methods and requirements, 2011.

[12] IEC 60633, Terminology for high-voltage direct current (HVDC) transmission, 1988.

[13] CIGRE Technical Brochure 269, VSC Transmission, 2005.

[14] IEC 60060-1 Ed. 3, High-voltage test techniques. Part 1: General definitions and test requirements, 1989.

[15] IEC 60811-201, Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials - Part 20: General tests - Measurment of insulation thickness, 2012.

[16] CIGRE Technical Brochure 446, Advanced design of metal laminated coverings: Recommendation for tests, guide to use, operational feedback, 2011.

[17] IEC 61901, Development tests recommended on cables with a longitudinally applied metal foil for rated voltages above 30 kV (Um = 36 kV), 2005.

[18] IEC 60141, Tests on oil-filled and gas-pressure cables and their accessories, 1998.

[19] IEC 60859, Cable connections for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kV and above - Fluid-filled and extruded insulation cables - Fluid-filled and dry type cable-terminations, 1999.

[20] CIGRE Technical Brochure 268, Transient voltages affecting long cables, 2005.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

[21] CIGRE Technical Brochure 490, Recommendations for Testing Long AC Submarine Cables with Extruded Insulation for System Voltage above 30 (36) to 500 (550) kV, 2012.

[22] CIGRE Technical Brochure 303, Revision of Qualification Procedures for HV and EHV AC Extruded Underground Cable Systems, 2006.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

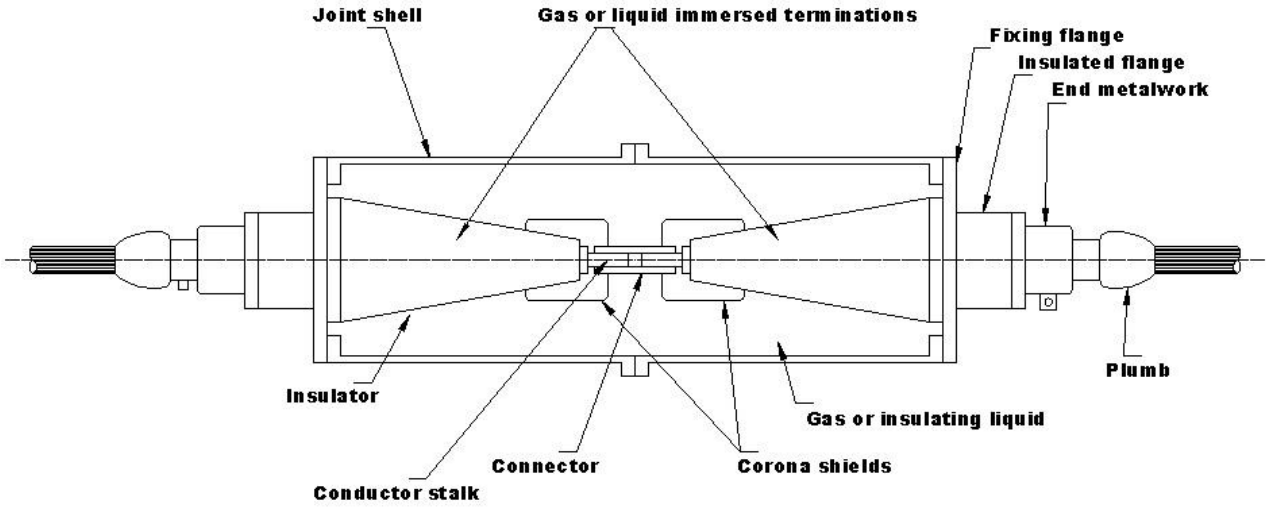
Appendix A: Back-to-back Transition Joint with two insulators

The transition joint as shown in Figure A-1 comprises either:

a) Two GIS terminations in a common joint shell or

b) two oil immersed terminations in a common joint shell.

The terminations are in back-to-back arrangement and connected with a short length of bus bar. In the case of GIS terminations the joint shell is filled by insulating gas (either with SF_6 gas or mixture of SF_6 gas and nitrogen). In the case of oil immersed terminations either cable oil, transformer oil or other insulating oil is used [4] [5].



.

Figure A-1: Back-to-back transition joint with (2) insulators

Features

Extruded and lapped cable terminations are identical to terminations used in either SF_6 switchgear or transformer applications and therefore further approval testing should not be necessary.

Current carrying connection between two terminations may be specific to transition joint, in which case this may need separate evaluation.

The electrical field design in the central region may be specific to the transition joint, however this may be assessed by electric field calculations if adequate test data is available.

In the case of gas, a gas supply is required, and in case of oil the oil may be connected to the cable oil system or alternatively a header tank of some type could be used. Both systems would normally require some sort of fluid loss alarm.

In special cases, the bus bar connection can be designed so that the two cables may be disconnected allowing independent high voltage commissioning tests on the two cables.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Appendix B: Temperature distribution in transition joints with dissimilar cable insulation

The transition joints may be used to connect cables with XLPE or paper insulation operating at significantly different temperatures. To evaluate the likely distance over which the temperature may stabilize in a generic HVDC joint configuration a simplified model was built in a 2D axisymmetric configuration.

It is well known that heat flows from the point of high temperature to a point of low temperature along a uniform conducting bar with homogeneous material properties. Cable rating is fully covered in IEC60287 although joint bay ratings are not and are further complicated by sections of higher thermal radial resistance at the joint positions leading to localized increase in temperature.

The diagram below represents an HVDC transition joint bay with two identical cable poles.

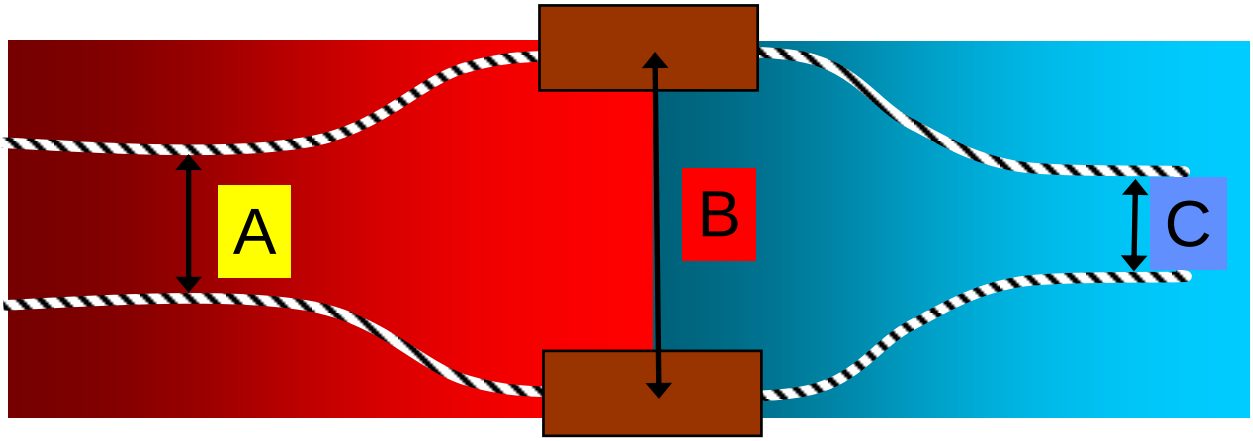


Figure B-1 : HVDC Joint bay layout

This configuration can be further simplified by removing the mutual heating element due to the second cable which can be reconstituted by temperature superposition. The distance between the cables has direct impact on the operating temperature. The type approval test has to replicate the maximum temperature conditions, the cable on

If A is a cable system operating at a higher temperature than C	It therefore follows the spacing has to be adjusted so that by the time the cables are at B, the temperature is as for C plus a further temperature drop for the joint insulation TR	The temperature at B should already be the same as at C

Table B-1: Zones in Figure B-1

site has to match these conditions or the spacing has to be increased to confine the conditions to what is within the specification. For example an XLPE cable system at position A may be able to operate at 90 ºC whereas an MI cable system at B could have a maximum operating temperature of 50 ºC. It is uncertain how the longitudinal heat flow would affect the temperature distribution and over what distance.

A series of models was run using Finite element software to evaluate the longitudinal heat flow based on volumetric heat generated in the conductor and adjusted to match the maximum operating temperature of the cables.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

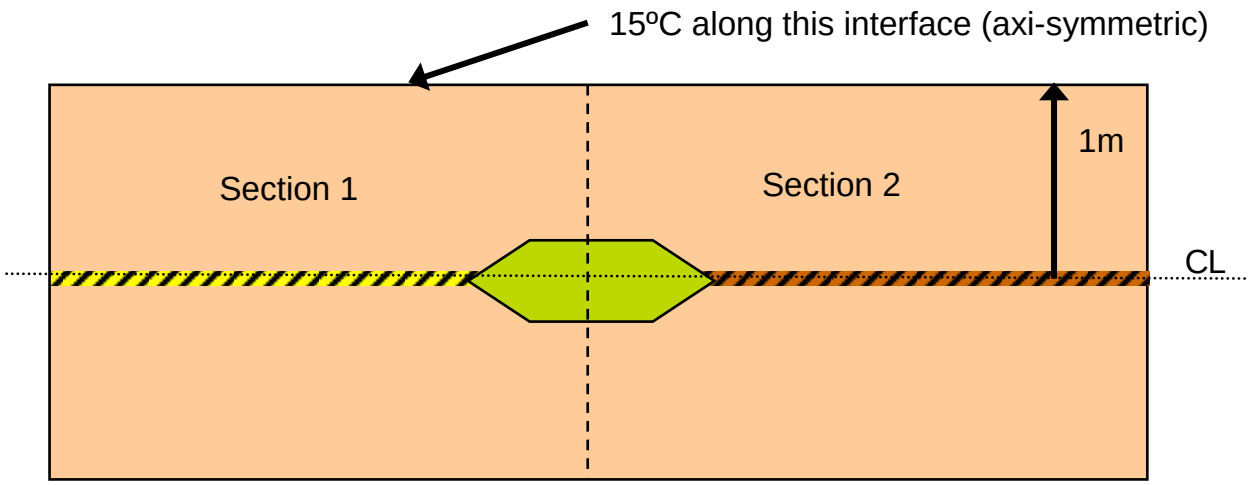


Figure B-2: Individual HVDC cable and joint FEA model

The other key parameters for the model are:

- Subsea Transition simulated at 1000mm depth and @1K.m/W
- Armour stripped off
- Epoxy Resin joint body
- Length of model 10m
- 1000sqmm Cu to 1600sqmm Cu transition shown
- On approach cable temperatures at maximum (but would be lower due to increased spacing)
- Joint centre at 5m

The following scenarios were modelled:

Section 1 (1000sqmm)	Section 2 (1600sqmm)
XLPE (70ºC)	MI (50 ºC)
XLPE (90 ºC)	MI (50 ºC)
PPL MI (85 ºC)	XLPE (70ºC)

Table B-2: FEA section parameters

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

The Figure B-3 shows the results of the model applied to a XLPE to MI transition. The XLPE cable outside of the joint bay will be operating at almost maximum conductor temperature, this is at the point A of Figure B-1. The

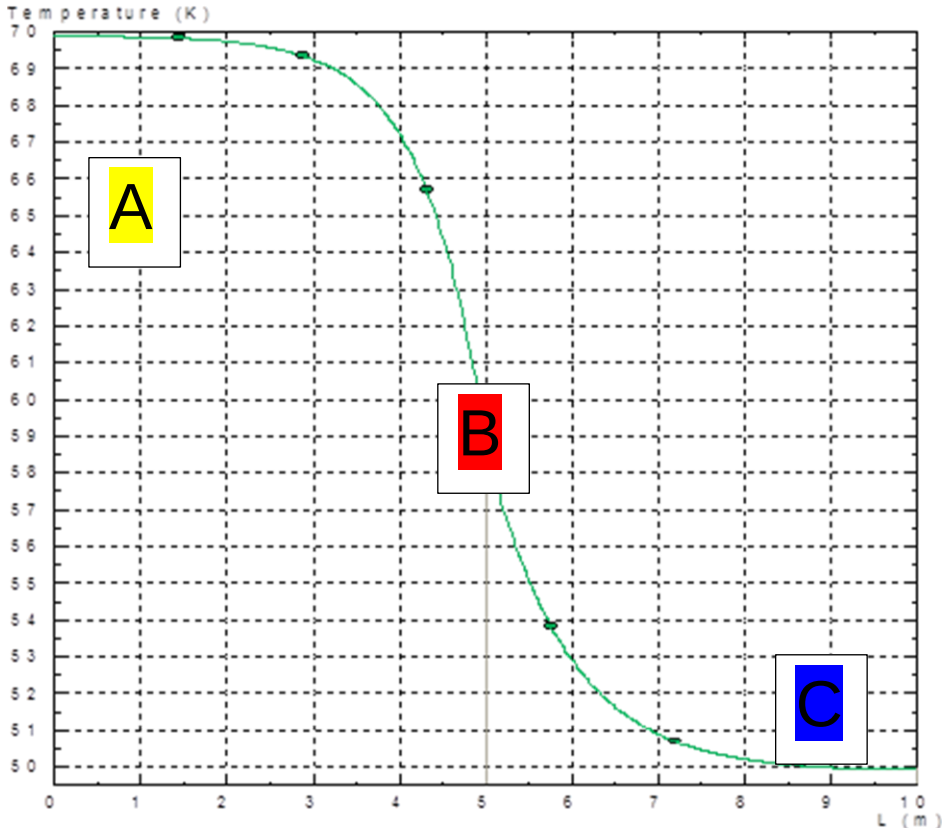


Figure B-3 : Example figure XLPE (70 ºC) connected to MI (50 ºC)

temperature drops as the spacing between the two phases is increased but in this instance due to the longitudinal flow from the smaller XLPE conductor (1000mm^2 Cu) to a much bigger MI conductor (1600mm^2 Cu). Small increase in temperature is also expected in the middle of the joint due to the extra radial thermal resistance but in this instance the size of the conductors negates this effect. The temperature on the MI side of the joint from the 5m point onwards fall off to the 50 ºC as the heat flux is redistributed further up the MI cable.

In a full 3D rating, the phase separation would be increased to further reduce the temperature at the centre of the joint to a maximum of 50 ºC. The FEA was able to demonstrate that within 5-9m the longitudinal flow stabilises the temperature to within acceptable levels for mainstream conductor sized but specific 3D ratings will always be necessary to confirm the exact site situation.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Appendix C: Terms of Reference

WG* N° B1.42	**Name of Convenor :** Gunnar Evenset (NORWAY) **E-mail address**: Gunnar.Evenset@Powercc.no
Technical Issues # (2): 3	**Strategic Directions # (3): 1**
The WG applies to distribution networks (4): No	
Title of the Group: TESTING OF TRANSITION JOINTS BETWEEN HVDC CABLES WITH LAPPED AND EXTRUDED INSULATION UP TO 500 KV	

Scope, deliverables and proposed time schedule of the Group :

Background :

Although the extruded HVDC cable technology is developing very fast, lapped HVDC cables will still be on the market for many years. There are projects that consider mass-impregnated cables for the submarine part of the route and extruded cables for the land part of the route. There is a need to define test specifications for how to qualify transition joints between these two technologies.

Scope :

1. Review relevant test recommendations for testing of HVDC cables
2. Review relevant test recommendations for testing of transition joints for AC cables
3. Prepare a Technical Brochure on testing of transition joints between lapped and extruded HVDC cables
4. Prepare report for Electra
5. Prepare a tutorial

Deliverables : Technical brochure with summary in Electra and tutorial

Time Schedule : start : August 2012 **Final report** : 2014

Comments from Chairmen of SCs concerned :

Approval by Technical Committee Chairman :
Date :

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

623

RECOMMENDATIONS FOR MECHANICAL TESTING OF SUBMARINE CABLES

Working Group B1.43

June 2015

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622 2M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

RECOMMENDATIONS FOR MECHANICAL TESTING OF SUBMARINE CABLES

WG B1.43

Members

M. JEROENSE (CONVENER) (SE), G. CLASEN (SECRETARY FIRST HALF) (NO), S. KRÜGER OLSEN (SECRETARY SECOND HALF) (DK), S. ANTON (DE), M. BOEDEC PART OF TIME REPLACED BY D. DUBOIS (FR), C. BRADLEY (GB), J. BUSBY (US), G. GEORGALLIS (GR), D. ISUS (ES), T. KOUTI (FI), A. MACPHAIL (CA), G. MIRAMONTI PART OF TIME REPLACED BY R. DE GASPARI (IT), J. PRIETO MONTERRUBIO (ES), TAKENORI NAKAJIMA (JP), R. STOLAN (NO), K. SUNG-YUN (KR), A. TYRBERG (SE)

INVITED EXPERTS

N. BOUDINET (FR), L. GUIZZO (IT), G. LAVECCHIA (IT), L. THEODULE (FR)

CORRESPONDING MEMBERS

E. BERGIN (IE), C. JIANKANG (CN)

Copyright © 2015

"Ownership of a CIGRE publication, whether in paper form or on electronic support only infers right of use for personal purposes. Are prohibited, except if explicitly agreed by CIGRE, total or partial reproduction of the publication for use other than personal and transfer to a third party; hence circulation on any intranet or other company network is forbidden".

Disclaimer notice

"CIGRE gives no warranty or assurance about the contents of this publication, nor does it accept any responsibility, as to the accuracy or exhaustiveness of the information. All implied warranties and conditions are excluded to the maximum extent permitted by law".

ISBN: 978-2-85873-326-2

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Recommendations for mechanical testing of submarine cables

Table of Contents

1 INTRODUCTION 5
1.1 Background 5
1.2 Terms of Reference 5
1.3 Scope 6

2 DEFINITIONS 7

3 MECHANICAL HANDLING OF SUBMARINE CABLES 10
3.1 Risk of Mechanical Damage during a Cable's Life Cycle 12
3.2 Submarine Cable Loading and Transportation 12
3.3 Submarine Cable Laying 13
3.4 Submarine Cable Protection Techniques 20
3.5 Submarine Cable Operation and Maintenance 27
3.6 Submarine Cable Repair 30
3.7 Dynamic Submarine Cables 31

4 GENERAL ASPECT OF MECHANICAL TESTING 35
4.1 Summary of Type Tests 35
4.2 Test Conditions 38
4.3 Characteristics of Cable Design / Installation Methods 38
4.4 Test Tension 39

5 TYPE TESTS 42
5.1 Coiling Test 42
5.2 Tensile Bending Test 44
5.3 Pressure and Water Penetration Tests on Paper Lapped Cable Types 48
5.4 Pressure and Water Penetration Tests on Extruded Cable Types 49
5.5 Tensile Test 51
5.6 Full Scale Fatigue Test – Dynamic Cables 52

6 PROJECT SPECIFIC TESTS AND SPECIAL TESTS 54
6.1 Introduction 54
6.2 Bending Test Without Tension 55
6.3 Crush Test 55
6.4 Crush Test for Long Term Stacking 57
6.5 Sidewall Force Test 57
6.6 Impact Test 60
6.7 Pulling Stocking Test 63
6.8 Handling Test for Rigid Joint 64
6.9 Sea Trial 65
6.10 Tensile Characterisation Test 66
6.11 Friction Coefficient Test 67

7 BIBLIOGRAPHY / REFERENCES 69

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ANNEXES 71
ANNEX 1 – CALCULATION OF TEST FORCES 71
1 INTRODUCTION 71
2 BACKGROUND 71
3 CHANGES COMPARED TO ELECTRA 171 72
3.1 Water Depth 0 – 500 m 72
3.2 Water Depth > 500 m 73
4 BACKGROUND TO EQUATIONS 75
4.1 Equation 1 75
4.2 Equation 2 76
4.3 Dynamic Tension 76
5 COMPARING CALCULATED TENSION WITH MEASUREMENTS 81
5.1 Very Deep Installation 81
5.2 Moderate Installation Depth 82
6 COMPARING CALCULATED TENSION WITH NUMERICAL SIMULATIONS 83
6.1 Vertical Velocity of Sheave 83
6.2 Bottom Tension 85
6.3 Water Depth 85
ANNEX 2 – CATENARY EQUATION 87
1.1 Catenary Parameters 87
ANNEX 3 – CABLE ROUTE SURVEY 89
1.1 Desktop Study 89
1.2 Marine Survey 89
1.3 Inspection Techniques during Laying 92
1.4 Maintenance Checks 92

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

EXECUTIVE SUMMARY

Introduction

This technical brochure covers a set of informative chapters that describe an overview of the mechanical handling of the submarine cables throughout their life cycle as well as a set of normative chapters that describe the tests that are recommended or may be considered. The scope of the recommendation are cable systems intended to be used in AC and DC power transmission systems with rated voltages above 30 (36) kV AC or 60 kV DC. It is the opinion of the WG that the TB can also be used for voltages down to 6 (10) kV AC or 10 kV DC.

The technical brochure is applicable for extruded cable systems, MI cable systems as well as oil-filled cable systems. The brochure has not been written specifically for gas-filled cables, although it cannot be stated that all or certain parts of the brochure are non-applicable in that case. The technical brochure covers both shallow and deep sea installations.

The aim of the work was to improve the Electra 171 recommendation in the light of increased experience, increased maximum installation depth and increased number of application areas of submarine cable systems. The work has mainly been based on the following recommendations and brochures:

- Electra No. 171 article, Recommendations for mechanical tests on submarine cables
- CIGRE Technical Brochure, TB 490, Recommendations for Testing of Long AC Submarine Cables with Extruded Insulation for System Voltage above 30 (36) to 500 (550) kV

Introduction of New Tests

The reader who is familiar with Electra 171 will recognize tests in this brochure that are recommended under type test conditions, e.g. coiling test, tensile bending test, etc. This brochure has added a chapter with additional tests that can be considered because of the following reason.

If experienced design values are exceeded or there are major differences in conditions with regards to; loading, installation, operation, repair or cable handling, then special considerations and/or additional tests may be required.

It is only in specific cases that one or more project specific tests and special tests for engineering purposes may be needed. It is not the intention that project specific tests and special tests are automatically part of testing regime for all submarine cable systems. These tests are more the exception to study and are performed to address project specific issues, or for engineering information.

Examples of additional tests, or as it is defined in this brochure – project specific tests and special tests are:

- Crush test
- Sidewall force test
- Impact test
- Pulling stocking test

Conclusions

The working group has been in service for a little more than 3 years. The work started with analysing existing recommendations as published in Electra 171, CIGRE technical brochure TB 490 and other related standards and identifying areas that were not fully covered or needed to be amended. The result is this brochure which has both a descriptive and a normative (test) part. In addition to the type tests a new set of tests were added to be considered in special installation cases. The means of calculations of forces has

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

been thoroughly analysed using analytical methods, FEM based calculations for verifications purposes and some measured forces from actual installations.

All parts of the submarine cable system were considered. Tests were defined reflecting mechanical aspects during the whole life cycle of the cable system.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

1 Introduction

This brochure is divided into two principal parts: one part describes the general background of mechanical handling of cables throughout the life cycle and the general aspects of testing in relation to handling (chapters 3 and 4); the other part describes the tests that are recommended or may be performed (chapters 5 and 6).

1.1 Background

Several documents concerning recommendations for tests on submarine cables have been issued over the years under the responsibility of the CIGRE Study Committee B1. In 1980 the document titled "Recommendations for mechanical tests on sub-marine cables" was published in Electra No 68 [1]. The field of application was defined as a rated voltage U_0 of higher than 36 kV AC or 100 kV DC. It was also stated that the recommendations were primarily meant for single or 3-core paper-insulated cables for AC voltages. For DC cables it was mentioned that the reader should refer to the CIGRE document as published in Electra No 32, 1974 [2]. This document describes the test procedures for DC cables. The reference to the mechanical tests was very briefly confined in a note: "Note: in the case of submarine cables, special mechanical tests may be agreed upon."

After 1980, several deep sea and large submarine cable links were installed and as a consequence the experience of cable installations was increased. At that time it was recognised that the computed test forces according to the Electra No 68 document differed in some cases from the actual tension during laying and recovery. For these reasons the SC 21 (as the SC B1 was named at that time) decided in the Sydney meeting in 1993 to revise the recommendations. The work was done in the WG 21.02 and resulted in the document published in the Electra No. 171 article in April 1997 [3], titled "Recommendations for mechanical tests on sub-marine cables". The field of applications in terms of voltages remained the same, although the limitation to paper-insulated cables was removed in this version. And the use of the recommendations for both AC and DC cables was explicitly stated.

The number and scope of submarine cable installations has increased ever since and it is expected to increase even more in the future. It was also judged that the application areas are diversifying (offshore wind farms, floating platforms, etc.) and that the maximum installation depth is also increasing. These facts were recognised by SC B1 during the late 2000's, subsequently initiating preparation of terms of reference for a new WG to update the Electra No. 171 document. Preparation of the terms of reference for the new WG was carried out by a Task Force within WG B1.27 and resulted in WG B1.43 being set up.

This technical brochure is a result of the work of WG B1.43. The TB is divided into two parts, a descriptive part and a test part. The descriptive part aims to give the reader some basic background information. For further reading the TB 610 from WG B1.40 titled "Offshore generation cable connections" [4] is recommended. The test part has revised the tests recommended by the Electra 171 document, makes references to the TB 490 for certain tests on extruded cables and proposes a set of tests for special projects and for information purposes.

1.2 Terms of Reference

Within the Working Group B1.27 "Recommendations for testing of long AC submarine cables with extruded insulation for system voltages above 30(36) to 500(550) kV" [5], the Terms of Reference of the WG B1.43 that resulted in this technical brochure were defined. These Terms of Reference were as outlined below and it is the conclusion of Working Group B1.43 that all issues have been covered by this new technical brochure.

Terms of Reference:

1. Cover both impregnated paper cables and extruded cables (AC and DC) including a review of cable installation methods and cable protection for submarine cables
2. Examination of relevant IEC standards, CIGRE recommendations and standards from the offshore industry (e.g. umbilical testing)

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3. Assess the risk for mechanical damage during installation and cable protection
4. Assess the risk for mechanical damage after installation (anchoring, drag-net fishing, pile driving)
5. Calculation of tensile tests to be updated and a more detailed background to be described to the selected factors (security factors and torsion as well as dynamic forces)
6. Propose test methods to cover:
    a. Dynamic cable system installations
    b. Very deep sea installations (including extruded cables)
    c. Impact tests
7. Consider the heat cycling influence on the metallic sheath and evaluate possible test methods
8. Update/introduce mechanical tests for rigid joints
9. Consider tests with for free-spans, strumming
10. Consider tests for the cable interaction with e.g. J-tubes, bend restrictors etc.

The WG should not specifically consider umbilicals but should look in general at umbilical power cables.

1.3 Scope

This technical brochure applies to cable systems intended for use in AC and DC power transmission systems with rated voltages above 30 (36) kV AC or 60 kV DC. It is the opinion of the WG that the TB can be used even for voltages down to 6 (10) kV AC or 10 kV DC.

The technical brochure is applicable for extruded cable systems, MI cable systems and fluid-filled cable systems. The brochure has not been written specifically for gas-filled cables, although it cannot be stated that all or certain parts of the brochure are non-applicable in that case.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2 Definitions

In this section definitions of some commonly used terminology are provided and are in agreement with TB490, “Recommendations for testing of long AC submarine cables with extruded insulation for system voltage above 30 (36) to 500 (550) kV” [5]. Test definitions are also in agreement with IEC 60840 [6] and IEC 62067 [7].

Submarine cable system
An AC or DC, HV or EHV submarine cable system may consist of submarine cable(s), termination(s) and different type of joints.

Dynamic cable
Cable designed for dynamic loads during the operational life of the cable. The dynamic loads result directly or indirectly from wind, waves and current. A dynamic cable is designed to ensure that the cable has sufficient fatigue life. Typically, a dynamic cable is hanging from a host facility down to the seabed.

Static cable
Cable designed for static application after installation. The loads induced by wind, waves and current will not introduce significant dynamic response in a static cable during operation.

Factory Joint
A factory joint is manufactured prior to the armouring operation so that the section of cable containing the joint is continuously armoured without any discontinuity of the armour wires in the vicinity of the joint. The factory joint is generally fully flexible with the same handling restrictions as the original cable.

Field Joint
A field joint is a joint made on board a cable laying vessel or barge or in the beach area, between cable lengths which have been armoured. They are generally used to connect two delivery lengths offshore. The design principles of field joints are the same as for repair joints and are treated as such.

Repair Joint
A repair joint is a joint between cable lengths that have been armoured. They can be used for repairing a damaged submarine cable or for jointing two delivery lengths offshore or in the factory. A repair joint can be either flexible or rigid.

Flexible joint
A flexible joint can be handled with the ordinary cable handling machinery and has the same limitations on bending radius and tension as the cable.

Flexible joint with some mechanical restrictions
A joint that can be bent to the same or greater bending radius as the cable and/or with reduced tension.

Rigid joint
A rigid joint is a joint between two cable lengths that have been armoured. The rigid joint is normally performed as a field joint. The rigid joint cannot undergo bending and cannot be handled with the ordinary cable handling machinery. It must be deployed with special equipment such as a crane or similar. Bend stiffeners or bend restrictors are normally used to protect the cable from over bending at the interface to the rigid joint housing.

Internal Design of Joint
Whether the joint is rigid or flexible, single-core or three-core, it has an electrical function based on the design principles of transferring the current, of controlling and withstanding the electrical stresses, of screening the joint electrically and protecting the insulation system from moisture ingress. These design principles are attributed to the internal design of the joint.

External Design of Joint
Whether the joint is rigid or flexible, single-core or three-core; it has a mechanical function based on the design principles of withstanding the impact from the surroundings, of withstanding (in some designs) the mechanical bending, and of withstanding the mechanical tension and torsion during laying and operation. These design principles are attributed to the external design of the joint.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Manufactured Length
A manufactured length is a complete production run or a part thereof. It normally does not contain any factory joints, but during a failure in routine testing, a factory joint may be part of the manufactured length. A manufactured length has normally not any armour but may contain armour.

Delivery Length
A delivery length may be one or more manufactured lengths joined with factory joints. A delivery length is typically the intended shipping length of the submarine cable.

Long Length
The definition of what constitutes a 'Long' length is somewhat subjective. In general, underground cables are supplied on individual delivery lengths of a thousand metres, which are easily transportable. The manufactured or delivery lengths of submarine cables can be more than one hundred kilometres, which are beyond the capacity of individual transportable drums. They are commonly moved from the factory production line directly onto a very large turntable outside the factory, or onto a cable laying vessel. The considerably greater manufactured or delivery lengths of submarine cables imposes a range of practical difficulties on the testing of such submarine cables in accordance with current IEC standards for HV and EHV underground cables.

For the purposes of this document, a 'long' length is considered to be:

- a cable delivery length which includes one or more factory joints, or
- a cable delivery length for which the electrical characteristics make the carrying out of high voltage tests and partial discharge tests strictly in accordance with IEC 60840 [6]/IEC 62067 [7]/IEC 60885-3 [8] impractical in factory test facilities or on site, or
- a cable delivery length which cannot be accommodated on an individual transportable drum suitable for moving around the factory to the appropriate test facilities

Routine tests
Tests made by the manufacturer on all manufactured components (length of cable or accessory) to check that the component meets the specified requirements.

Sample tests
Tests made by the manufacturer on samples of complete cable or components taken from a complete cable or accessory, at a specified frequency, so as to verify that the finished product meets the specified requirements.

Type tests
Tests made before supplying on a general commercial basis a type of submarine cable system in order to demonstrate satisfactory performance characteristics to meet the intended application. Once successfully completed, these tests need not be repeated, unless changes are made in the cable or accessory with respect to materials or design or manufacturing process, which might change the performance characteristics.

Project specific tests and special tests
Tests that may be performed, if experienced design values are exceeded or there are changes in the conditions related to for instance handling, installation or operation that are not covered by the type tests. The tests can also be a characterisation test, which is performed to measure specific properties of the cable system. The results of the characterisation test are used for engineering purposes and are not subjected to acceptance criteria.

Factory Acceptance Test (FAT)
Tests made by the manufacturer on the completed cable to check that each length meets the specified requirements. These tests are often carried out in the presence of the customer.

Electrical tests after installation
Tests made to demonstrate the integrity of the cable system as installed.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Significant wave height, H_s
Parameter used to describe the wave height in a stationary irregular sea state. Traditionally defined as the average wave height (trough to crest) of the highest third of the waves.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3 Mechanical Handling of Submarine Cables

In this chapter general information and recommendations are supplied on typical loading, transport, laying, protection, operation and repair. This information serves as an introduction to the physical effects and parameters for the testing and calculation parts of this technical brochure.

Cable parameters like maximum pulling tension, minimum bending radius, minimum coiling height and diameter, maximum sidewall pressure and maximum crush force must not be exceeded.

In the following Table 1 typical mechanical forces and other factors that apply to submarine cable are listed. It is important to note that the phenomena mentioned in Table 1 are not necessarily a threat to the cable system, as it may already have been considered in the design of the cable system, in the installation methods and in the protection system adopted.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Table 1 Informative overview over mechanical phenomena and their occurrence.

		LOADING	INSTALLATION				OPERATION									REPAIR			
MECHANICAL PHENOMENON	Reference in this technical brochure	Loading and/or storage	Shore landing and entrance to platform	Main cable lay with laying equipment	Movement of vessel when laying is stopped	Cable protection and crossings	Entrance to platform	Anchors / fishing	Cables with free spans	Crossings	Cable in normal operation	Movement of cable induced by wave or current	Movement of seabed	Dynamic cable	Ice and earthquake	Pull up	Uncovering	Movement of vessel during repair	Laying of repair joints
Torsion (e.g. during coiling and laying)	5.1	X	X	X										X		X			X
Tensile bending	5.2		X	X	X											X		X	X
Radial water pressure/penetration	5.3, 5.4										X			X					X
Longitudinal water penetration	5.4							X											
Tensile force	5.5, 6.10		X	X	X		X	X			X		X	X	X	X		X	X
Bending without tension	6.2	X				X								X					X
Crush (radial squeeze), short term or long term	6.3, 6.4	X		X	X										X	X			
Sidewall force	6.5	X	X	X	X				X							X		X	X
Impact (mechanical, external)	6.6					X		X			X				X		X		
Bending fatigue	3.3.6, 5.6				X				X			X		X				X	
Abrasion (sharp point, sand/water, during friction, tug boat lines)	3.5.5	X	X	X		X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	
Friction	6.11	X	X	X		X								X					
Creep	3.5.3, 3.7.2													X					
Corrosion	3.4.7, 3.4.14, 3.5.5, 3.7.2						X			X	X								
Thermal fatigue	3.5.3										X								
Kinks / minimum bottom tension	3.3.3		X	X	X											X		X	X
High or low temperature	3.2	X	X	X	X		X			X	X			X		X		X	

3.1 Risk of Mechanical Damage during a Cable's Life Cycle

Generally cables undergo a significant amount of mechanical handling during production, loading onto a cable vessel, laying, protection, operation and finally potential recovery and repair.

Damage to cables can occur at all stages of a cable systems life cycle:

- Damages during installation is typically caused by mishandling, for instance due to break down of machinery or due to bad weather.
- Damage that occurs before the cable goes into service is generally less critical, yet can be very costly.
- Damage that occurs during active service is the most critical, because it is more expensive to repair and it affects system availability.

The simplest way of installing submarine cables is to lay the cables on the seabed. This method leaves the cables unprotected against third party damage which is an acceptable risk if the probability and consequences of damage are low. The issue of third party damage to cables is extensively discussed in CIGRE Technical Brochure TB 398 [9]. TB 398 concludes that failure statistics demonstrate that the risk of third party mechanical damage is three to five times higher than the risk of internal failures. This alone may make it necessary to protect the submarine cables. For lower voltages and/or in sheltered areas it is possible that, based on a cost/risk analysis, less protection may be acceptable.

A typical way of protecting submarine cable is to cover the cables. This may be done in soft soils by post lay jetting or in harder seabed materials by installing the cable in a pre-excavated trench. Naturally a narrow trench will yield a higher level of protection than a wide open trench. This is also true for jetting, but note that jetting may also leave the cable unprotected if the soil is blown away by high water pressure. Other methods are also used such as ploughing, vertical injection, concrete mattresses, rock placement, sand bags, steel/HDPE pipes or split-pipe mechanical protectors, and many more. However, they all have the same purpose of protecting the cables from third parties and the environment, in the form of a cover.

As described in CIGRE Technical Brochure TB 379 [10], the annual failure rate for submarine cables is significantly lower compared to underground cables. However, the repair of submarine cables is significantly more costly and time consuming. A typical failure on a submarine cable system can take weeks up to months to repair, while a failure on an underground cable can be handled in the order of days or weeks.

3.2 Submarine Cable Loading and Transportation

Submarine cables are loaded on turntables, normal or extra size drums or coiling basket/tanks using roller ways and a linear machine or a capstan wheel. Transportation is done by a vessel, a barge, a train or sometimes on truck. Sometimes an additional intermediate transport by a barge, cargo vessel or train is needed e.g. between cable factory and harbour or laying site.

Before loading and transportation it is recommended to carefully study all mechanical parameters of the operations together with the cable information. Mechanical parameters are typically tensile force, tensile force with bending, sidewall pressure, bending radii, crush forces (height of stacking and caterpillar design), torsion and temperature. The duration and number of cable handlings shall be taken into account. The cable information is for example cable type, cable length, cable diameter, cable weight and minimum bending radii.

Low temperatures may increase bending stiffness or cause cracking of bitumen layers of the cable. High temperature may cause melting and sweating of bitumen, particularly in tropical climates.

In order to connect the cable to a pulling rope or wire, pulling heads or woven grips are installed at the cable ends. This has to be designed according to the required pulling forces expected in the following loading and installation processes.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Figure 3-1 and Figure 3-2 below shows examples of operations related to intermediate transport.



Figure 3-1. Coiling of cables on a train set.



Figure 3-2. Storing cable on a turntable placed on a vessel.

3.3 Submarine Cable Laying

The laying of the submarine cables is one of the most significant steps in the installation of submarine cables.

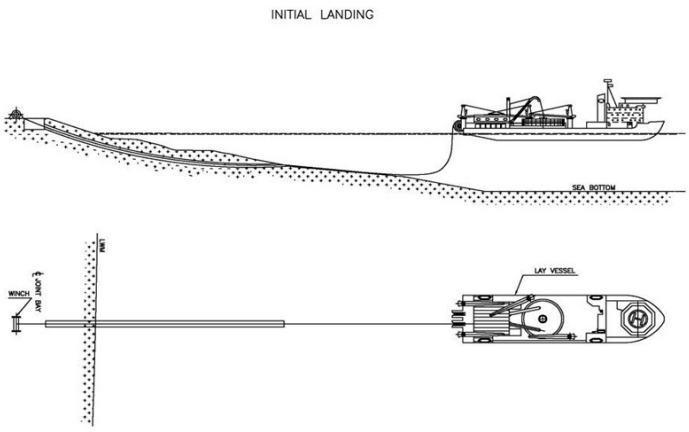
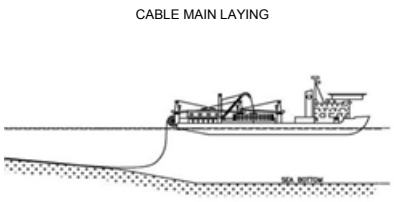
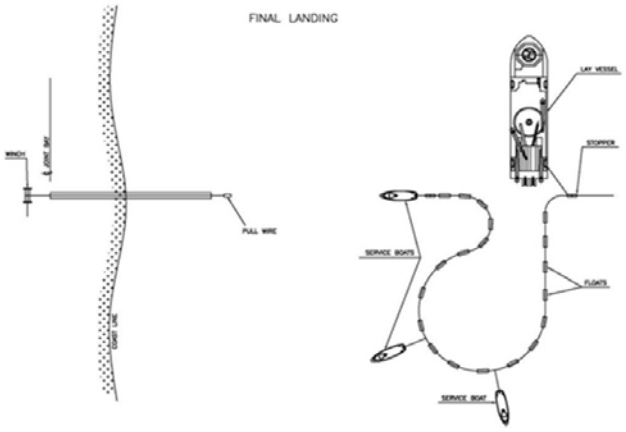
3.3.1 Typical Installation Sequence with Shore Landing

Table 2 and Figure 3-3 illustrate a typical installation sequence of a submarine cable from shore to shore, where both ends of the cable are pulled into a pipe at the shore landings.

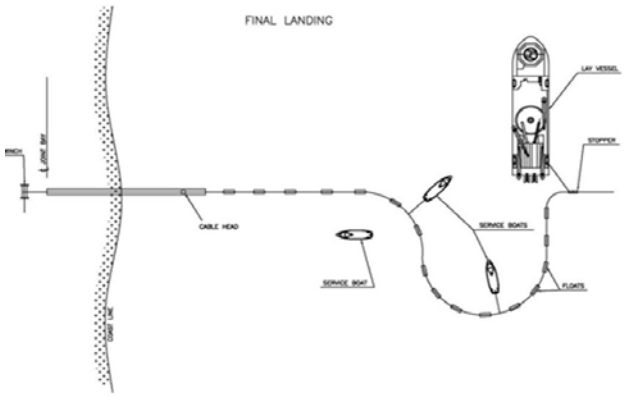
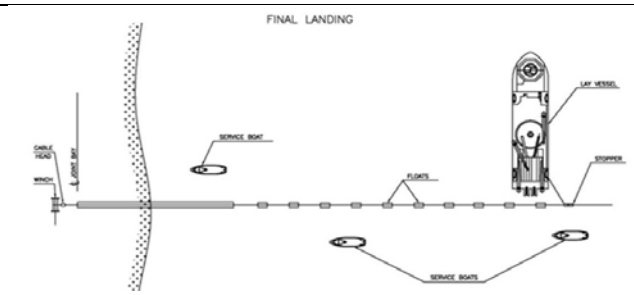
In case of a trenched installation at the first landing point the cable head is typically fed from the vessel, put on floats and pulled to the shoreline by a boat. At the shoreline the cable head is connected to a wire and the cable is pulled onto shore to the final position by a winch. The floats are then removed by divers, starting from the shoreline. After removal of all floats, the cable main laying may commence. At the second landing point, the sequence is typically according to Table 2, Phase 3 – 5, except that the cable head is pulled to the shoreline instead of the outer end of the pipe.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Table 2 Typical installation of submarine cable from shore to shore.

FIRST LANDING POINT Phase 1: Cable laying vessel is positioned close to the first landing point with cable pay-out side facing to shoreline. The pulling wire is pulled through a pipe and connected to the cable head. The connection may be done at the vessel if vessel is near the outer end of the pipe. Alternatively if the vessel is further away the cable head may be floated close to the outer end of the pipe for connection to the pulling wire. The cable is pulled through the pipe by a winch on-shore to the final position. Helper caterpillars may be used in case of long on-shore trench. During the pulling operation the cable is paid out from the vessel. If necessary the cable may be put on floats between the vessel and the pipe.	
CABLE MAIN LAYING Phase 2: The vessel moves along the cable route while the cable is paid out and laid on the seabed. The cable is paid out under tension control and speed is adjusted considering various parameters. The vessel position during installation operations is typically controlled by a DGPS system	
SECOND LANDING POINT Phase 3: The vessel is arriving at the final landing point while laying the submarine cable. Close to the landing point the vessel turns around and stops as close as possible to the outer end of the pipe. The exact quantity of cable needed to reach the final position is defined. The length is measured on the cable on board. This amount of cable is paid out from the vessel, floated and arranged in suitable manner by boats and divers.	

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Phase 4: The cable head is connected to a pre-installed wire at the outer end of the pipe. The cable is pulled by a winch through the pipe to the final position. Excessive bending have to be avoided.	
Phase 5: All floats are removed by divers starting from the main cable lay side of the cable. At the same time the cable is kept tight by the winch.	

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Figure 3-3. Submarine cable carried on floats from the cable laying vessel to shore.

When the route length is too long compared to the load capacity of the cable laying vessel or for example when the cable type is changed from deep water cable to shallow water cable, it is necessary to leave the cable end on the seabed for later recovery and for an offshore jointing operation. The cable jointing is typically made like an in-line joint or as an omega joint (also see section 3.6).

3.3.2 Installation at Offshore Platforms

Offshore platforms (see Figure 3-4 and Figure 3-5) with fixed foundations are usually equipped with J-tubes or I-Tubes. The tube is made of steel or polymeric materials, reaching from the seabed up to the platform deck. The tube is open at the top and has a bell-mouth at the bottom end in order to guide the cable from the seabed into the tube.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Figure 3-4. Illustration of a transformer platform with J-tube connections for submarine cables.

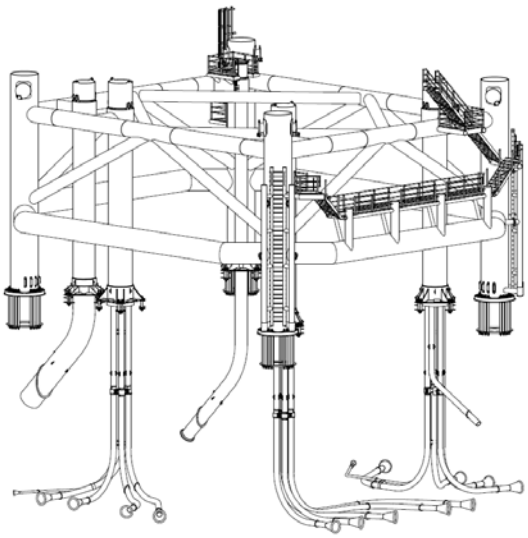


Figure 3-5. Illustration showing a number of J-tubes.

A J-tube normally ends close to the sea bed level. It can also be partly buried to match the bottom of a cable trench and be able to facilitate cable entrance. It can also be extended prior to the installation of platform scour protection, permitting the cable to run under the scour protection and therefore providing enhanced protection against possible impact damage from dropped objects and permitting pull-in of cable at a later stage.

I-tubes end a few metres above the sea bottom and the cable makes a gentle curve from vertical orientation in the I-tube to horizontal orientation in sea bottom.

Tubeless hang-offs are also possible when attaching cables to platforms with fixed foundations. This facilitates ease of pulling in the cables and needs suitable cable protection systems to reduce dynamic stress during service life of the cable.

During installation the first cable end is pulled through a pipe with a steel wire and a winch. The winch is located on the offshore structure above the tube or on the cable laying vessel. Depending on water depth and sea bottom soil conditions, the cable end can be also be laid on the seabed in an omega or S loop near the bell-mouth, prior to the pull-in. During the pulling operation the cable is typically paid out from a cable laying vessel appropriately positioned near the offshore structure. Monitoring of the bottom bell-mouth during the pull-in operation is recommended.

At the bottom end of the tube bend restrictors may be installed to restrict excessive bending and/or strumming of the cable.

3.3.2.1 Pull-in Head

The pull-in head is a device used for terminating the end of a cable so that it can be loaded/offloaded from a vessel and pulled through an HDD, I- or J-tube. The pull-in head is designed to withstand installation loads, such as:

- Tension during lay-down and pull-in (including increase in tension due to friction within the I- or J-tube)
- Bending over chute/laying wheel, entrance to I- or J-tube and within J-tube

The size of the pull-in head is designed based on the topside interface envelope (size of I-tube, J-tube, bends, landfall etc.). Available space within the platform during pull-in has to be considered when deciding the length of the pull-in head.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

A pull-in head contains and protects the cable power cores which are sealed against water ingress. The pull-in head is temporary and is removed after the pull-in operation. The pull-in head is connected to the cable armour wires, through welding, moulding or clamping.

3.3.2.2 Hang-off

The hang-off assembly transfers cable loads to the platform structure. This is achieved by termination of load bearing elements (armour wires) in a strain termination (bounding epoxy mould, welded termination or clamping of armour wires). The loads are transferred from this anchor block to the platform structure via a split flange.

For dynamic riser applications, the hang-off assembly is designed for the load variations given in the dynamic analysis. For static applications, the hang-off is designed to handle the service load.

3.3.3 Vessel and Machines Positioning

Most cable laying vessels are equipped with Differential Global Positioning System (DGPS) which provides good positioning accuracy.

Additional accuracy in cable laying is achieved if the cable laying vessel is equipped with a Dynamic Positioning (DP) System. Using information obtained from DGPS, the DP system moves vessel along the predefined route and keeps vessel in the given position and on the defined heading even if there are disturbing forces from wind, current and wave action. Many cable installations have been done using vessels and barges with tugboats without a DP system, particularly in MV applications and in long cable landings where the sea bed is shallow and affected by tide. In these cases the cable laying vessel or barge may be kept in position with warp anchors or with hydraulic jacks.

For non-torque balanced cables, e.g. single armoured cables, it is important at all times during laying to control the minimum bottom tension to avoid formation of loops and kinks. Therefore, it is important to control the vessel movement in relation to the pay-out speed of the submarine cable. The maximum bottom tension should not be too large in order to facilitate post lay protection such as jetting and to minimise free spans.

3.3.4 Remotely Operated Vehicle (ROV)

The most common use of ROVs is for touch down monitoring during laying. Monitoring by ROV may be preferred in situations such as:

- Irregular/uneven morphology of the seabed, which requires a visual check of the touch down distance in order to control the residual tension and in order to avoid free spans.
- Cable laying along steep sections.
- Cable laying at crossings with other in-service utilities.
- Cable laying in deep water, where the laying angle from vertical is close to zero and laying tensions are high.

If an ROV is used for touchdown monitoring, it is possible to stop, recover the cable and re-lay it in a more preferable location, if necessary due to unforeseen bottom conditions being unacceptable.

3.3.5 Laying of Bundled Cables

Depending on installation constraints and system design, two or more submarine cables can be laid simultaneously in a bundled configuration. A typical situation is to install the fibre optic cable bundled to a power cable or laying two cable poles in an HVDC bipolar system.

Typically, for a bundled lay a multiple set of cable storage and handling equipment is required, depending on the number of cables to be bundled. The cables run from their storage tanks to the ship pay-out area and before entering the laying sheave or wheel, they are guided into a bundle. They are fixed together by wrapping ropes, tapes or plastic straps. Accurate speed and tension control is required for each cable to ensure that the same lengths of the different cables in the bundle are paid off and no differential movement/stresses arise.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Since the different cables may have a different diameter and weight per meter their elongation under tension might be different. For that reason a theoretical study is recommended to ensure that the length difference of the cables after their relaxation on the sea bottom will not create loops or twists due to trapped mechanical constraints between them. Here care needs to be taken for non-torque balanced cables, e.g. single armoured cables.



Figure 3-6. The photo shows the pull-in to shore of bundled cables, where the fibre optical cable is strapped to the power cable. A fibre optic cable is visible on the left side of the power cable.

3.3.6 Fatigue During Installation and Jointing

During a jointing operation or during a temporary halt during laying the cable will be exposed to repeated bending cycles, primarily due to wave induced ship movements. This variation in cable curvature will result in cyclic strain variations in the cable components which can result in fatigue damage. Of the metallic components in a high voltage power cable the lead sheath is generally the component that is most sensitive to fatigue damage.

The largest curvature variations occur at the departure point from the vessel and in the touch down region. At the top, where the cable is supported by a chute or lay wheel, the cable is alternatively bend against the chute/lay wheel and alternatively straightened over a short distance. At the touch down point the curvature variations are smaller, but are spread out over a longer distance of the cable.

During normal laying the cable is gradually fed out, preventing any accumulation of fatigue damage. A jointing operation can take several days, during which normal feeding of the cable onto the sea bed is halted. To verify that the accumulated fatigue damage due to the ship movement during a jointing operation or temporary halt is acceptable, a fatigue analysis may be performed. The fatigue life can be analysed for different weather conditions (wave heights, periods and directions) in order to provide guidance on weather limitations for the jointing operation or for temporary halts, where the cable is suspended from the ship.

The following process may serve as a guide to evaluate the fatigue accumulated during a jointing operation or temporary halt:

- First evaluate the global bending conditions of the cable based on the environmental conditions, vessel response characteristics and the shape of the chute/lay wheel or hang off arrangement. This

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

can either be performed as a dynamic analysis with special purpose software or by simplified conservative assumptions, for instance neglecting the effect of cable bending stiffness.

- Then translate the global bending conditions of the cable into strain variations in the fatigue sensitive components. For a single core cable, the strain, ε, in the lead sheath is given by:

$$\varepsilon = r \cdot \kappa_C$$

Where r is the radius of the sheath and $\kappa_C$is the curvature of the cable. For a three core cable, frictional stresses resulting from stick-slip of the cores, see chapter 3.7, should also be evaluated.

- The accumulated fatigue damage in the lead sheath can be calculated under the assumption of linear cumulative damage (Palmgren-Miner rule), where the accumulated fatigue damage, *D*, is given by:

$$D = \sum_{i=1}^{k} \frac{n_i}{N_i}$$

where k is the number of strain blocks, n_i the number of strain cycles in block i and N_i the number of cycles to failure at a constant strain range of ε_i. The S/N fatigue curve for the lead sheath is used to calculate N_i. Fatigue failure is usually assumed to occur when the fatigue damage reaches 1.0. The accumulated fatigue damage, *D*, can be viewed as the fraction of life consumed during the analysed fatigue loading. A safety factor shall be applied on the calculated damage to reduce the probability for failure, where the accumulated damage times the safety factor shall be less than 1.0. The safety factor shall be agreed upon between the customer and manufacture.

If installation conditions or cable design go beyond what has previously been verified and/or a fatigue analysis is not considered sufficient, a more detailed investigation may be performed after agreement between the costumer and the manufacturer.

3.4 Submarine Cable Protection Techniques

3.4.1 Route Survey

The aim of a route survey is to find a route enabling safe installation and operation considering various factors such as environmental impact, archaeology, etc. For more details, see Annex 3.

3.4.2 Choosing of Cable Route and Protection Techniques

Statistics from CIGRE Technical Brochure TB 379 [10] indicate that 82% of the faults occurred at sea depths up to 50m and that over 50% of faults occurred on unprotected cables with the comment that buried cables are well protected against fishing gear, but can still be damaged by large sized anchors penetrating deeply into the seabed.

When the route survey (seabed survey, fishing and shipping risk, etc.) has been performed and the cable route has been decided, the protection plan can be finalised. Cable protection is made either along the entire cable route or at selected areas like shore landings, shallow water areas, soft soil areas, crossings of shipping channels, crossings of other infrastructures, fishing areas, etc.

When the burial of the cable in seabed along the whole cable route or over certain high risk areas is proposed as the optimal protection solution, then a burial assessment survey must be included in the route survey in order to define adequate burial spread and target burial depth.

In shore landings protection is typically handled with a pre-excavated trench or pre-installed pipe (Steel/HDPE). Pipes are also used for lake crossings, connecting islands to the mainland, etc. The protection level adopted is a compromise between the effectiveness of the protection method, the risks during installation of the protection method, cost, available technologies, repair possibilities and time.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

In areas with rock on the seabed the cable may be protected by rock placement, concrete mattresses, fixing the cable to the seabed or the route may have been prepared by rock blasting prior to laying.

In areas with softer soils post-lay jetting of the cable into the seabed is common. If the seabed consists of compacted sand or for instance hard clay, trenches may be made beforehand.

Burial depth must also be chosen as a compromise between protection level and the possibility for the power cable to dissipate heat. In sand a typically burial depth is 1-2 metres. However, local circumstances may lead to other choices. In harder soil areas more shallow burial depth may be sufficient.

Protection of cables in shipping lanes should be chosen taking into consideration the size of the ships and their anchors combined with the knowledge of the inherent protection level of the seabed against anchor penetration.

Magnetic fields and temperature rise in the seabed may also play a role in choosing cable route, burial depth and the protection level.

Special precautions are needed in areas with a dynamic seabed (sand waves or with a dynamic shoreline). In these cases cables may be protected in seabed during one period and exposed during another period. Repeated protection may be a needed or initially cables may be laid deep in the seabed.

A more detailed explanation on cable protection is given in “Offshore Electrical Cable Burial for Wind Farms: State of the Art, Standards and Guidance & Acceptable Burial Depths, Separation Distances and Sand Wave Effect” prepared for Bureau of Ocean Energy Management, Regulation & Enforcement - Department of the Interior, US, November 2011 [11].

3.4.3 Ploughing



Figure 3-7. Cable plough.

Ploughing is a cable protection method by direct burial of the cable into the seabed, and is normally done simultaneously with cable laying. The cable is guided through the plough into a narrow self-closing furrow cut by a sea plough towed by a surface vessel.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Different plough designs are available to suit various seabed conditions. The traditional plough-share is well suited for muddy substrates. Sandy sediments may require a plough equipped with water jets, thus reducing the required mechanical power, to cut a trench into which the cable is placed. Burial in more consolidated substrates may result only partial closure of the furrow. A plough can bury cables up to about 4 m in soft or sandy soils.

Ploughs are often used for installation and protection of telecom cables and light weight power cables. It is also possible to use a large plough to install and protect larger power cables. This method entails some risks, if it is not both designed and handled with great care. In addition, if the seabed soil is inhomogeneous, or if the plough hits boulders, logs or other large embedded objects, the plough can lurch, make a sudden sideways move and may result in damaging the cable.

3.4.4 Water jetting

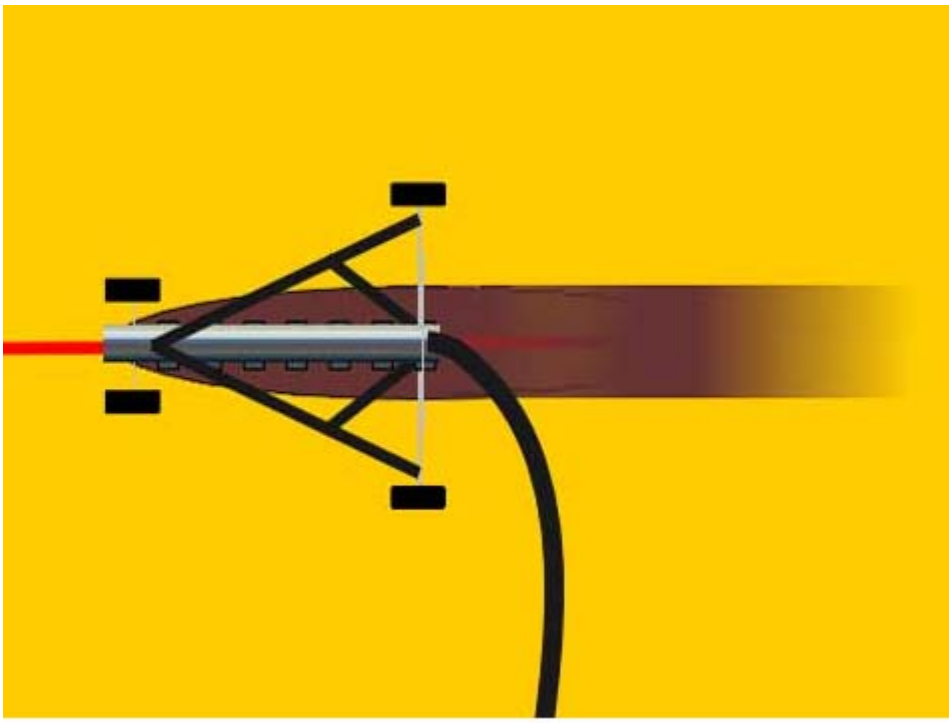


Figure 3-8. Schematic illustration of a jetting machine.

Water jetting is a cable protection method in which an underwater machine (usually a ROV) equipped with water jets liquefy the sediment below the cable, allowing it to sink to a specified depth (dependent on the penetrating length of the swords), after which coarse sediments are deposited. The water jets are fed by high power water pumps.

There are different types and sizes of jetting equipment. Some small water jetting machines usually have surface water pumps and need assistance from divers and they are typically used in shallow waters. Larger jetting machines with on-board water pumps are often remote-controlled and are capable of operating in deep waters.

Water jetting has become an extensively used power cable protection method. Typically after having been first laid down on the seabed, the submarine cable is post-lay buried by water jetting. This means that it is also used to rebury repaired sections or old cables, which need protection. Post-lay burial has the advantage that cable laying operations are not delayed if difficult burial conditions are encountered. On the other hand, cables can be exposed to third party damage in the time between they are laid and finally buried. This time should be minimised.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Water jetting is an effective method where the seabed consists of a thick layer of soft sediments (silt) and/or sand. Jetting can be used for shallow and deep waters (1000 m already achieved) or through areas with steep slopes.

The effectiveness of the cable protection depends not only on burial depth, but also on the amount of material that will be removed from the trench. The best protection is obtained, if the trench is narrow and is filled with the original material immediately after the jetting operation. In some areas an open trench will be filled in a few days or weeks because of the natural current and tide and the transport of material in the waters. It is important to avoid a situation where the cable is jetted down to the desired depth, but is lying exposed in a wide open trench, without any protection, because all material near the cable has been jetted away.

3.4.5 Vertical Injector (Jetting Assisted Plough)

The vertical injector (jetting assisted plough) consists of a jetting head / sword with water nozzles on the leading edge. The cable is routed through the jetting head and thus the laying and protection is done in one operation. The method is widely used in Asia and in some European countries.

The method is well suited for deep installation in the sea bed in jettable soils, where the water depth is relatively shallow. The method is suitable for deep installation in the sea bed of a cable near shipping lanes and in harbours. However, the method is time consuming and to some extent vulnerable to changes in weather. In case of severe weather the jetting head can be left in the seabed while the cable ship or barge is riding out the storm.

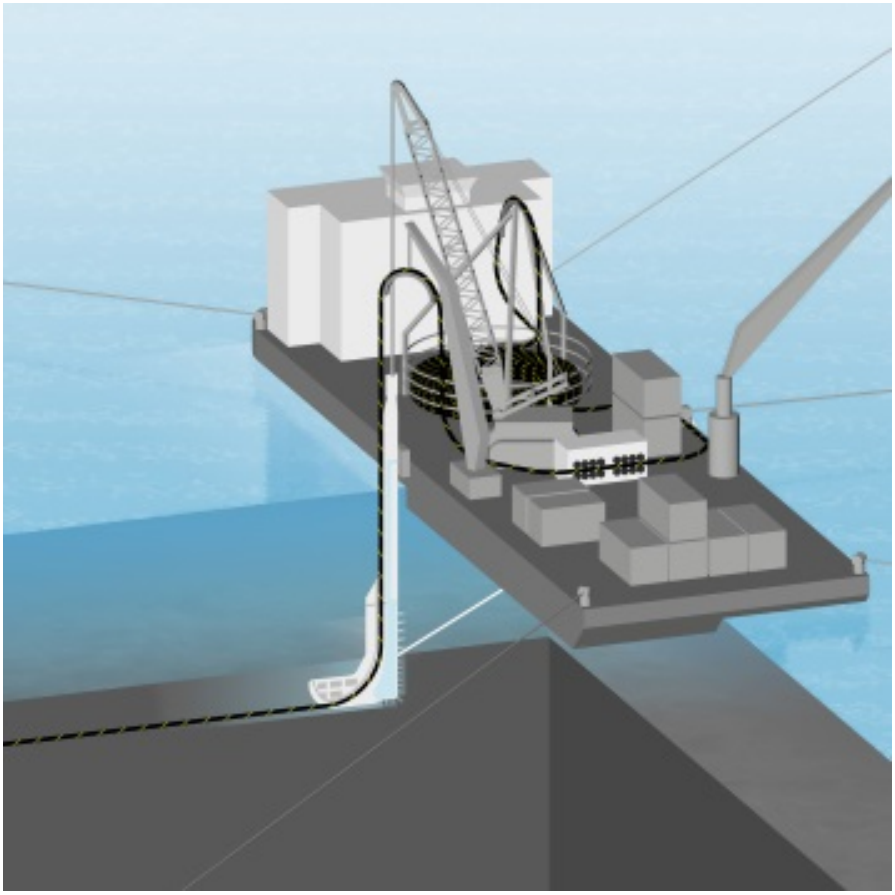


Figure 3-9. Vertical injector.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3.4.6 Trenching



Figure 3-10. Chain saw trenching machines.

Trenching is a cable protection technique using an underwater vehicle equipped with a trenching wheel or saw to cut a narrow trench on the seabed. It is usually operated from the deck of a support vessel. It is used where seabed is composed of very hard clay or rock (and thus is also known as rock trenching), and also in mixed soils with gravel/stones.



Figure 3-11. Example of a wheel trencher.

Trenching can be a time consuming activity. It may be a pre-laying or a post-laying activity. Pre-trenching is preferable in terms of risk for the cable system, although problematic for later accurately laying the cable into the open trench.

Trenching after laying has the inherent risks already explained for ploughing; operating heavy equipment in contact with the cable.

3.4.7 Pipes at Landings

In some cases pre-installed high density polyethylene (HDPE) or steel pipes are used in shore landings, including horizontal directional drilling (HDD) operations. Often a bell-mouth is installed in the end of the pipe in order to protect the cable against damage during cable installation. Extra pipes may be needed for filling the pipe with some slurry mixture like bentonite. The reason for filling the pipe is to improve heat transfer from the power cable or to reduce internal corrosion in the splash zone of the pipe. If ends of the pipes are sealed, chemical inhibitors, biocides and oxygen scavengers may be periodically introduced from the top, to discourage bio-fouling and prevent growth of corrosive sulphide reducing bacteria in stagnant water within the pipe annulus.

The cable is normally pulled in with a winch located on shore and with a wire pulled through the pipe fixed to the cable end by a pulling eye or a pulling stocking.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3.4.8 Excavation

In case of hard soils such as stiff clay or compacted sand a trench can be made beforehand. The cable is laid in the trench and the trench is filled afterwards. Backfilling operation may be critical to avoid mechanical damages to the cable depending on the depth and width of the trench and the seabed conditions. The initial backfilling material on top of the cable is recommended to be either small grain size material or placed carefully by divers or crane to avoid cable damage. Final backfilling may be done for example with the excavated material, with gravel or stones or just leave as it is and wait natural backfilling. Larger size of final backfilling material may give better protection but may need more care during installation.

Excavation is suitable for shallow water installations (typically <20 m) and may be done off a barge or during low water periods.

3.4.9 Pre-Sweeping

In areas with large sand waves on the seabed, such as the English Channel where 10 m high migrating sand waves exist, it may be desirable to remove the sand wave peaks just before cable laying and burial. This can be done using conventional dredging equipment or mass excavation methods. The result is reduced cable exposure when sand waves eventually migrate. The changing of the burial depth may have an impact on cable rating.

3.4.10 Rock Placement

Rock placement (rock covering) as a protection method consists of covering the cable with mid-size regular rocks forming a properly designed berm. This application is widely used for submarine pipes.

Depth, wave action, sea current, rock size, berm side slope and height are the most important variables to design appropriate cable protection with rock placement. Rock size has to be small enough and rock placement method gentle enough to avoid cable damage and large enough to give suitable long term protection. It is important to check the impact withstand properties of the cable as part of the rock covering design.

Over-the-side rock placement vessels sail to their destination, where shovels put the rock overboard at a steady pace. This rock placement method is typically used in shallow water. Flexible fall-pipe vessels are used in deep water (down to 2000 m), bringing large amounts of rock in their holds. The rocks are dumped through a long and flexible fall-pipe and a ROV ensures accurate placement of the rocks.

This protection method is often used also to make a mechanical separation between cable systems or between pipelines and cables. Rock placement may also be used to make the sea bed more flat in uneven areas, with partly buried cables or locally for free-span corrections.

3.4.11 Mattress Coverings

Concrete mattresses are composed by single concrete blocks, linked to each other. They can be fabricated in different dimensions and thickness. Usually they are rectangular, a few meters in length, a couple meters in width, 20-50 cm in thickness, and each weighing a few tons in air.

Cobbled-filled mattresses may be used instead of flexible concrete mattresses. They are generally comprised of a coarse metal mesh container, approximately in the shape and size of a bed mattress. The container is filled with locally available, partially rounded cobbles, each about 50 to 150 mm in diameter.

The resistance of the cable to the crushing force is an important consideration, particularly where mattresses are to be placed over cables on a hard seabed. In such cases it may be advisable to pre-install split conduits around the cables as a cushioning layer. See also Figure 3-12.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Figure 3-12. Left: split PE pipes ready for fitting around cable prior to covering with the cobble-filled gabion mattresses in a sub-tidal area with a hard seabed material. Right: cobble-filled gabion mattresses ready for placing over split PE pipes.

Mattresses are used by installing them on top of the cable. They are used where burial is not feasible. The most frequent situations of mattress installation are in areas of hard soil, irregular seabed, areas of crossing of other live services or cable repair bights with relatively tight bends. For this application to be effective, special attention has to be kept for the accuracy of the mattresses deployment centred on the cable.

The protection by mattresses can be applied from a support vessel in any kind of water depth. Usually the main equipment necessary for mattress installations are a ROV to carry out the pre- and post-installation survey and visually follow the underwater activity, an automatic frame to transport the mattresses to the seabed and properly release them on the cables and lifting equipment.

In shallow water more simple methods like divers and more simple tools may be used.

Since they are normally used on hard seabed and because of the ropes at the mattress sides, it is not unusual for mattresses to become entangled with trawler gears during fishing operations after mattress installation.

An alternative to deploying flexible mattresses is using fabric mesh bags filled with cobbles or gravel. They can be lowered to the seabed to cover cables, or installed beneath them at long free span locations.

3.4.12 Split-pipe Articulated Cable Protectors

Split-pipe articulated cable protectors can be used for additional cable protection in the following circumstances:

- In high wave energy areas in sub-tidal and tidal zones.
- In areas with high water currents where lateral cable movement and abrasion can arise.
- In sub-tidal or tidal areas where sediment mobility may expose previously buried cables and present a hazard to the public.
- As a replacement for cable burial where they pass over exposed hard seabed materials.
- At the bottom of J-tube or I-tube risers at offshore pylons or platforms, where scouring can periodically expose previously buried cables.

Typically protectors are made of cast iron or polymeric material. For particular applications the protectors can be applied as pre or post installation.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Figure 3-13. Split-pipe articulated cable protectors installed on cables placed in a trench.

3.4.13 Other Complementary Protection Techniques

Sand, cement and sand/cement bags are often used in limited areas to give local additional cable protection.

In case of solid rock, other similar environment or in steep areas, cable anchoring or clamping may be used to prevent movement of the cable.

3.4.14 Protection of Cables at Crossings

It is recommended that the owner who will install his cable on top of existing cables, pipelines or similar, makes agreement with the owners of all the existing services to be crossed. The eventual mechanical protection should be agreed in common. It is also recommended to check on the possibility of corrosion and excessive heat in crossings.

Even if there is not a high risk of mechanical damage at cable crossings, it is recommended that some mechanical protection be introduced between the existing service and the new cable. Cement bags, gravel, concrete mattresses or similar may be used before cable laying. During cable laying it may be possible to install protective shells around the new cable at chosen positions along the cable route.

Crossing protocols are available for example by the International Cable Protection Committee's Recommendation No. 3 "Criteria to be Applied to Proposed Crossings Between Submarine Telecommunications Cables and Pipelines/Power Cables" [12].

Caution is advised when placing hard objects, such as concrete mattresses on soft seabed materials because of the possibility of scouring of the soft soil after years. Therefore it is recommended that the installations are frequently inspected.

3.5 Submarine Cable Operation and Maintenance

3.5.1 Possible Hazards for Cables in Operation

The possible hazards for submarine cable connections have been partly described earlier in this document. The most common reasons for submarine cable damages and failures are due to external causes (CIGRE Technical Brochure TB 398) [9] as below:

- Anchors
- Ocean dumping of dredged material or garbage
- Other installations including pipes, telecommunication cables etc.
- The influence of other existing cables
- Trawling

Automatic Identification System (AIS) monitoring technology is being employed in a number of cases to assist in mitigating potential external damage to subsea assets from shipping or fishing activities.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3.5.2 Vortex-Induced Vibrations, Strumming

Vortex-induced vibration or strumming is a physical phenomenon caused by the turbulent flow of water around a freely suspended cable. A free-span can occur at locations with large variations in the sea bed profile or if the cable is freely suspended from a J-tube to the sea bed.

Vortex-induced vibration is a resonance phenomenon, where the energy of the water flow may be transferred to the cable. When the frequency of vortex shedding approaches the natural frequency of the cable span's own vibration modes, energy is transferred from the water flow to the cable and so called locked-in vibration is established. This vibration results in flexion of the cable, which will induce fatigue loading on the metallic layers of the cable. At the end of the free spans the cable is supported and the combination of high contact pressure and vibrations can result in abrasion damage to the outer protective sheath in these locations.

The main parameter deciding whether a suspended cable will vibrate or not is the local water velocity at right angle to the cable in combination with the parameters of the free span; length and shape of free span, cable tension, cable diameter, bending stiffness, structural damping and mass.

The risk for vortex-induced vibrations in a temporary or permanent free span can be assessed by checking if there is a risk for onset of in-line or cross flow oscillations according to the methodology described in DNV-RP-F105 [13], Free Spanning Pipelines. The bending stiffness and structural damping of a power cable are frequency and temperature dependent, especially due to the bitumen used on the armour wires. This is significantly different compared to a steel pipe and should be considered when utilizing DNV-RP-F105.

If the risk for vortex-induced vibrations cannot be excluded a fatigue calculation can be performed to ensure that the accumulated fatigue damage due to vibrations is acceptable. This can be performed based on the methodology outlined in DNV-RP-F105 [13]. Special purpose software can be used for more detailed analysis of the response of the cable. The fatigue assessment is performed by translating the curvature variations induced by vortex-induced vibrations to strain in the lead sheath and performing linear damage accumulation (Palmgren-Miner rule) based on the S/N fatigue curve for the lead sheath, see also chapter 3.3.6.

Where possible, it is advisable to select the cable route so that rapid changes of the sea bed profile are avoided and the risk of free spans is eliminated. When this is not feasible, the bottom tension should be reduced as much as possible. This way the cable can closely follow the seabed and free spans lengths are reduced and it is also easier to protect the cable, as described in chapter 3.4, Submarine cable protection techniques.

.

3.5.3 Thermal Fatigue

When a cable is thermally loaded by the current flowing through the conductor, the insulation will expand radially due to thermal expansion of the insulation and conductor. The sheath surrounding the insulation will be forced to expand radially, resulting in a circumferential strain in the sheath. The most commonly used metallic sheath for high voltage cables consists of an extruded lead alloy sheath. When the thermal load diminishes the conductor and insulation cool and will thereby contract. For moderate depths the water pressure will not be sufficient to push the lead sheath back to its initial state, whereas for increasing water depths the water pressure will induce a negative strain in the sheath as it is pushed back towards the contracting insulation. In the latter case the sheath can expand and contract numerous times during the cables service life as a function of the varying load. These strain variations result in fatigue that eventually could result in cracks in the sheath if the strain variations and number of cycles are too large.

Since heating and cooling are relatively slow processes the thermal time constants are important and need to be considered; a load change with short duration will not result in as large temperature variation as compared to the same load variation with longer duration. The fatigue life of the lead sheath depends on

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

the environmental conditions, especially the frequency of the alternating strain. The fatigue life of lead decreases with decreasing frequency due to creep-fatigue interaction which also needs to be considered.

Due to these factors there exists no established method for full scale fatigue testing of cable systems with regards to fatigue induced from thermal cycling. The frequency dependency of the fatigue life of lead in combination with the thermal time constants involved reduce the possibilities for accelerated testing. Realistic full-scale tests would therefore result in test durations that are unacceptable long.

Notwithstanding this, lead is judged to be a very stable sheath. In CIGRE Technical Brochure TB 490 section 3.4 “Recommendations for Testing of Long AC Submarine Cables with Extruded Insulation for System Voltages above 30 (36) to 500 (550) kV” [5] the following is stated:

“*The suitability of lead alloys sheaths against fatigue resistance issues has been demonstrated by decades of long experience on HV and EHV submarine cables with laminated insulation and more recently on extruded insulation land cables and on HV extruded insulation submarine cables. The CENELEC standard EN 50307-2002 "Lead and lead alloys - Lead and lead alloy sheaths and sleeves of electric cables" is a good illustration of this fact and the mastering gained in the metallurgical successful control of the lead alloys morphology*.”

3.5.4 Repeated Protection

Based on survey results, performed on cables during their service life, appropriate additional or repeated protection or other remedial actions may be required (e.g. dredging for removal of excessive height of sand dunes over the installed cable if applicable, rock placement to reduce risk of strumming in free span situations or tubular protection to improve seabed stability, impact, scouring and abrasion resistance etc.).

3.5.5 Abrasion

Unless submarine cables are completely buried during initial installation, and remain so during their entire service life, they will be exposed to some form of abrasion. The severity is mainly dependent on the local water velocity and direction, as well as seabed composition and morphology. Examples of the causes of submarine cable abrasion are:

- Sandblasting by water borne granular particles
- Vertical and axial cable oscillatory movement at the touchdown points of free spans experiencing vortex induced vibration
- Lateral oscillatory cable movement at the touchdown points of free spans, caused by tidal action
- Lateral displacement of cables caused by tidal action and storms
- Ice movement against cables in shallow water

The effects on cables can also vary, depending on the above influences. The first line of protection is the outer serving which protects the corrosion protection layers (zinc, bitumen) of the armour from abrasion. If the outer serving is damaged, corrosion and abrasion of the armour wires can take place resulting in a reduction of the armour cross section. In the extreme case, the core(s) are left unprotected and exposed to abrasion. Local abrasion/corrosion can also result in a local reduction of the cable bending stiffness and cable movement can become concentrated at weakened points, thereby increasing the risk of fatigue damages.

Measures to reduce the risk for abrasion damage are to protect the cable in shallow water and areas with high water currents, see chapter 3.4, and to minimize free spans to avoid vortex-induced vibrations. A larger weight to diameter ratio of the cable will increase the lateral stability of the cable on the sea bed.

An extruded polymeric sheath is sometimes used as outer serving to increase the abrasion resistance and reduce friction of the cable, for instance during installation in long J-tubes.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3.6 Submarine Cable Repair

A repair joint is made on the complete cable and the jointing is usually performed on board a repair vessel or barge. The first criterion for selection of a repair vessel is that the chosen vessel has to be able to keep the required position and heading and to move in a well-controlled manner to avoid mechanical damage to the cable. The type of cable repair vessel and equipment to be installed on board depends on cable and environmental conditions (i.e. location, water depth and availability) in which the repair must be done.

Deck arrangements of the vessel need to be engineered carefully. The jointing of high-voltage submarine cables requires a jointing house with air-conditioning, air-drying facilities, hoisting, and cable handling equipment. Outside the jointing house, space is required for spare cable, cable handling equipment, storage etc. No over-bending or over-tensioning must occur. An ROV is often recommended to be used in cable repair operations to control the different steps (cable recovery, cable support hanging from the ship, cable placement after repair) as best as possible.

During repair where each jointing operation may take several days, the cable experiences mechanical handling and stresses such as repeated bending, pulling forces, abrasion, etc.

In the following section a typical sequence is given for a hairpin (omega) repair. In this repair two joints are installed. The sequence starts with the damaged cable in the seabed and the spare cable on deck of the repair vessel. An inline joint is a joint that is made in the end of the spare cable on the vessel. Variations on this theme can exist especially if the repair is to be done close to shore or other location.

1. De-bury and cut the cable, which has a fault (if not done in advance).
2. Take up the first cable end on board.
   The cable end is fixed to a pulling wire by means of an ROV or diver and then the necessary length is retrieved onto the repair vessel. The cable must be brought onto the vessel deck safely. Fix the cable end properly by a pulling stocking or similar. During the lifting operation the position of the vessel, tension on board, catenary angle and touchdown point, etc. is kept under control.
3. Install the first repair joint.
   Cut back to undamaged fresh cable. Due to the risk of bad weather, it is recommended to have the spare cable end prepared already in advance. Make the first repair joint between the first cable end and the spare cable on board.
4. Lay down the first joint (as an in-line joint).
5. Lay spare cable.
   Proceed to the location of the second cable end on the sea bed.
6. Bring up the second cable end on board.
   For preparation of the hairpin joint, both cable ends are pulled up to the vessel aft deck simultaneously during the repair vessel travels backwards along the spur route. One cable is being pulled up over the ordinary stern wheel, the other over a provisional wheel or chute. Fix both cable ends properly by a pulling stocking or similar.
7. Make the second repair joint between the second cable end and the spare cable.
8. Lay down the second joint (see Figure 3-14).
   The lay down is normally done by a crane with a steel arc (quadrant) keeping the correct bending radius fixed on the cable.
9. Make the eventual cable protection after repair. The same methods are used as for normal cable protection after a repair as for installation. Since the repaired section often is quite short, its protection may differ from the protection of the main cable route.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

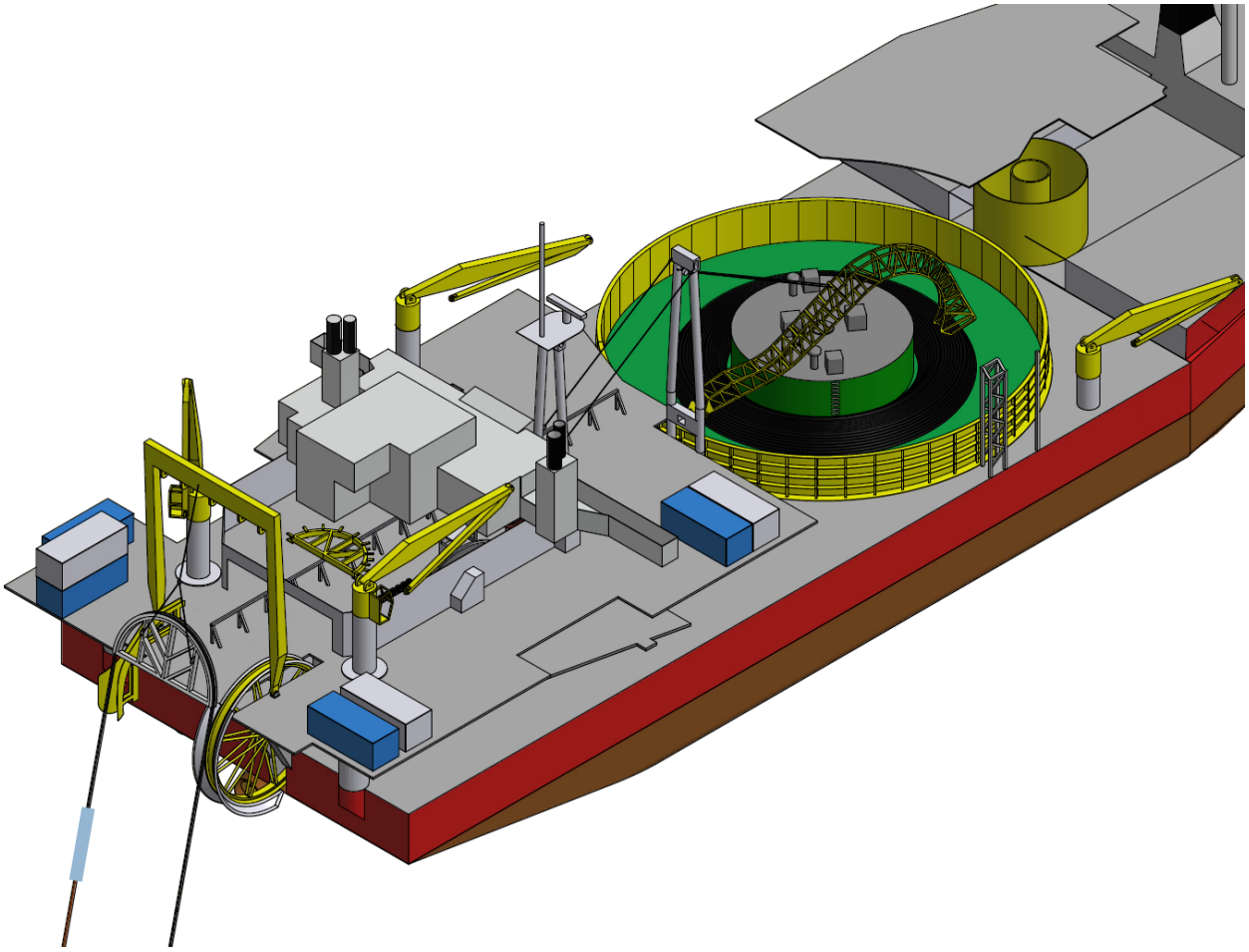


Figure 3-14. Laying of hairpin/omega joint.

3.7 Dynamic Submarine Cables

Submarine cables are labelled dynamic when they experience continuous dynamic loads throughout their service life. Typically, these cables types are hanging from host facilities down to the seabed and are not laid on the seafloor or in trenches.

Dynamic cables are primarily used for connections to floating platforms, for instance:

- To provide power from shore to off-shore oil and gas platforms, where the dynamic cable connects the floating platform to a static cable which is connected to the onshore power grid.
- To provide power to subsea installations, e.g. subsea pumps, from a floating oil and gas production platform.
- To export power from floating marine renewable energy systems such as floating wind turbines or wave energy converters.

A free hanging cable from a static platform can also be considered dynamic if it is exposed to wave induced dynamic loading during its service life.

Since dynamic power cables are permanent installations, the cable must survive the environmental loads resulting from extreme weather conditions. Dynamic cables will also be exposed to fatigue loading due to waves, currents and movement of the floating platform. The fatigue and extreme loads experienced during the life cycle of the cable needs to be considered in the design of the cable. Therefore additional mechanical testing, primarily with regards to fatigue, is performed on a dynamic cable.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Imposed loads can partially be reduced by optimising the cable configuration in the water column (e.g. free hanging catenary or lazy wave configuration) in conjunction with appropriate accessories (e.g., buoyancy modulus, tether anchor and bend stiffener).

3.7.1 Extreme Load Effect and Fatigue Analysis

The extreme load effect and fatigue analysis are an integral part of the design and qualification of a dynamic cable and are therefore briefly covered in this chapter. More details on the load effect analysis can be found in Annex F of ISO13628-5:2009 [14], Subsea Umbilicals.

The analysis consists of global load effect analysis, local structural analysis and fatigue damage accumulation, as outlined in Figure 3-15.

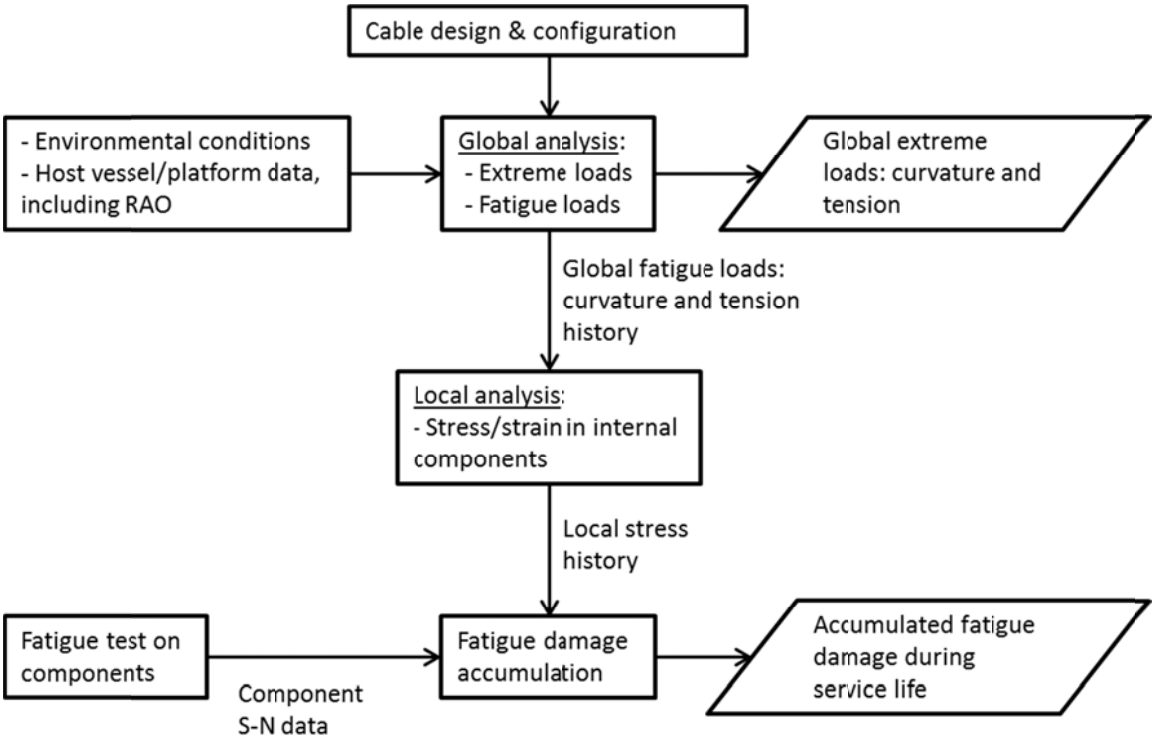


Figure 3-15. Schematic flow chart of extreme and fatigue analysis

The aim of the global analysis is to establish the extreme loads and the cyclic fatigue loads acting on the cable in operation due to the combined effect of both environmental loads and the floating device motion. The global analysis is normally performed as a nonlinear time-domain FE analysis in special purpose software. Response amplitude operators (RAO) are used to describe the host vessel/platform response as a function of the wave direction and period of the waves.

The objective of the local analysis is to translate the global loads into resulting stress/strain in the cable internal components. Cable local structural analysis can be based on either analytical or FEM approaches. A power cable is a mechanically complex structure with many helical components, several materials and contact where friction plays an important role in the response during bending. When assessing the stress/strain in the helix components during cable bending the non-linear stick/slip effect due to friction needs to be considered, further explained below.

Figure 3-16 illustrates the hysteresis shaped stress-curvature relationship resulting from the stick-slip behaviour of a helix component. For moderate curvatures the component will be in the stick regime resulting in a friction stresses in addition to the pure bending stress (1). As the curvature increases the frictional resistance is overcome and the component will be in the slip regime (2). The stress build up is now the result of the local bending stress in the component. As the bending direction is reversed, the component

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

is in the stick regime (3) until the frictional resistance is overcome (4) and the component once again is in the slip regime. The dotted line shows the linear bending stress when no friction is applied.

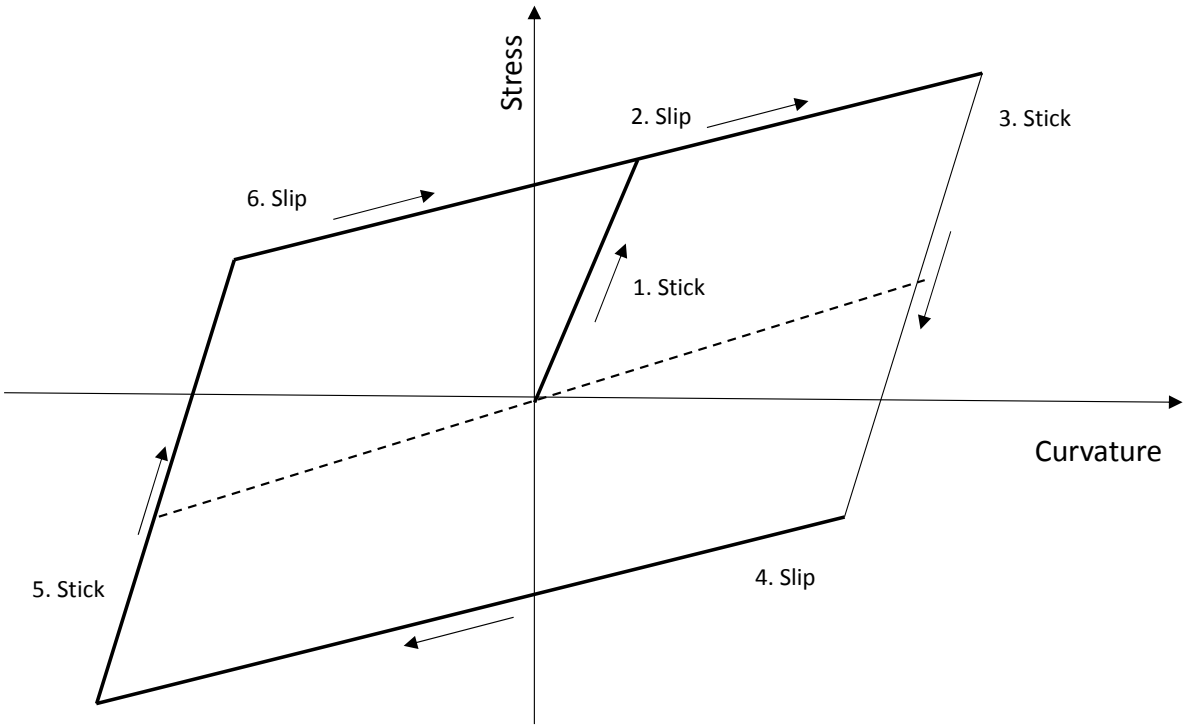


Figure 3-16. Illustration of the hysteresis shaped stress-curvature relationship for a helix component during cable bending.

The frictional stress varies along the helical component; being zero at the neutral axis and reaching maximum/minimum values at the top and bottom positions normal to the bending axis. The friction stress will increase with increasing cable tension due to larger contact forces between the different helical layers.

The accumulated fatigue damage in the cable components can be calculated under the assumption of linear cumulative damage (Palmgren-Miner rule) utilizing the S/N curves, relating the expected number of cycles to failure (N) to the applied stress or strain range (S), of the fatigue sensitive cable components. Fatigue testing is performed on the individual components to establish the S/N data.

3.7.2 Accessories

Special accessories are used on dynamic cable to reduce and control the extreme loads and fatigue loads applied onto the cable. The most important accessories are the bend stiffener and the buoyancy modules which are described in more detail below.

3.7.2.1 Bend Stiffener

The most critical and demanding combinations of tension and bending normally exist where the dynamic cable leaves the vessel/platform I-tube or balcony. Bend stiffeners are used to provide an increase and transition in bending stiffness at the rigid interface to the platform.

The bend stiffener performance is critical and should be subjected to detailed dynamic analysis in conjunction with the cable itself. Its design parameters include:

- Top tension and – deflection angle envelopes (extreme)
- Operating temperature envelope
- Cable bending stiffness
- Cable minimum bending radius

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Other design concerns include:

- Interface loads (bending moment and shear loads) onto the bend stiffener connection and the platform during operation
- Interface materials, for the design of corrosion protection system

The bend stiffener usually comprises a polyurethane moulded cone bonded to an internal steel arrangement and a mounting flange. It is a clearance fit to the cable, allowing the cable to slide through the bend stiffener if necessary during installation.

The size of a bend stiffener will depend on the operational conditions and subjected to detailed design. For a dynamic power cable the length of the stiffener can be in excess of 8 m.

3.7.2.2 Buoyancy Modules

Buoyancy modulus can be mounted onto the cable to accomplish a configuration with a more beneficial behaviour considering the offset and dynamic behaviour of the platform.

Static and dynamic analyses are used to design the global configuration and hence determine the magnitude of the buoyancy required, the spacing and position along the cable and the cable section length over which it is to be distributed.

Normally, the buoyancy modules are clamped at frequent intervals along the cable. The attachment device needs to be designed to ensure sufficient clamping pressure during the entire service life of the cable. The maximum allowed clamping pressure onto the cable and the reduction of the clamping pressure over time needs to be considered.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

4 General aspect of mechanical testing

4.1 Summary of Type Tests

Submarine cable systems require large investments and are costly to repair on the rare occasion that they need to be repaired. Therefore submarine cable system designs must be of high quality and qualified by proper testing of which the type test is an integral and important part. Depending on the cable type the cable system will be subjected to an electrical type test according to CIGRE Technical Brochure TB 490 [5], TB 496 [15], Electra 189 [16] or similar. The type tests shall comprise the appropriate mechanical and electrical tests on the complete cable and accessories. In addition suitable pressure related tests must be performed in order to guarantee the water tightness and pressure withstand capabilities of the cable system design.

NOTE: Type tests which have been successfully performed according to Electra 171 are valid.

4.1.1 Static Cables

The flow charts in this section summarize the tests that have to be performed in the scheme of a type test, see Figure 4-1 -

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Figure 4-3.

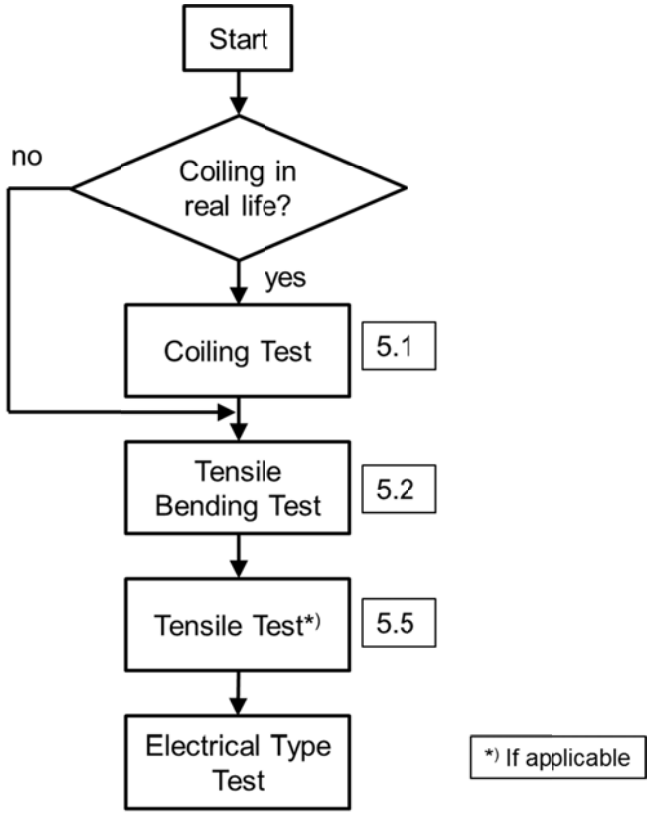


Figure 4-1. Flow chart of the test sequence of mechanical and electrical type test.

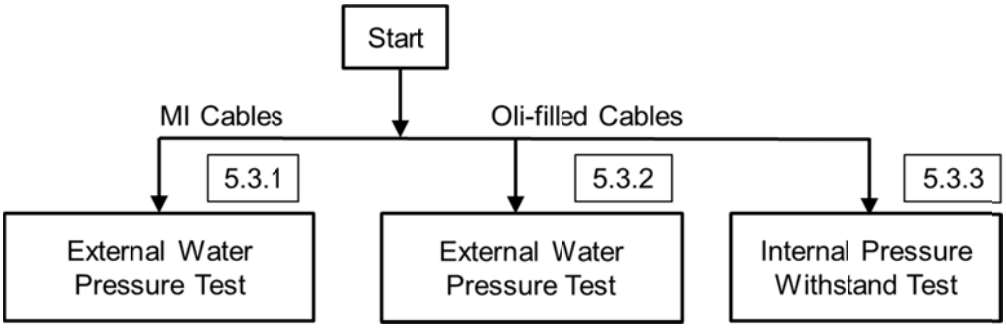


Figure 4-2. Test flow for pressure related test for paper lapped cable types.

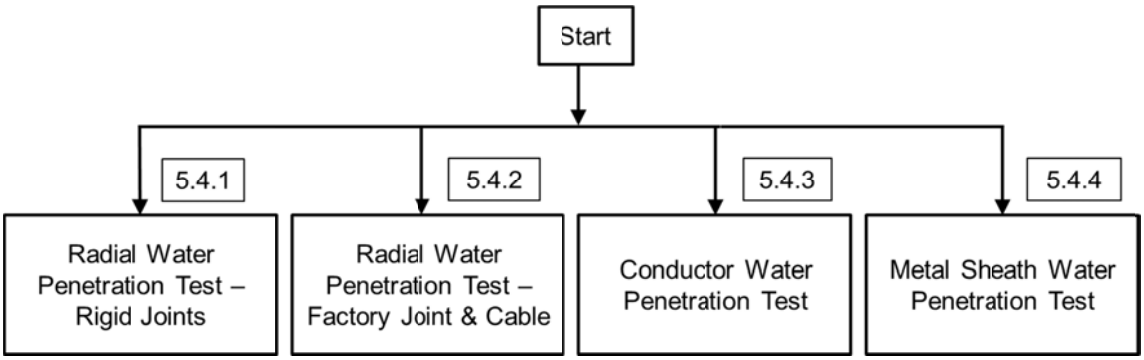


Figure 4-3. Flow chart of the pressure related tests for extruded cable types.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Note that conductor water penetration and metal sheath water penetration tests are not required for MI and oil-filled cables.

This is justified for oil-filled cables as follows. As the oil pressure in the hollow core is larger compared to the water pressure penetrating into the conductor, there is no risk to have water longitudinal penetration in the case of a fault. This is in fact an important criterion of the design of the oil feeding system. Hence it means that it is necessary to maintain the oil pressure along the cable after it is severed and during the repair (see Electra no. 89, “Transient pressure variations in submarine cables of the self-contained oil filled type” [17]).

The justification for MI cables is as follows. The mass-impregnation of the conductor and the papers gives a good longitudinal water tightness of the cable; the cold impregnant becomes very viscous and will stop the penetration of water. It means that it is necessary to have a good impregnation of the conductor, which is normally the case. If not, it will be detected in the electrical test.

For MI and oil filled cables joints are not included in the external water pressure test. The reason for this is that experience has shown that the tensile bending test followed by the electrical test is sufficient to capture any deficient quality in the joint. In addition the external water pressure test might not be appropriate to identify water leakage that occurs at a very slow rate or through diffusion. To verify water tightness of specific components of the joint, such as soldering and PE jacket, complementary component tests can be considered depending on previous experience of the jointing method and/or testing performed. Any complementary component testing should be agreed between the purchaser and manufacturer.

There is no need of heat cycling preconditioning for the external water pressure test for MI and oil-filled cables, because in actual installations this is not the sequence in which the cable system will see duties. The cable system will first see the water pressure duty.

4.1.2 Dynamic Cables

The range of loading conditions acting on dynamic cables may vary significantly depending on environmental conditions, installation configuration and the host platform dynamic characteristics. Testing is performed to confirm that the cable design can withstand all loads expected during the cable’s service life.

The mechanical testing of a dynamic cable is outlined below and summarised in Figure 4-4:

- In order to demonstrate that the cable can meet the largest expected installation or operational tension (whichever is the greatest) and bending load combination, a tensile bending test according to Section 5.2 shall be performed.
- If the expected tensile force without bending, during operation or installation is larger when compared to the tensile force used in the tensile bending test, a tensile test according to chapter 5.5 shall also be performed.
- After the Tensile Bending test and the Tensile test the cable test length shall be submitted to an electrical type test according to the applicable standard or recommendation.
- To demonstrate that the dynamic cable can withstand the expected fatigue damage during the service life a full scale fatigue test should be performed according to chapter 5.6. This test is performed on a separate cable sample different from the ones used in the tensile bending and tensile tests. After completion of the fatigue loading, the sample should be submitted to an electrical routine test according to the applicable standard or recommendation for the actual cable type. The electrical resistance of the conductor and the metal screen should also be measured prior to start of the fatigue loading.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

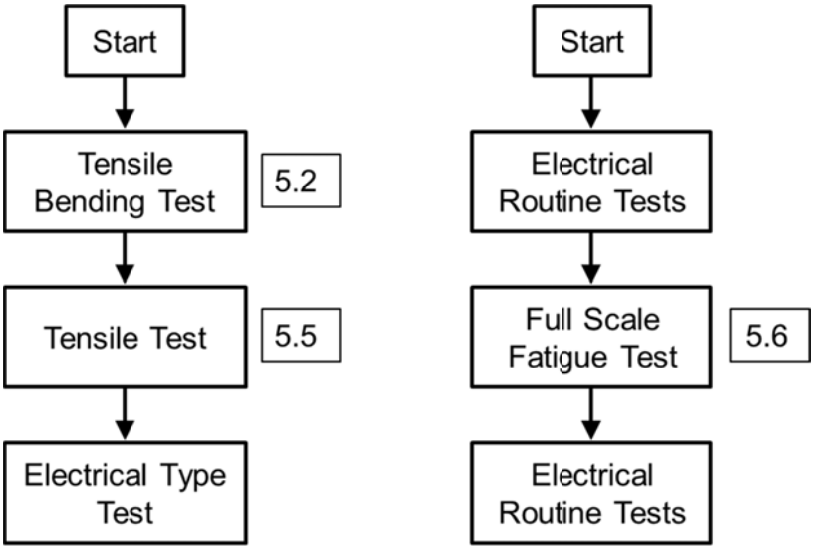


Figure 4-4. Flow chart of the test sequence of mechanical and electrical tests on dynamic cables.

Joints in the static section of the dynamic cable, such as a transition joint to a static cable, can be included in the qualification test if applicable. Joints shall normally not be included in the dynamic section and will therefore not be included in the dynamic cable fatigue test.

For engineering purposes, a tensile characterisation test, see Section 6.10, may be performed in conjunction with the tensile test to establish axial stiffness and torsional balance of the dynamic cable. Alternatively, the tensile characterisation test may be performed on the cable sample used in the full scale fatigue test prior to start of the fatigue loading.

For dynamic cables additional tests can be considered, for instance to verify the performance of accessories and the interaction with the cable, such as:

- Buoyancy modules
- Bend stiffener
- Hang off
- Tether clamp

These tests will be project specific and the test package should be agreed between the manufacturer and the customer.

4.2 Test Conditions

Unless otherwise specified in the details for the particular test, tests shall be carried out at an ambient temperature of (20 ± 15) °C. Any deviation from this temperature range should be agreed upon by the manufacturer and the customer.

4.3 Characteristics of Cable Design / Installation Methods

For the purpose of carrying out and recording the tests described in this brochure, at least the following characteristics must be known or declared:

- Material and construction of metal armour, e.g. material, number, pitch and diameter of wires
- Designed maximum permitted tensile force
- Designed minimum permitted bending radius at zero tension and at maximum tension
- Method for preventing longitudinal water penetration in conductor and under metal screen / sheath (in case of extruded cables)
- Ability of the cable to be coiled including coiling test parameters
- List the objects that are under test including special components such as bend stiffeners, etc. if applicable

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

4.4 Test Tension

The tensile force used in the test of the cable shall be chosen on the basis that the test tension is larger than the tensile force that will be experienced during all steps of the installation (and repair if applicable). The equations in the chapters below covers the tensile forces experienced during cable laying or repair where the cable is suspended from a vessel. If applicable, the tensile force required during pull-in operations in J-tubes or pipes at landing, should also be analysed. Chapter 4.2.1 of CIGRE Technical Brochure TB 194 [18] contains equations which can be used to calculate the force required during a pull-in operation.

The maximum expected tension during cable laying can be established through a dynamic installation analysis where the vessel response and weather limitation of the operation are taken into account. A safety factor should be added according to chapter 4.4.2.2 (Safety factors). If a dynamic installation analysis has not been performed the equations in the chapters below can be used to determine the test force for the tensile-bending test and the tensile test covered in chapters 5.2 and 5.5. The background to the equations can be found in Annex 1.

Potential increases in maximum installation tensions during deployment of rigid joints or other accessories should be considered when establishing the maximum expected installation tension. The increase in tension due to friction when performing recovery over a fixed chute or similar should also be considered.

4.4.1 Water Depth 0 - 500 m

The test tension, *T*, is calculated using the following equation:

Equation 1: $T = 1.3 * w * d + H$

where:

w – submerged weight of 1 m cable [N/m]

d – maximum laying depth [m]

H – maximum expected bottom tension during installation. The value of *H* shall not be taken as less than $40 \cdot w$ [N].

Prerequisites for using Equation 1 is that the weather conditions during the operation are restricted to a significant wave height, $H_s \leq 2$ m. The factor of 1.3, accounting for dynamic forces and including safety factors, may not be sufficiently large in adverse weather. For these cases the test tension should be established based on taking the actual movement of the laying sheave into account. The equations applicable for water depth > 500 m, in chapter 4.4.2, can be used to calculate the test tension.

The test tension, T, is to be rounded up to the nearest 1 kN. The applied test tension shall be at least equal to the calculated test tensions.

4.4.2 Water Depth > 500 m or when dynamic vessel characteristics are known

4.4.2.1 Calculation of maximum installation tensile force

For water depths larger than 500 m, or for projects where the vessel characteristics and laying conditions are known the expected maximum installation tension, T_E, can be derived through a detailed dynamic installation analysis or calculated according to the following equation:

Equation 2: $T_E = w \cdot d + H + D$

where,

w – submerged weight of 1 m cable [N/m]

d – maximum laying depth [m]

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

H – maximum expected bottom tension during installation. The value of *H* shall not be taken as less than $40 \cdot w$ [N]

D – is the dynamic tension [N].

The dynamic tension, *D*, is given by the force resulting from the cables inertia, D_I, and the drag force, D_D, acting on the cable according to the following equation:

Equation 3: $D = \sqrt{D_I^2 + D_D^2}$

The inertia force, D_I, is calculated with the following formula:

Equation 4: $D_I = 1.1 \cdot \frac{1}{2} \cdot b_h \cdot m \cdot L_0 \cdot \omega^2$

where,

b_h - the maximum vertical movement, crest to crest, of the laying sheave [m]

m – mass of 1 m cable, including the mass of sea water inside the cable during installation [kg/m]

ω – $2\pi/t$, circular frequency of the movement of the laying sheave [1/s]

L_0 – is the length of the catenary, and is given by $L_0 = d\sqrt{1 + 2\frac{H}{w \cdot d}}$ [m]

t – movement period [s].

The drag force onto the cable catenary is calculated based on a semi-empirical relationship according the following equation:

Equation 5: $D_D = 500 \cdot OD \cdot R^{0.9} \cdot (b_h \cdot \omega)^{1.8}$

where,

OD – outer diameter of cable [m]

R – Bending radius at touch down point, given by $R = \frac{H}{w}$ [m]

The vertical movement of the sheave and the period should be established based on the actual installation vessel and the worst weather conditions permitted during the operation. If the ship movement details are not known, some guidance for choosing b_h can be found in Appendix 1. The maximum vertical displacement of the sheave, b_h, should be based on the maximum expected wave height H_{max}. The following relationship can be used to estimate the maximum wave height $H_{max} = H_s * 1.9$, where H_s is the significant wave height.

4.4.2.2 Safety Factors to Establish the Test Tension

The expected installation tension, T_E can be derived through a detailed dynamic installation analysis or calculated based on the equations in chapter 4.4.2.1. The test tension, *T*, is established by applying a safety factor on the derived expected maximum installation tension, according to:

$$T = 1.1 \cdot T_S + 1.3 \cdot T_D$$

where

T_s – is the static tension

T_D – dynamic tension

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

If the expected installation tension, T_E is calculated based on Equation 2 the static and dynamic tensions are defined according to:

$$T_S = w \cdot d + H$$

$$T_D = D$$

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5 Type Tests

Factory and repair (flexible) joints shall be included in the test sample if it is a part of the delivery for the tests described in Sections 5.1 Coiling Test and 5.2 Tensile bending test. If rigid joints are planned both as a field joints or repair joints they must be tested mechanically according to the mechanical handling expected during installation before the electrical testing as described in Section 5.5 Tensile Test.

5.1 Coiling Test

5.1.1 Purpose / Applicability

This test applies only to cables which are coiled during manufacturing, storage, transport or laying and does not apply to cables which are simply wound on drums or turntables. During a coiling operation the cable experiences torsion. It is therefore important to check the cable construction after the coiling test.

5.1.2 Preparations / Conditions

The coiling test shall be carried out on a cable of suitable length which forms at least six complete turns of the coil.

The cable shall include at least one factory joint and a flexible repair joint if applicable. The number of joint(s) and the distance(s) between them are determined in accordance with the following principles:

- ***Single core cable***
  A minimum of two complete turns of the coil shall be kept between the joint end and the nearest end of test cable length. If two or more joints are included in the test cable length, the distance between adjacent joint ends shall be at least two complete turns of the coil.

- ***Three core cable***
  The number of phase joints included in the test cable depends on the cable construction. The outer diameter of the armour layer(s) is normally increased over the phase joints due to a larger outer diameter of the joint compare to the unjointed core. This section of the cable, with increased outer diameter of the armour, is considered as a “mechanically special part”. Also see Figure 5-1.

  Two “mechanically special parts” are considered to be mechanically independent if the distance between them is at least one lay length of the outer armour layer, see Figure 5-1 (a). Two mechanical independent sections will not affect each other during a coiling operation. If all “mechanically special parts” on the delivery cable will be sufficiently separated to ensure mechanically independence, the number of phase joints in the test cable and the distances between the phase joints can be determined in accordance with the same principle as for single core cables.

  If several (normally three) phase joints are installed in one continuous “mechanically special part”, or if the separation between two “mechanically special parts” is less than one lay length of the outer armour layer, the phase joints shall be considered as “mechanically dependent”, see Figure 5-1 (b). In this case, the number of phase joints in the test cable shall be at least the same as the number of phase joints that are mechanically dependent in the delivery cable. The distance between the phase joints shall be representative for the minimum distance between the phase joints in the delivery cable. For example, if three phase joints are installed in one continuous “mechanically special part” in delivery cable, at least three phase joints shall be included in the test cable.

  The number of phase joints can be reduced by replacing some of the joints with dummy phase joint(s), if the joint(s) are not to be used in the testing. A dummy phase joint is a section of the cable that has been built up, through taping or moulding, creating an arrangement with similar shape and mechanical properties as a normal phase joint.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

A minimum of two complete turns of the coil shall be kept between the end of a “mechanically special part” and the nearest end of the test cable length. If two or more “mechanically special parts” are included in the test cable length, the distance of the adjacent part ends shall be at least two complete turns of the coil.

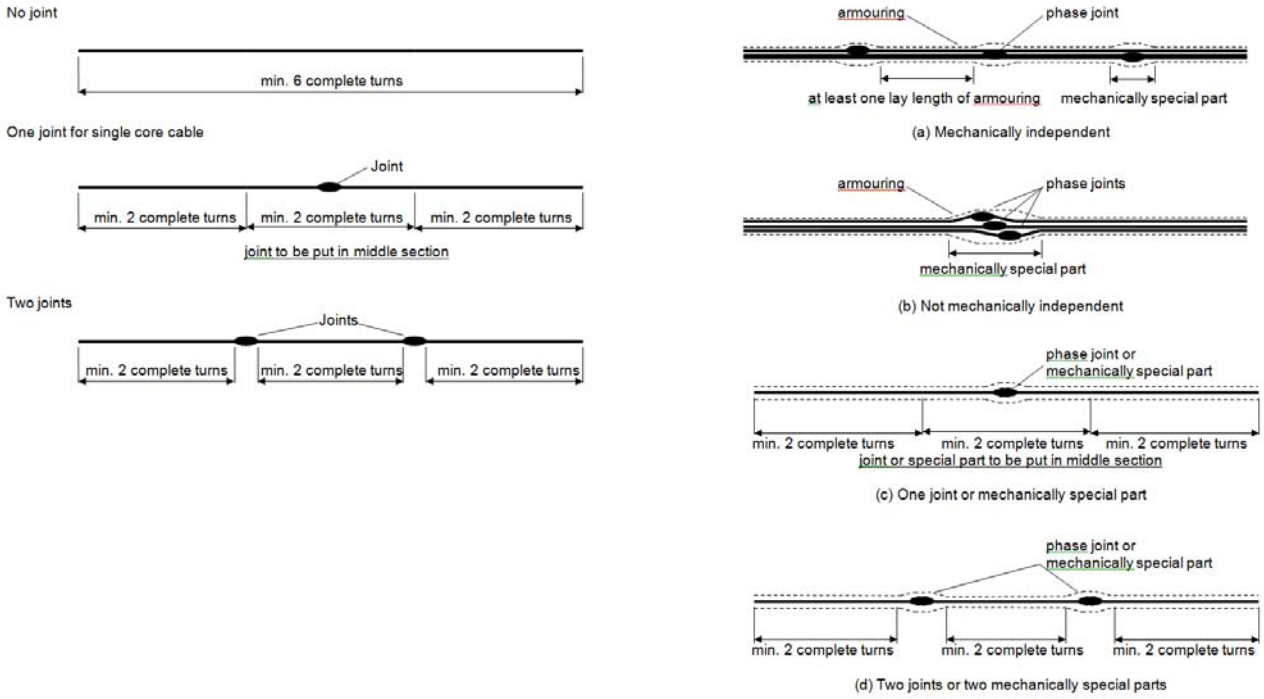


Figure 5-1. Test cable length for coiling test. In the figure a) and b) are referring to three cores cables while c) and d) are referring to single core cables.

The manufacturer shall specify the minimum radius and the direction of coiling to be similar to that envisaged during any coiling operation. The test shall be performed in accordance with the specified radius and direction. The actual radius at the position of the joint(s) shall be recorded, the test qualifies the joints for coiling down to this minimum coil radius.

Before starting the coiling a line parallel to the cable axis shall be marked on the cable in order to check the uniformity of twist in the cable during coiling operations.

The height of the jockey above the top layer of the coiled cable shall not exceed that to be used during any envisaged coiling operation.

If the cable contains optical fibre cable(s), at least one optical cable factory splice shall be included in the coiling test, if the optical cable contains factory splices.

5.1.3 Test

With both ends held in order to prevent rotation, the cable shall be coiled with a minimum coiling diameter equal to the value specified by the manufacturer.

After coiling, the cable shall be rewound onto the storage facility. This cycle of operations shall be performed at least the number of times as expected for the cable during manufacturing, storage, transport or laying.

During the coiling operation the cable twist shall be substantially uniform, as assessed from the previously applied marker line.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5.1.4 Requirements / Discussion

Visual Inspection

After the coiling test the test cable including a joint are to be inspected visually for deformation of the outer layers. A complete visual inspection shall be performed after the mechanical and electrical tests have been completed.

The purpose of the visual inspection is to ensure that the mechanical testing, covered by this Technical Brochure, has not caused any harmful damages to the cable system. It is not possible to specify objective acceptance criteria for all possible deformations and changes that can be encountered during a visual inspection. The visual inspection will therefore always contain some degree of subjectivity. The overall purpose is to check for signs of deterioration which could affect the system in service operation. In some cases it can be helpful to have an untreated cable sample as a reference for the visual inspection.

A sample taken from the central part of the test cable length, and if applicable, also including one of the joints or “mechanically special part”, shall be subjected to the visual inspection. Examination of the samples with normal or corrected vision without magnification shall not reveal any of the following, but not limited to:

- Break, crossing or permanent bird caging of armour wires
- Harmful indentations in the cable core(s); for example resulting in indentations or cracks in lead sheath, sharp indentations of the semi-conductive screen into the insulation.
- For paper cables: breaks in the reinforcing tapes, tears in the insulating papers or harmful creasing in insulation papers.
- For polymeric cables: cracking or damages to the insulation
- Damages to conductor which could have a detrimental effect on the cable performance.

Particular attention should be paid to the same components in the joint including metallic sheath connections.

5.2 Tensile Bending Test

5.2.1 Purpose / Applicability

This test is designed to take into account the forces that apply to cables during laying and normal recovering. The tensile bending test is applicable for cables which are intended to be installed, recovered or repaired with a method that comprises simultaneous bending under tension, e.g. laying over lay wheels, lay chutes or around capstan wheels.

A rigid joint may also be part of the test length if the test cable is sufficiently long such that the rigid joint is not passed around the wheel during the test. See also Tensile test, section 5.5.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Figure 5-2. Tensile bending test.

5.2.2 Preparations / Conditions

Factory and flexible repair joints shall be included in the test sample, if they are a part of the cable system. If applicable, the tensile bending test shall be performed on a sample taken from the cable tested according to chapter 5.1, Coiling Test. If the cable has earthing connections between metallic sheath and armour, the test cable shall also include one of these connections.

The length of the sample shall be at least 30 m. The sample shall be wound on a drum having a radius not larger than the smallest radius of the pay-off wheel, capstan or chute, installed on the cable laying vessel. The length of the cable in contact with the test drum shall not be less than half the circumference of the test drum.

For all mechanical tests all the conductor and armouring shall be bonded together at both ends of the cable by means of an anchoring head which prevents them from longitudinal movement and relative rotation inside it. The cable heads should be installed in a way that the resulting forces on the different cable components far from the ends are equivalent to the distribution of forces during laying. One way to achieve this is to have separate anchoring devices for the armouring and cable core(s) where the relative load sharing can be controlled by a screw device or similar, an example is shown in Figure 5-3. Before the test a small tensile load is applied to the cable and the core anchoring position is adjusted, relative to the armouring anchoring, to ensure that the core is also loaded.

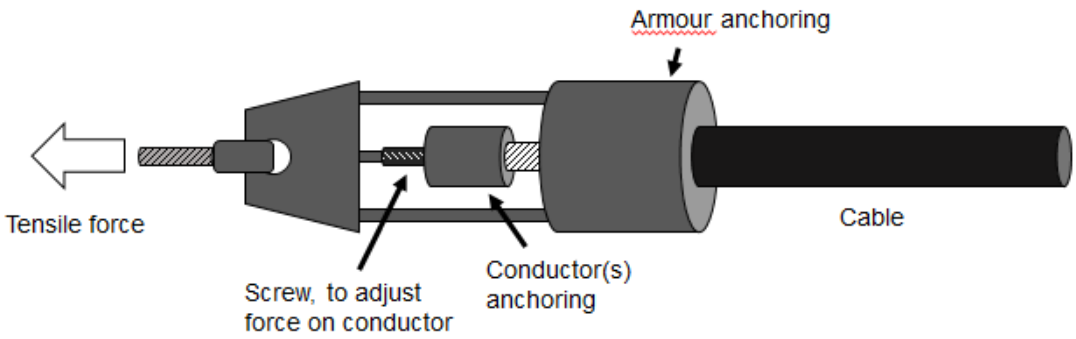


Figure 5-3. Illustration of an example of an anchoring head where relative load sharing between conductor and armour can be controlled.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

One head shall be free-rotating and one shall be fixed. The distance from a cable end to a flexible joint shall be at least 10 m or 5 times the lay length of the outer armour layer, whichever is greater.

If the cable contains optical fibre cable(s), at least one optical cable factory splice shall be included in the tensile bending test if the optical cable contains factory splices.

Establishing the Test Forces

The test force, *T*, used in the test shall be established based on the maximum expected tension during laying or recovery. Recommendation for establishing the test force can be found in Section 4.4.

5.2.3 Test

The tension in the cable shall be brought up to the established test tension, *T*. By means of suitable equipment, the cable sample including joints, if applicable, shall be wound and unwound on the drum for three times consecutively without changing the direction of bending. Figure 5-4 shows an example of a device suitable for carrying out the test.

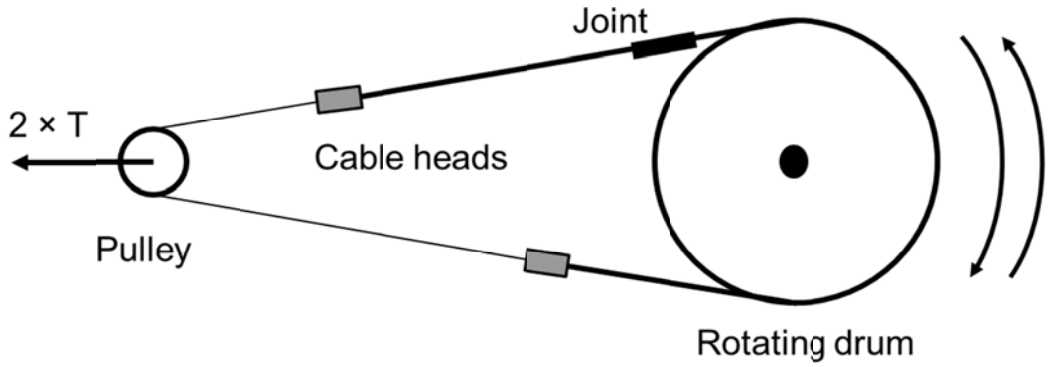


Figure 5-4. Example of set up for tensile bending test with a flexible or factory joint.

For the joints, the wind and unwind on the drum can be achieved in two ways:

1. The joint is wound onto the drum from a straight position on one side and unwound to a straight position on the opposite side of the wheel. This is repeated three times as shown in Figure 5-5.

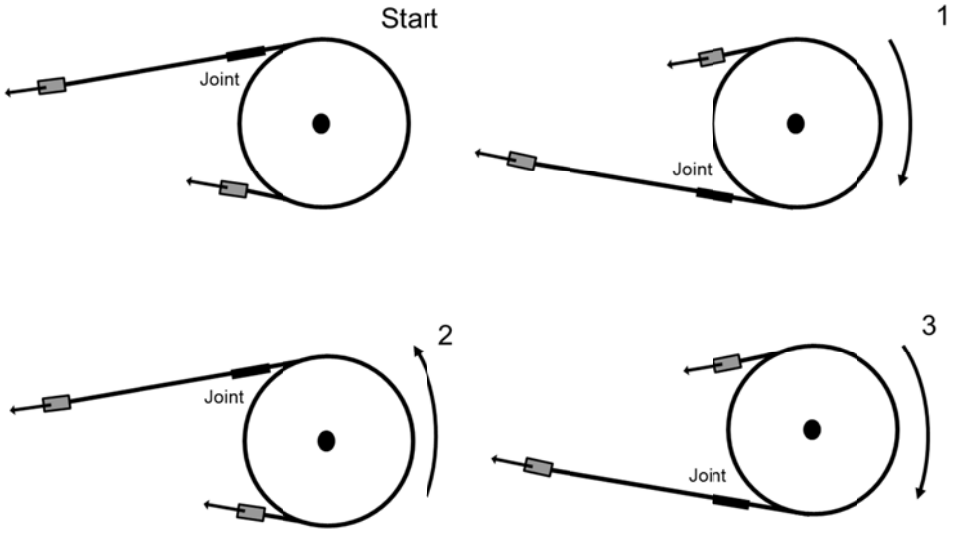


Figure 5-5. Illustration of method to wind and unwind joint during tensile bending test.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2. The joint is wound onto the drum from a straight position, along at least one quarter of the wheel (from position A to position B in Figure 5-6) and the joint is unwound back on the initial side to a straight position (from position B to position A). This is repeated three times as shown in Figure 5-6.

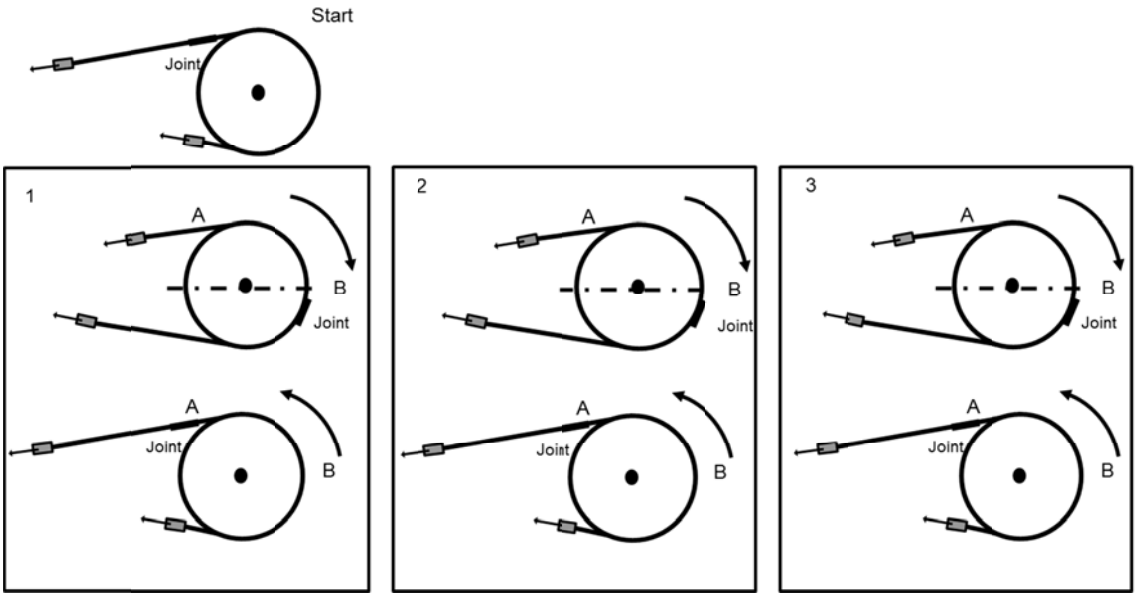


Figure 5-6. Illustration of alternative method to wind and unwind joint during tensile bending test.

The applied load to the cable shall be continuously monitored during the test.

5.2.4 Discussion / Requirements

Electrical Tests

After the Tensile Bending Test the cable test length and its accessories shall be submitted to an electrical type test according to the applicable standard or recommendation for the actual cable type.

Optical Fibre (if applicable)

Experience shows that it is difficult to measure change of attenuation on short lengths. Therefore, after the Tensile Bending test the integrity of the optical fibre shall be verified through a continuity check.

Visual Inspection

After the electrical test; a sample, including a flexible joint if applicable, shall be submitted to visual inspection. The sample shall meet the requirement outlined in section 5.1 Coiling.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5.3 Pressure and Water Penetration Tests on Paper Lapped Cable Types

5.3.1 External Water Pressure Tests – Mass-Impregnated Cables

5.3.1.1 Purpose / Applicability

The external water pressure withstand test is performed to simulate the maximum external water pressure that the cable will experience.

If the cable has conductive connections between metallic sheath and armour, a cable sample including one such connection shall be tested to verify that the connection does not leak when submitted to the maximum water pressure.

5.3.1.2 Preparations / Conditions

If the cable will be coiled during manufacturing, storage, transport or laying, the sample shall be subjected to a coiling test according to Section 5.1 of this Recommendation.

The sample shall be subjected to a tensile bending test according to Section 5.2 of this Recommendation.

5.3.1.3 Test

A cable sample of approx. 5 m, suitably sealed at the ends by means of caps, shall be introduced into a pressure tube and submitted for 48 hours to an external water pressure corresponding to the maximum depth + 50 m for depths up to 500 m and maximum depth + 100 m for depths over 500 m.

5.3.1.4 Discussion / Requirements

After performing the test, a sample neglecting 0.5 m at both ends, shall be submitted to visual inspection. The sample shall meet the requirements in section 5.1 coiling.

Furthermore, the test shall not give rise to the following:

a) water penetration through the radial watertight barrier shall not be accepted

b) water leaks in conductive connections, if any have been included in the test sample

5.3.2 External Water Pressure Tests – Oil-filled Cables

5.3.2.1 Purpose / Applicability

An external water pressure withstand test is performed to simulate the maximum external water pressure that the cable is to be subjected to.

If the cable has conductive connections between metallic sheath and armour, a cable sample including one such connection shall be tested to verify that the connection does not leak when submitted to the maximum water pressure.

5.3.2.2 Preparations / Conditions

If the cable will be coiled during manufacturing, storage, transport or laying, the sample shall be subjected to a coiling test according to Section 5.1 of this Recommendation.

The sample (including a joint in the case it is flexible) must be subjected to a tensile bending test according to Section 5.2 of this Recommendation.

5.3.2.3 Test

A cable sample of approx. 5 m, suitably sealed at the ends by means of caps, shall be introduced into a pressure tube and submitted to a test pressure for 48 hours. The cable shall be internally filled with oil, maintained at atmospheric pressure during the test.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

The test pressure to which the metallic sheath is exposed shall be the maximum pressure difference at the maximum depth + 50 meter for depths up to 500 m and the maximum pressure difference at the maximum depth + 100 m for depths over 500 m.

5.3.2.4 Discussion / Requirements

After performing the test the cable sample shall be inspected, neglecting 0.5 m at both ends. Before dissecting oil filled cable samples may be pressurised to the minimum operating pressure difference.

The sample shall meet the requirements of Section 5.3.1.4.

5.3.3 Internal Pressure Withstand Test – Oil-filled Cables

5.3.3.1 Purpose / Applicability

The purpose of this test is to verify the design with respect to the internal oil pressure.

5.3.3.2 Preparations / Conditions

It is recommended to add a tensile bending test as preconditioning test for single armoured cables when a coiling test is not performed.

A sample of approx. 10 m of finished cable shall be used. Both cable ends shall be fixed in order to prevent any rotation. In the sample under test the tapes of the mechanical reinforcement shall include at least one manufacturing joint of the type normally used by the manufacturer (welded or soldered).

5.3.3.3 Test

The sample shall be submitted for 24 hours to an internal pressure:

$$p' = 1{,}5\ P'_0 + 5 \times 10^5 \quad \text{(Pa)}$$

where:
P'_0 being the maximum pressure difference, in Pascal, to which the metallic sheath will be subjected in service.

5.3.3.4 Discussion / Requirements

After performing the test; a sample neglecting 1 m at both ends shall be submitted to visual inspection. The sample shall meet the requirement in section 5.1 coiling. Furthermore, the test shall not give rise to leaks in the sheath.

5.4 Pressure and Water Penetration Tests on Extruded Cable Types

5.4.1 Radial Water Penetration Test – Rigid Joint

5.4.1.1 Purpose / Applicability

Refer to CIGRE Technical Brochure TB 490 clause 8.7.1 [5].

5.4.1.2 Preparations / Conditions

Refer to CIGRE Technical Brochure TB 490 clause 8.7.4. The tensile test is performed according to sub-clause 7.5 of this Recommendation.

5.4.1.3 Test

Refer to CIGRE Technical Brochure TB 490 clause 8.7.4.

5.4.1.4 Discussion / Requirements

Refer to CIGRE Technical Brochure TB 490 clause 8.7.4.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5.4.2 Radial Water Penetration Test – Factory Joint & Cable

5.4.2.1 Purpose / Applicability

Refer to CIGRE Technical Brochure TB 490 clause 8.7.1 [5].

If the cable has conductive connections between metallic sheath and armour, a cable sample including one such connection shall be tested to verify that the connection does not leak when submitted to the maximum water pressure.

5.4.2.2 Preparations / Conditions

If the cable will be coiled during manufacturing, storage, transport or laying, the sample shall be subjected to a coiling test according to Section 5.1 of this Recommendation.

The sample shall be subjected to a tensile bending test according to Section 5.2 of this Recommendation.

5.4.2.3 Test

A cable sample of approx. 5 m, suitably sealed at the ends by means of caps, shall be introduced into a pressure tube and submitted for 48 hours to an external water pressure corresponding to the maximum depth + 50 m for depths up to 500 m and maximum depth + 100 m for depths over 500 m.

5.4.2.4 Discussion / Requirements

After performing the test, a sample neglecting 0.5 m at both ends, including a factory joint if applicable, shall be submitted to visual inspection. The sample shall meet the requirements in section 5.1 coiling.

Furthermore, the test shall not give rise to the following:

a) water penetration through the radial watertight barrier

b) water leaks in conductive connections, if any have been included in the test sample

5.4.3 Conductor Water Penetration Test

5.4.3.1 Purpose / Applicability

Refer to CIGRE Technical Brochure TB 490 clause 8.7.1 [5].

5.4.3.2 Preparations / Conditions

If the cable will be coiled during manufacturing, storage, transport or laying, the sample shall be subjected to a coiling test according to Section 5.1 of this Recommendation.

The test object shall be subjected to a tensile bending test according to Section 5.2 of this Recommendation.

The test object shall be preconditioned by heat cycles as described in CIGRE Technical Brochure TB 490 clause 8.7.2.

5.4.3.3 Test

Refer to CIGRE Technical Brochure TB 490 clause 8.7.2.

5.4.3.4 Discussion / Requirements

Refer to CIGRE Technical Brochure TB 490 clause 8.7.2.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5.4.4 Metal Sheath Water Penetration Test

5.4.4.1 Purpose / Applicability
Refer to CIGRE Technical Brochure TB 490 clause 8.7.1 [5].

5.4.4.2 Preparations / Conditions
The test object shall be preconditioned by heat cycles as described in CIGRE Technical Brochure TB 490 clause 8.7.3.

5.4.4.3 Test
Refer to CIGRE Technical Brochure TB 490 clause 8.7.3.

5.4.4.4 Discussion / Requirements
Refer to CIGRE Technical Brochure TB 490 clause 8.7.3.

5.5 Tensile Test

5.5.1 Purpose / Applicability
The purpose of this test is to verify the performance of the cable and joints when exposed to an axial tensile force without bending. The tensile test shall be performed if:

- A rigid joint is included in the cable system. A separate tensile test is not required, if the rigid joint is included in the tensile bending test but not passed around the wheel. This qualifies the rigid joint up to the test tension, *T,* used in the tensile bending test.

- The expected axial tensile forces during the cable installation and/or service life are larger than the test tension, *T,* used in the tensile bending test. This could for instance be during a pull-in operation, if a vertical laying spread is used or during operation of a dynamic cable. The test tension, T_s, shall be evaluated according to the specific project.

Factory joints and flexible repair joints shall be included, if they are to be qualified for an axial force, T_s, larger than the test tension *T* used in the tensile bending test Section 5.2, *Tensile bending test*, during straight pull.

For engineering purposes, a tensile characterisation test, see Section 6.10, may be performed in conjunction with the tensile test to establish axial stiffness and torsional balance of the cable.

5.5.2 Preparations / Conditions
The length of the cable used for this test shall be at least 5 times the lay length of the outer armour layer. If a tensile bending test has been performed then this test may be performed on a sample taken from the cable tested according to Section 5.2 (*Tensile bending test*).

The distance from the cable end to any joints shall be at least 10 m or 5 times the lay length of the outer armour layer, whichever is the greater. The cable heads shall be installed in a way that the resulting forces on the different cable components far from the ends are equivalent to the distribution of forces during laying operations – according to section 5.2.2.

One head shall be free-rotating and one shall be fixed.

If the cable has earthing connections between metallic sheath and armour, the test cable shall also include one of these connections.

If the cable contains optical fibre cable(s), at least one optical cable factory splice shall be included in the tensile test if the optical cable contains factory splices.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5.5.3 Test

The tension in the cable shall be gradually increased up to the specified tension, T or T_S. The load shall be held for a minimum of 30 minutes.

The applied load shall be continuously monitored during the test.

5.5.4 Discussion / Requirements

Electrical Tests

After the Tensile Test the cable test length shall be submitted to an electrical type test according to the applicable standard or recommendation for the actual cable type.

Optical Fibre (if applicable)

Experience shows that it is difficult to measure change of attenuation on short lengths. Therefore, after the Tensile test the integrity of the optical fibre shall be verified through a continuation check.

Visual Inspection

After the electrical test (if required), a sample including a joint (if applicable) shall be submitted to visual inspection. The sample shall meet the requirements set out in Section 5.1, Coiling.

5.6 Full Scale Fatigue Test – Dynamic Cables

5.6.1 Purpose/Applicability

The main purpose of the test is to verify that the dynamic cable can withstand the expected fatigue loads experienced during service life. The test is intended for dynamic cables, which will experience reoccurring bending and tension variations during operation.

5.6.2 Preparations/Conditions

The full scale fatigue test shall be according to a project specific test procedure, taking into account installation and operational service parameters. To demonstrate the required service life, the test program shall be designed so that the accumulated fatigue damage during the test is greater than or equal to the accumulated fatigue damage during operation.

The fatigue damage during operation is established through analysis as outlined below:

- Global analysis, where the tension and curvature distribution during service life is established.
- Local analysis, where the global loads are related to stresses/strains in the internal cable components.
- Fatigue damage accumulation, where the component stress/strains are transformed into fatigue damage based on S-N data for the cable components.

Prior to application of the fatigue loading an electrical test is performed on the test length to verify the cable integrity. The electrical test should be performed as a routine test according to the applicable standard or recommendation for the actual cable type.

If the cable contains optical fibre cable(s), continuity of the fibres shall be verified before the test.

The test sample should have end fittings attached at both cable ends where the armour and cores are anchored. A bend stiffener, bell mouth or similar is utilised in the test setup to control the cable curvature

The test sample shall be sufficiently long to allow electrical testing after completion of the fatigue loading. The distance from the end fitting to the top of the bend stiffener or bell mouth shall be at least one pitch length of the outer armour wires, unless the bend stiffener is mounted at a shorter distance from the end termination in service. The distance from the fatigue loaded section of the cable to the other end fitting should be sufficiently long to minimise end effects, as a minimum a distance of one pitch length of the outer armour wires is recommended.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5.6.3 Test

The cyclic bending of the cable is divided into a number of blocks, typical 5-7, each with different bending radius and number of cycles. The total number of cycles in all blocks should be at least $1.5x10^6$ for a test representing 20 years of dynamic operation. The bending radius and number of cycles for each block shall be chosen to achieve a similar distribution of fatigue damage between small and large cycles as experienced during service life. The number of cycles within each block is adjusted to achieve total accumulated fatigue damage equal or greater than the expected fatigue damage during service life.

A constant tensile force, representative of the tensile force experienced during fatigue loading, is applied onto the cable during the bending cycles.

The frequency of the bending cycles should be chosen such that unacceptable temperature increase is avoided during the test due to friction between the internal components.

5.6.4 Discussion / Requirements

After completion of the fatigue loading the cable test length shall be submitted to an electrical routine test according to the applicable standard or recommendation for the actual cable type. Acceptance criteria for electrical test and resistance measurement shall be in accordance with the applicable standard or recommendation for the actual cable type.

All optical fibres (if included) shall be checked for continuity. No fibre breaks shall be detected.

After the electrical test the cable shall be dissected and subjected to visual inspection. A cable that has undergone a fatigue test simulating the entire service life can be expected to suffer some wear and layer degradation. The overall purpose of the inspection is to check for signs of deterioration which could affect the system in service operation. Examination shall not reveal any of the following:

- Cracks or holes in the outer sheath
- Permanent bird caging or break of more than two armour wires per layer.
- Cracks or holes in the core sheath.
- Cracking or damages to the insulation
- Damages to conductor which could have a detrimental effect on the cable performance.

The metallic sheath from one core shall be subjected to a dye penetration examination as a mean to find any fatigue induced cracks. The test shall not reveal any cracks or holes that penetrates through the metallic sheath.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6 Project Specific Tests and Special Tests

6.1 Introduction

Type tests are normally sufficient to verify the design of cable and accessories. However, if experienced design values are exceeded or there are changes in the conditions related to for instance handling, installation or operation then special considerations may be required. In specific cases one or more project specific test(s) for engineering or development purposes and/or qualification may be needed.

It is not intention that all tests described in chapter 6 are automatically part of testing regime for submarine cable systems, but more an exception to study and/or address project specific issues or for engineering information.

Examples of specific issues that may need to be considered either by engineering means or by project specific tests are:

- Deeper water depth, different climate or different environments like seabed conditions
- New type of cable storages, roller ways, pulling or breaking devices or other equipment
- New type of laying, installation, protection or repair method or configuration

This chapter gives examples of tests. Other tests may also be considered. The intention of many of the tests is to verify that equipment or special conditions together with the cable system design give acceptable results.

Table 3: Overview of project specific tests and special tests

Item that can be tested / Project specific tests and special tests	Cable	Cable joint and earthing connection	Cable reel, roller way, cable basket, chute	Cable handling equipment	Vessel	Environment	Final installation (backfilling, duct installation, J-tubes etc.)
6.2 Bending test without tension	X	X	X				X
6.3 Crush test	X	X		X			
6.4 Crush test for long term stacking	X	X	X				
6.5 Sidewall force test	X	X	X	X			
6.6 Impact test	X						X
6.7 Pulling stocking test	X			X			
6.8 Handling test for rigid joint	X	X		X			
6.9 Sea trial	X	X	X	X	X	X	
6.10 Tensile characterisation test	X			X			
6.11 Friction Coefficient test	X			X			X

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6.2 Bending Test Without Tension

6.2.1 Purpose / Applicability

The purpose of the test is to verify the integrity of the cable when being bent to a small bending radius without tension. The test is recommended to be performed when the relative bending radius during handling of the cable is smaller compared to what has previously been verified with a similar cable design.

A smaller bending radius could for instance be required for deliveries on drum or in storage of a spare cable on a drum or basket.

6.2.2 Preparations / Conditions

Factory joint and earthing connection should be included in the test sample, if they will be handled on the same bending radius as the cable.

The test can be performed on a complete armoured cable or on a sheathed cable core depending on where in the production or installation phase the bending to small bending radius will be performed.

6.2.3 Test

It is recommended that the test is based on the bending test method described in IEC60840 [6] or IEC62067 [7]. However, the number of bending repetitions and the bending radius should reflect the expected conditions during cable handling.

6.2.4 Discussion / Requirements

Electrical Test

After completion of the bend test it is recommended that an electrical routine test is performed according to the applicable standard or the recommendation for the actual cable type.

Visual Inspection

After the electrical test, the sample shall be submitted to visual inspection. The sample should meet the requirements set out in Section 5.1.4 for the condition of the cable after the coiling test.

6.3 Crush Test

6.3.1 Purpose / Applicability

The purpose of the test is to verify that the cable can withstand the expected crush loads during installation or repair. This test replicates the crush loads experienced by the cable during installation with a linear tensioner system where traction is achieved by squeezing the cable between two or more tracks. The tracks can consist of tires, belts or pads.

The test is recommended if the crush loads are more severe than that previously tested with a similar cable design. For tensioners, the shape and material of the pads will affect the maximum crush capacity of the cable. A crush test is also recommended if the design (shape or material) of the tensioner pads have been significantly changed compared with the previously verified design.

The contribution of radial force from the armour wires when the cable is in tension should also be considered. This can be performed by applying the maximum installation tension, see Section 4.4, to the cable simultaneously as the crush load is applied. Alternatively, the crush load can be increased to compensate for the additional radial forces resulting from the armour wires when the cable is exposed to the maximum installation tension.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6.3.2 Preparations / Conditions

The test set-up should represent the tensioner system installed on the cable laying vessel; the number of tracks and the wheel, pad or belt geometry and the material should be comparable.

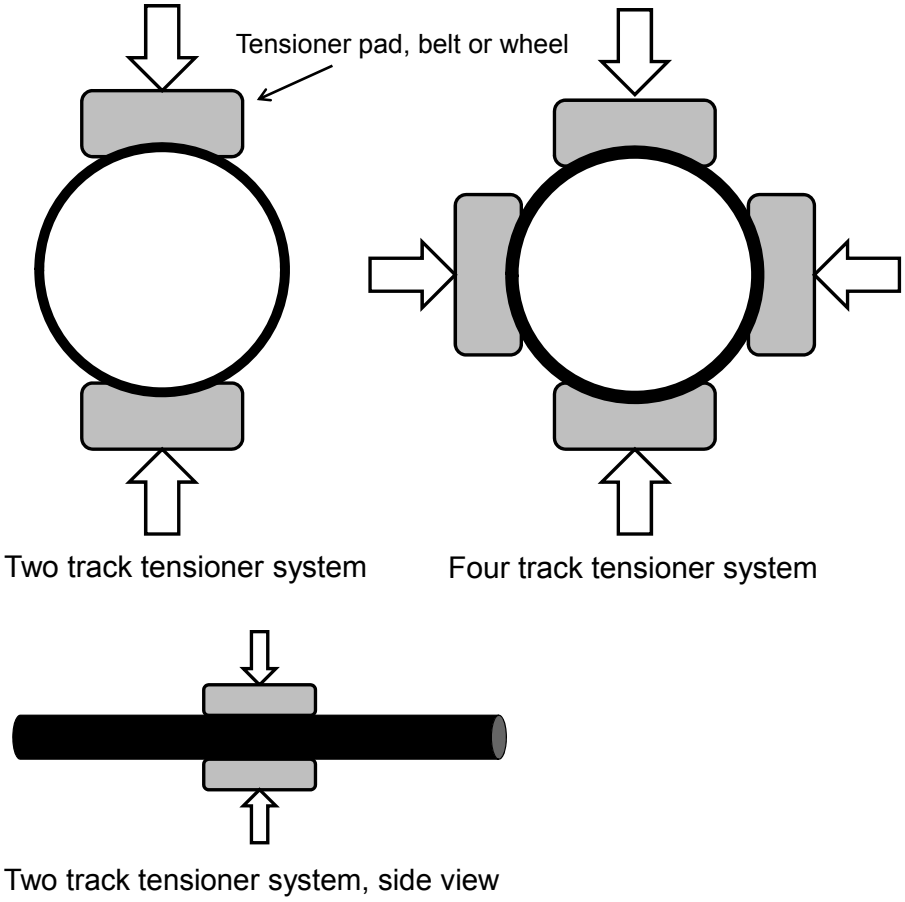


Figure 6-1. Tensioner systems.

Factory joints and flexible repair joints should also be tested if they will experience a crush load.

6.3.3 Test

The crushing load is gradually increased from zero up to the specified load. It is recommended that the load is held for a minimum of 1 h.

6.3.4 Discussion / Requirements

Visual Inspection

After the crush test the sample shall be submitted to visual inspection. The sample shall meet the requirements set out in Section 5.1.4 for the condition of the cable after the coiling test. Particular attention should be paid to harmful indentations in the cable core(s).

Optical Fibre

If the sample contains an optical fibre, the integrity of the optical fibre should be verified through a continuation check.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6.4 Crush Test for Long Term Stacking

6.4.1 Purpose / Applicability

The purpose of this test is to verify that the cable can withstand long term crush loads representative for stacking during storage, transportation or operation.

The test is recommended if the crush loads are more severe than that previously verified with a similar cable design.

6.4.2 Preparations / Conditions

The cable(s) is placed on a flat surface, representative of the actual conditions during stacking. If applicable, at least one cable shall include a factory joint. A constant load is applied to the cable(s) by means of weights or other mechanical devices. Figure 6-2 shows an example of test setup using weights.

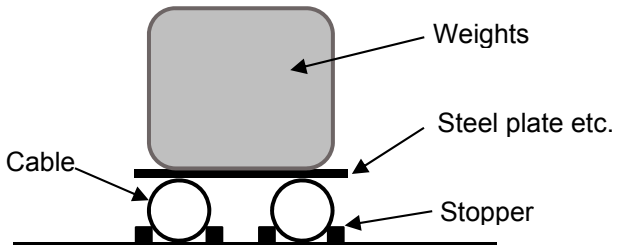


Figure 6-2. Test arrangement example.

6.4.3 Test

The cable diameter should be measured prior to the test and should be continuously monitored during the test by a suitable device. The diameter may change over time due to the applied load. The load should be applied for at least 7 days.

6.4.4 Discussion / Requirements

After the long term crush test the sample shall be submitted to visual inspection. The sample shall meet the requirements set out in Section 5.1.4 for the condition of the cable after the coiling test. Particular attention should be paid to harmful indentations in the cable core(s).

6.5 Sidewall Force Test

6.5.1 Purpose / Applicability

The purpose of the test is to verify that the cable can withstand the sidewall forces that the cable will be exposed to during installation or operation. Sidewall forces are radial forces that arise when a cable is in tension simultaneously as it is bent against another object. This may for instance occur when pulling the cable over rollers or pulling the cable over a fixed metallic curve like a chute or J-tube.

In the tensile bending test a sidewall force, representative of a capstan wheel or chute during installation, is applied to the cable. This test is intended to cover other situations, which might result in larger sidewall forces or large point loads from rollers or similar. The test is recommended if the expected sidewall force during the cable installation is more severe than that previously verified with a similar cable design. The test may be performed as a destructive test for information.

The interaction between the cable and the item of contact for the cable decides the character of the sidewall force and can be divided into the following three situations:

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Distributed Contact Force per Unit Length

A force per unit length will be exerted onto the cable when it is in contact over an arc of a bend. This force is also often referred to as *Sidewall bearing pressure*. This loading situation is also tested as part of the Tensile bending test.

The resulting contact force has the unit N/m.

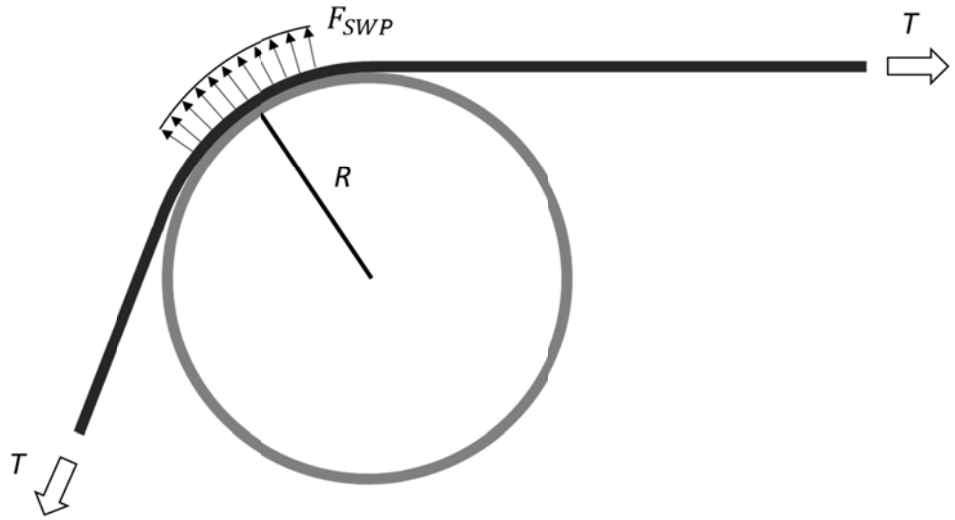


Figure 6-3. Distributed contact force per unit length, illustration.

The force per unit length, F_{SWP}, is given by:

$$F_{SWP} = \frac{T}{R}$$

Where

T – is the cable tension

R – is the bending radius of the curve

Distributed Point Contacts

If the cable is pulled around a bend built up of rollers this will result in a contact force between each roller and the cable. The sidewall force per unit length is divided between the rollers and has the unit N. The bending radius of the cable is the same as the bending radius of the curve built up by the rollers.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

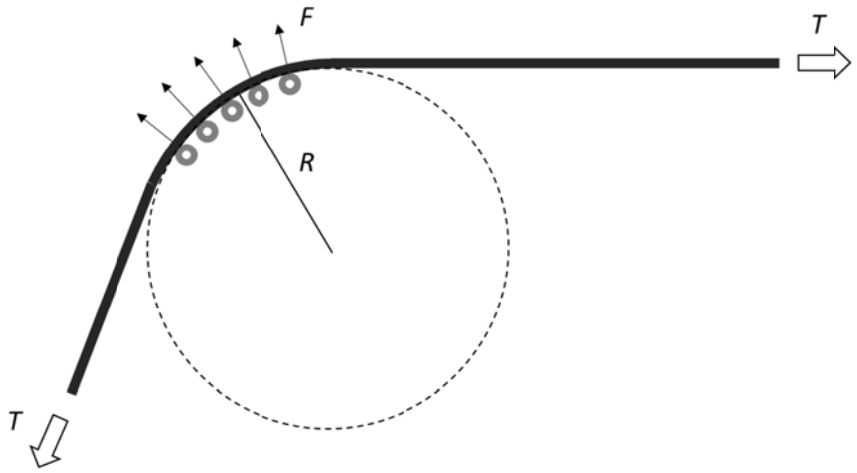


Figure 6-4. Distributed point contacts, illustration.

The force between each roller and the cable is given by:

$$F = \frac{T \cdot d}{R}$$

where,

d – is the distance between each roller [m].

R – is the bending radius of the curve built up by the rollers [m]

Point Contact

A third situation arises if the cable is bent over an object but the bend stiffness of the cable prevents it from following the radius of the object. The bending radius of the cable is larger compared to the radius of the object. This will result in a contact force between the object and the cable with the unit N.

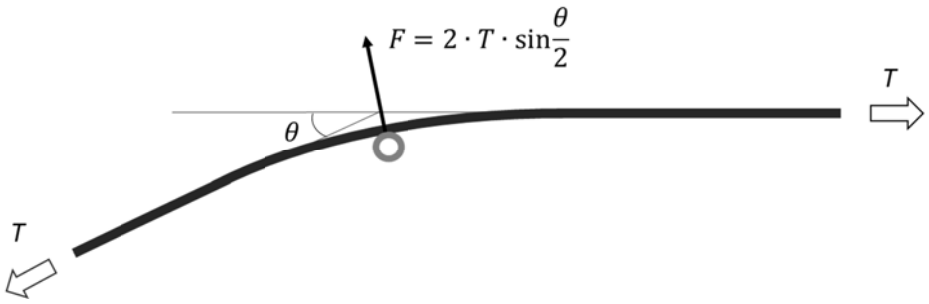


Figure 6-5. Side wall pressure due to point contact.

The sidewall force, *F*, onto the cable is given by:

$$F = 2 \cdot T \cdot \sin\frac{\theta}{2}$$

where

θ – is the angle between the directions of pulling

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6.5.2 Preparations / Conditions

The test set-up should represent the actual installation conditions with regards to shape and size of object(s) in contact with the cable, the loading arrangement (see 6.5.1) and the applied tension.

6.5.3 Test

The tension in the cable is gradually increased up to the specified tension. While in tension the cable is pulled around the specified object(s).



Figure 6-6. Example of simulation of cable moving against a guiding plate of a capstan wheel.



Figure 6-7. Example of destructive test in which a 3-core cable is moving against rollers which are too far away from each other. In the picture the rollers apply a sidewall force to the cable which is too high.

6.5.4 Discussion / Requirements

After the side wall force test the sample shall be submitted to visual inspection. The sample shall meet the requirements set out in Section 5.1.4 for the condition of the cable after the coiling test.

6.6 Impact Test

6.6.1 Purpose / Applicability

The test is primarily performed for information to establish the impact capacity of the cable and to give an indication of the effect of a typical impact. Impact damage may for example result from accidentally dropped objects.

Rock placement may be used as a protection method where the rock size is chosen to be small enough to avoid cable damage and large enough to give suitable long term protection. An impact test to simulate rock placement is recommended if the expected impact energy from the rocks is larger compared to what has previously been verified to be acceptable with a similar cable design and installation.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6.6.2 Preparations / Conditions

The cable sample length depends on the number of impact positions. The minimum distance from the end to the impact location of the cable should be at least 0.5 m.

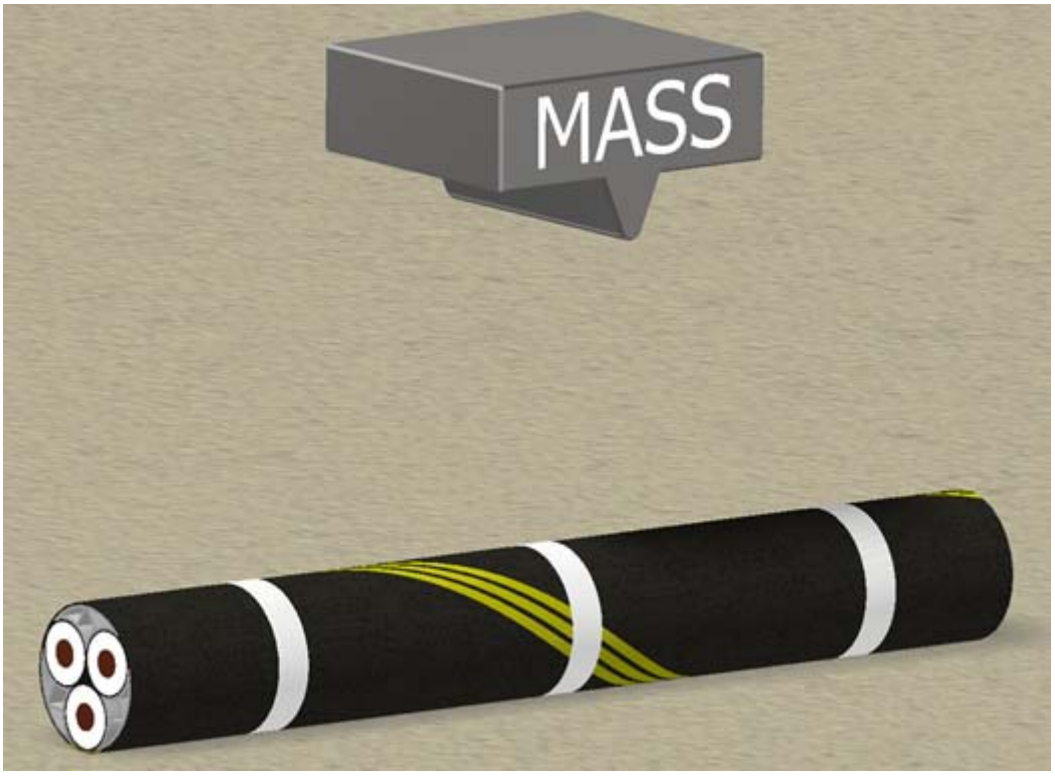


Figure 6-8. Schematic illustration of an impact test setup.

The cable is placed on a flat surface representative of the actual soil conditions; this can for example be a sand bed. If a rigid support is used, the impact energy transferred to the cable will increase compared to a soft support. Tests performed on a rigid support will therefore provide a conservative estimate of the impact capacity of the cable applicable for all sea bed types.

6.6.3 Test

The impact test is performed by dropping a hammer with a certain mass from a specific height. The shape of the front of the hammer should reflect the expected impacting object.

The impact energy in the test can be calculated as a function of drop height and hammer mass according to:

$$E = m \cdot g \cdot \Delta h$$

where:
E – impact energy [J]
m – mass of hammer [kg]
g – gravitational constant [m/s^2]
h – drop height [m].

For a three core cable, the orientation of the cores with respect to the impact location can affect the severity of the impact. It is therefore recommended that the test is performed for different orientations to find the most severe orientation. Examples of impact locations are directly over a core or on top of a filler profile containing an optical fibre as shown in Figure 6-9.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

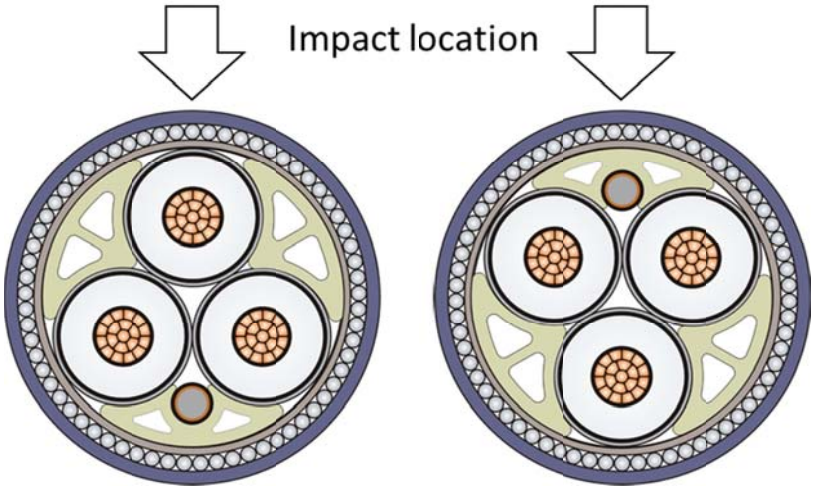


Figure 6-9: Illustration of impact location on three core cable

The test is repeated with gradually increasing impact energy. The cable is moved between each impact and a distance of at least 0.5 m should be used between each impact location.

Example of Typical Impact Test Procedure

1. Mark the impact locations on the cable.
2. Position the cable in the test rig at the first drop location.
3. Adjust drop mass and/or height to achieve specified energy level at location.
4. Execute impact.
5. Remove impact hammer and mark actual impact location for future identification.
6. Execute FO continuity check
7. Repeat steps 2, 3, 4, 5 and 6 for all specified drop locations.
8. Perform visual inspection.

6.6.4 Discussion / Requirements

Visual Inspection

After completion of the impact test the sample shall be submitted to visual inspection. The sample should meet the requirements set out in Section 5.1.4 for the condition of the cable after the coiling test. During impact testing the energy may be transferred to the core(s) and cause damage to the inner semiconductor while still leaving the metallic sheath intact and without physically damaging the outer semiconductor.

Optical Fibre

If the sample contains an optical fibre, the integrity of the optical fibre should be verified through a continuation check.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Figure 6-10. Photo of three core armoured cable after impact test.

6.7 Pulling Stocking Test

6.7.1 Purpose / Applicability

This test is performed to verify the integrity of the cable after being held by a pulling stocking. The test procedure is also applicable for other cable holding devices that grip the cable through friction by applying a radial force onto the cable.

During laying, jointing and lifting operations, the cable may be attached to the vessel by a pulling stocking (sometimes referred to as a Chinese finger). During these operations, the cable is suspended and undergoes cyclic tensile forces.

This test is recommended to be performed if the design of the pulling stocking, cable design or tensile loads differ from what has previously been verified to be acceptable. If the pulling stocking is applied to an end that will be removed the test is normally not necessary.

6.7.2 Preparations / Conditions

The length of the cable should be at least 10 m or 5 times the lay length of the outer armour layer, whichever is greater.

The cable is fastened by the pulling stocking in one end and a cable head is in installed on the other end. The cable head should be installed in such a way that the resulting forces on the different cable components are equivalent to the distribution of forces during laying operations – according to section 5.2.2.

Factory joints do not need to be tested, if they are not intended to be supported by the pulling stocking.

6.7.3 Test

The cable, fastened by the pulling stocking, should undergo a cyclic tensile test. The mean tensile force, the tensile force amplitude and number of cycles should be representative for dynamic conditions during which the pulling stocking is used.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6.7.4 Discussion / Requirements

Electrical Test

After completion of the bend test it is recommended an electrical routine test is performed according to the applicable standard or recommendation for the actual cable type.

Visual Inspection

After the electrical test, the sample shall be submitted to visual inspection. The sample should meet the requirements set out in Section 5.1.4 for the condition of the cable after the coiling test.

6.8 Handling Test for Rigid Joint

6.8.1 Purpose / Applicability

The purpose of the handling test is to verify the ability of the rigid joint, together with cable, to withstand the expected handling during off-shore installation.

If mechanical supports such as bend stiffeners or bend restrictors are used, these should be included in the test.



Figure 6-11. Example of handling test on rigid joint with bend restrictors.

6.8.2 Preparations / Conditions

The test is performed on a rigid joint including at least 10 m of free cable length on both sides of the joint. If mechanical supports such as bend stiffeners or bend restrictors are used, these should be installed on the cable.

Depending on the purpose of the test, core joints may be excluded, for example if the primary purpose is to verify the bending radius of the cable and the interaction with the bend protection system outside the joint.

6.8.3 Test

The test object shall be moved according to the planned handling situation off-shore. The load is applied to the test object either by lifting the joint and cable or by applying a tension on the cable in relation to a joint that has been fixed by clamping or similar. Cable bending radius should be monitored during the test.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

The test procedure shall be repeated the same number of times as is expected during the actual installation and laying situations.

6.8.4 Discussion / Requirements

The cable bending radius on both sides of the rigid joint shall not be less than the minimum bending radius of the cable without tension.

After the test the cable and the rigid joint shall be visually inspected according to Section 5.1.4.

6.9 Sea Trial

6.9.1 Purpose / Applicability

A sea trial is a very costly test and should only be performed in exceptional cases. The focus of the sea trial test is the interaction between the submarine cable and the installation equipment. In special cases, where for example installation conditions are close to the operational limits of the laying spread, if the installation and protection techniques utilised significantly differ from established practice, a sea trial may be a required to confirm the overall installation capability.

A sea trial can include the laying vessel, but it can also focus on other aspects of the installation such as post lay protection.

Mechanical tests covered in this Technical Brochure are intended to reproduce actual installation conditions as far as possible. The benefit of performing laboratory test is that the test loads (anticipated during installation) are controlled and safety factors can be introduced.

A sea trial test is not meant as a qualification test of the cable system design. Changes in the mechanical construction of a cable will not normally give grounds for a sea trial.

6.9.2 Preparations / Conditions

The object under test depends on the issues to be tested during the sea trial. Accessories such as repair joints, field joints, factory joints and earthing connections between metallic sheath and armour are only included if relevant for the test.

6.9.3 Test

The laying spread, equipment used, installation conditions and cable system shall be representative of the actual conditions for the cable installation.

6.9.4 Discussion / Requirements

The tests to be performed after the sea trial test will depend on the issues to be investigated. The following tests are recommended:

Electrical Test
After the Sea Trial Test the cable test length shall be submitted to an electrical test as a minimum corresponding to an after laying test. Additional or alternative electrical test can be agreed.

Visual Inspection
After the electrical test, the sample shall be submitted to visual inspection with the aim of discovering significant damage and water leaks.

Optical Fibre
If the sample contains an optical fibre, the integrity of the optical fibre shall be verified after the sea trial test.

Acceptance criteria and other additional tests can be agreed between the customer and the manufacturer.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6.10 Tensile Characterisation Test

6.10.1 Purpose / Applicability

The test is performed for engineering information to establish axial stiffness, torsional balance and rotational characteristics of the cable. These characterisation measurements can be performed during the Tensile Test, section 5.5, if applicable.

Axial stiffness, *EA*, is a measure of the axial elongation of the cable as a function of the applied tensile load. The axial stiffness can be computed as:

$$EA = \frac{T}{\varepsilon}$$

Where *T* is the applied axial tension and ε is the cable strain, given by the change in length Δl per unit of the original length l according to:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

The induced twist per unit length as a function of the applied tension is a measure of the torsional balance and rotational characteristics of the cable. By measuring the rotation angle at two positions along the cable, ϕ_1 and ϕ_2, which are separated by a distance, l, the twist per unit length can be calculated from:

$$\frac{\Delta\phi}{l} = \frac{\phi_1 - \phi_2}{l}$$

6.10.2 Preparations / Conditions

The length of the cable used for this test should be at least five times the lay length of the outer armour layer. The cable heads should be installed in a way that the resulting forces on the different cable components remote from the ends are equivalent to the distribution of forces during laying operations. One head shall be free-rotating and one shall be fixed.

The cable should be as straight as possible during the test in order to avoid introducing effects from straightening of the cable when the tensile load is applied. This can be achieved by placing the cables on rollers or similar.

Cable elongation is measured over a distance of the cable using elongation sensors. Rotation can be measured by monitoring the angular rotation of the free rotating head or by measuring the relative rotation at two positions, at a defined distance along the cable, using angular sensors.

6.10.3 Test

The tension in the cable shall be gradually increased up to the specified maximum tensile tension, *Ts*. The load application should be sufficiently slow to avoid introduction of dynamic effects. This maximum tension should be maintained for a minimum of 15 min. The tension should then be decreased down to the minimum tension, T_0.

The minimum tension, T_0, should be chosen so that the cable is maintained straight during the load cycles. A recommended value is:

$$T_0 = w \cdot L$$

where:
w = weight of 1 m cable in Newtons
L = length of cable used for the test

The tension T_0 is equal to the weight of the total cable length under the test, and represents roughly the tension required to keep the cable straight with the aid of suitable supports (eliminating in this way any catenary).

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

The load cycle should be repeated three times or until stable elongation and rotation readings are achieved. Applied load, elongation and rotation should be recorded throughout the test.

6.10.4 Discussion / Requirements

The evaluation of the parameters should be performed based on stable readings because initial setting and straightening of the cable can occur during the first load cycles.

To separate straightening of the cable from elongation it is recommended to have two sets of elongation sensors, facing each other on opposite sides of the cable. Axial elongation is calculated as the average of the two recordings. Alternatively, the effect of straightening can be reduced by ensuring that the cable is straight and measuring elongation over a long section of the cable.

6.11 Friction Coefficient Test

6.11.1 Purpose / Applicability

Existing information on submarine cable pulling forces, friction coefficients and friction forces is often of value If new conditions, equipment or cable design is planned, then it may be reasonable to make friction tests to get engineering information about friction of these submarine cables in different conditions.

Changes in installation conditions can also have an impact on the friction coefficient, for instance:

- Static or dynamic conditions
- Temperature
- Rough or smooth surface
- Water, oil, lubricant, mud, sand, ice, tape, sheet or other third material or agent in contact with the cable surface
- Properties of cable material in a caterpillar belt or rubber wheel
- Edges and bending radius
- Radial force or pressure
- Change of material properties due to wear or ageing
- Deformation of a cable or deformation of contact material

Places where friction plays some role are:

- Cable sliding against a sheave, chute, caterpillar contact surfaces, capstan wheel or other laying equipment on a cable laying vessel
- Cable sliding in pulling grips (Pulling Stockings) or in clamps/ropes and in buoyance units
- Cable sliding against a wall of a straight or curved pipe, hole or cable support during installation
- Cable sliding in cable clamps during cable operation

6.11.2 Preparations / Conditions

Test conditions should reflect actual conditions. Some safety margin in test conditions or in analysing the test results may be applied if necessary. Several samples and repeated test will give some information on the variation of values. Tests may also be done also to reflect real conditions. In all tests suitable representative pieces of submarine cable are needed. In the following the basic test methods are described. The test rig can change depending on the situation it is required to represent.

6.11.3 Test

To measure static friction a cable is pulled in test conditions or in real conditions and a dynamometer is used to register the maximum force, which is needed to make the cable start moving. The coefficient of friction is calculated by dividing the pulling force by the weight of the test object. Another way to measure the static friction is to place a cable sample on a horizontal surface of the material which is being tested.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Then the surface will be inclined slowly until the cable starts to slide. The angle where the cable starts sliding is registered and the coefficient of friction is calculated from the inclination angle. The coefficient of friction, μ,is given by;

$$\mu = \tan \alpha$$

where α is the inclination angle where cable starts to slide.

To measure dynamic friction the cable is moved with a realistic speed against the test surface. The pulling force is measured. Normally the pulling force has some variation and it is recommended to register several values to get an average value and variation of values.

6.11.4 Discussion / Requirements

If a static and/or dynamic friction test is done, it is done for engineering information. There are no requirements for coefficient of friction.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

7 Bibliography / References

[1] ELECTRA 68, 1980, CIGRE Working Group 21.06, “Recommendations for mechanical tests on submarine cables”

[2] ELECTRA 32, 1974, “Recommendations for tests on DC cables for a rated voltage up to 550 kV”

[3] ELECTRA 171, April 1997, CIGRE Working Group 21.02, “Recommendations for mechanical tests on submarine cables”

[4] CIGRE TB 610, 2015, Working Group B1.40, “Offshore Generation Cable Connections”

[5] CIGRE TB 490, 2012, Working Group B1.27, “Recommendations for testing of long AC submarine cables with extruded insulation for system voltages above 30(36) to 500(550) kV”

[6] IEC 60840 Ed.2, February 1999 and Ed.3, April 2004, “Power Cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV (Um= 36 kV)) up to 150 kV (Um= 170 kV) – Test methods and requirements

[7] IEC 62067 Ed.1, October 2001,” Power Cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 kV (Um= 170 kV)) up to 500 kV (Um= 550 kV) – Test methods and requirements”

[8] IEC 60885-3 Ed.2.0, April 2015, “Electrical test methods for electric cables - Part 3: Test methods for partial discharge measurements on lengths of extruded power cables”

[9] CIGRE TB 398, 2009, Working Group B1.21, “Third Party Damage to Underground and Submarine Cables”

[10] CIGRE TB 379, 2009, Working Group B1.10, “Updating of Service Experience of HV Underground and Submarine Cable Systems”

[11] “Offshore Electrical Cable Burial for Wind Farms: State of the Art, Standards and Guidance & Acceptable Burial Depths, Separation Distances and Sand Wave Effect” prepared for Bureau of Ocean Energy Management, Regulation & Enforcement - Department of the Interior, US, November 2011.

[12] International Cable Protection Committee (ICPC) Recommendation No. 3, 2002, “Criteria to be Applied to Proposed Crossings Between Submarine Telecommunications Cables and Pipelines/Power Cables”

[13] DNV recommended practice DNV-RP-F105, 2006, “Free spanning pipelines”

[14] ISO 13628-5:2009, “Petroleum and natural gas industries -- Design and operation of subsea production systems -- Part 5: Subsea umbilicals”

[15] CIGRE TB 496, 2003, Working Group B1.32, “Recommendations for testing DC extruded cable systems for power transmission at a rated voltage up to 500 kV”

[16] ELECTRA 189, April 2000, CIGRE Working Group 21.02, “Recommendations for long AC submarine cables with extruded insulation for system voltage above 30(36) to 150(170) kV”

[17] ELECTRA 89, 1983, “Transient pressure variations in submarine cables of the self contained oil filled type”

[18] CIGRE TB 194, 2001, Working Group 21.17, “Construction, laying and installation techniques for extruded and self-contained fluid filled cable systems”

[19] DNV recommended practice DNV-RP-C205, 2010, “Environmental conditions and environmental loads”

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

[20] International Cable Protection Committee (ICPC) Recommendation No. 9, 2012, “Minimum Technical Requirements for a Desktop Study”

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Annexes

Annex 1 – Calculation of Test Forces

1 Introduction

The tensile force used in the test of the cable shall be chosen on the basis that the test tension is larger than the tensile force that will be experienced during all steps of the installation (and repair if applicable). A set of equation are provided in chapter 4.4 which can be used to estimate the maximum tensile force during installation. Chapter 4.4.2.2 also gives recommendation on the safety factors that should be applied when establishing the test tension.

According to the terms of reference for WG B1.43:

*Calculation of tensile tests to be updated and a more detailed background to be described to the selected factors (security factors and torsion as well as dynamic force*s).

This Appendix gives a more detailed background to the presented formulas where the overall aim has been to present a set of relatively simple equations that can be used to provide a conservative estimate of the expected tension during cable laying. The dynamic tension during cable laying is complex and affected by many parameters, some which are project specific such as weather conditions, vessel response characteristics and position of laying sheave/chute. It therefore requires a balance to present a set of equations that are conservative for a broad set of installation conditions, but at the same time not over-conservative.

Better estimates of the top tension can be established through a dynamic analysis utilising special purpose software, where the vessel response characteristics and weather limitations of the operation are taken into account. The test tension should be established based on the best estimate available, either a detailed dynamic analysis or, if not available, the formulas presented in chapter 4.4.

The equations in this Appendix cover the tensile forces experienced during cable laying or repair where the cable is suspended from a vessel. If applicable, the tensile force required during pull-in operations in J-tubes or pipes at landing, should also be analysed. Chapter 4.2.1 of CIGRE Technical Brochure TB 194 [18] contains equations, which can be used to calculate the force required during a pull-in operation.

2 Background

To investigate the suitability of the Electra No. 171 [3] formulas with respect to test forces the initial plan was to compare the formulas with measurements from installations or sea trials. Practical measurements of top tension, weather conditions and vessel response during laying were generally not available. However measured top tension were available from the following two installations and were included in the analysis:

- SAPEI cable, installation at 1600 m water depth
- Installation of cable in Japan at 190 m water depth

To provide additional input and investigate the influence of different parameters on the top tension, an extensive set of dynamic analyses were performed with a commercially available FE software for dynamic analysis of offshore marine systems.

Based on experience from the group, the two sea trials and the dynamic analyses the following observations were made:

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Water depth 0 – 500 m

- For Electra No. 171, the factor of 1.3 to account for dynamic forces (including drag force) would be too low in case of large vertical movements of the laying sheave, i.e. adverse weather conditions.
- The relative contribution from hydrodynamic drag force increases with decreasing water depth and lower cable mass to diameter ratio. The drag force is related to cable diameter and is independent of the cable mass. This is not captured with the existing Electra No. 171 formula.

Water depth > 500 m

- Electra No. 171 predictions of static tension are very accurate
- Electra No. 171 dynamic tension is underestimated with increasing bottom tension
- Electra No. 171 formula can overestimate bottom tension for large water depths. The bottom tension is normally chosen independently of the water depth.

Based on these findings some modifications of the Electra No. 171 formula have been introduced in this Technical Brochure. The proposed changes are presented and explained in the chapters below.

Also, in accordance with the terms of reference, a set of safety factors have been proposed which are applied onto the calculated expected top tension to establish the required test tension. In the Electra 171 formula the safety factors were not explicitly stated.

3 Changes Compared to Electra 171

3.1 Water Depth 0 – 500 m

3.1.1 Formulas in Electra No. 171

The formulas used to calculate the test tension for water depths 0- 500 m in Electra No. 171 [3] are presented below:

Formula 1: $T = 1.3 * w * d + H$

where:

w = weight of 1 m cable, in Newtons, minus the weight of an equal water volume, in Newtons/m

d = max. laying depth, in meters

H = max. allowable bottom tension, in Newtons

Formula 2: $= 0.2 * w * d$,

where the minimum value of d is defined to be 200 m.

3.1.2 Revised formula and text in Section 4.4.1 in this TB

The test tension, T, is calculated using the following equation:

Equation 1: $T = 1.3 * w * d + H$

where:

w – submerged weight of 1 m cable [N/m]

d – maximum laying depth, [m]

H – maximum expected bottom tension during installation. The value of H shall not be taken as less than $40 \cdot w$. [N]

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Prerequisites for using Equation 1 is that the weather conditions during the operation are restricted to a significant wave height, $H_s \leq 2$ m. The factor of 1.3, accounting for dynamic forces and safety factors, may not be sufficiently large in adverse weather. For these cases the test tension should be established based on taking the actual movement of the laying sheave into account (where the computed heave, pitch and roll RAOs for the vessel are combined with the cable departure point position). The formulas applicable for water depth > 500 m can be used.

The main changes, compared to Electra No. 171 [3], are that the bottom tension is selected independent of water depth and that a limitation on weather has been introduced for Equation 1.

The residual tension during installation is normally chosen independently of the installation depth and as low as possible; especially if the cable will be buried and to minimise free spans.

A limitation to the weather has also been introduced. Equation 1 can only be used if the significant wave height is less than or equal to two meters, $H_s \leq 2$. This is due to the fact that the factor of 1.3 might not be conservative for larger sea states and the actual movement of the vessel needs to be accounted. The formulas described in chapter 4.4.2 can be used for water depth 0-500 m, if the installation vessel characteristics and laying conditions are known.

Electra 171 recommended an additional tension of 5 – 20 kN for recovery directly from a trench without uncovering the cable first. This text has been removed in the current Technical Brochure, primarily since recovering from a trench without uncovering does not reflect common practice. In addition the proposed values seemed very uncertain.

3.2 Water Depth > 500 m

3.2.1 Electra 171 Formula

The formulas used to calculate the test tension for water depth > 500 m in Electra No. 171 [3] are presented below.

Formula 3: $T = w * d + H + 1.2 * |D|$

where:

w = weight of 1 m cable, in Newtons, minus the weight of an equal water volume, in Newtons/m

d = max. laying depth, in meters

H = max. allowable bottom tension, in Newtons

1.2 = Safety factor of dynamic forces

D = dynamic tension, in Newtons

Formula 4: $\pm\frac{1}{2} * b_h * m * d * \omega^2$

where:

b_h = the vertical movement, crest to crest, of the laying sheave in meters

m = mass of cable, in kg/m

$\omega = 2 * \pi/t$, circular frequency of the movement of the laying sheave, in 1/sec

t = movement period, in seconds

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3.2.2 Revised formula and text in Section 4.4.2 of this TB

For water depths larger than 500 m, or for projects where the vessel characteristics and laying conditions are known the expected maximum installation tension, T_E, can be derived through a detailed dynamic installation analysis or calculated according to the following equation:

Equation 2: $T_E = w \cdot d + H + D$

where,

w – submerged weight of 1 m cable, [N/m]

d – maximum laying depth, [m]

H – maximum expected bottom tension during installation. The value of H shall not be taken as less than $40 \cdot w$ [N].

The dynamic tension, D, is given by the force resulting from the cables inertia, D_I, and the drag force, D_D, acting on the cable according to the following equation:

Equation 3: $D = \sqrt{D_I^2 + D_D^2}$

The inertia force, D_I, is calculated with the following formula:

Equation 4: $D_I = 1.1 \cdot \frac{1}{2} \cdot b_h \cdot m \cdot L_0 \cdot \omega^2$

where,

b_h - the maximum vertical movement, crest to crest, of the laying sheave, [m]

m – mass of 1 m cable, including the mass of sea water inside the cable during installation, [kg/m]

ω – $2\pi/t$, circular frequency of the movement of the laying sheave, [1/s]

L_0 - is the length of the catenary, and is given by $L_0 = d\sqrt{1 + 2\frac{H}{w \cdot d}}$, [m]

t – movement period, [s]

The drag forces onto the cable catenary are calculated based on a semi-empirical relationship according the following equation:

Equation 5: $D_D = 500 \cdot OD \cdot R^{0.9} \cdot (b_h \cdot \omega)^{1.8}$

where,

OD – outer diameter of cable [m]

R – Bending radius at touch down point given by $R = \frac{H}{w}$ [m]

Vertical movement of the sheave and period should be established based on the actual installation vessel and the worst weather conditions permitted during the operation. The maximum vertical displacement of the sheave, b_h, should be based on the characteristic wave given by $H_{max} = H_s$*1.9.

The main changes compared to Electra171 [3] are:

- Dynamic tension includes contribution from drag force.
- New formula for estimating drag force acting on the catenary.
- Bottom tension is independent of water depth.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- The force resulting from the cables inertia is calculated based on the length of catenary instead of the depth.
- Clarified that the vertical displacement of the sheave should be calculated based on the characteristic wave, i.e. expected maximum wave height.

More details on the formulas can be found in chapter 4.

4 Background to Equations

4.1 Equation 1

Equation 1 can be used to calculate the test force for water depths from 0 – 500 m when the significant wave height is less than or equal to two meters.

The static tension, T_S, given by the catenary equation (please see Appendix 2) according to;

$$T_S = w \cdot d + H$$

The factor of 1.3 is thus added to account for dynamic tension and safety factors.

The minimum bottom tension, *H* shall not be taken as less than $40 \cdot w$. The static minimum bending radius, R_{min}, at the touch down is given by:

$$R_{min} = \frac{H}{w}$$

The requirement that *H* shall not be taken as less than $40 \cdot w$ implies a minimum bending radius of 40 m at the touch down point. This is in line with Formula 2 in Electra 171; where $H = 0.2 \cdot w \cdot d$. With $d = 200$ the minimum bending radius becomes:

$$R_{min} = \frac{H}{w} = 0.2 \cdot 200 = 40$$

If a larger bottom tension is used during the installation, this bottom tension shall be used in the calculation of test tension.

4.1.1 Dynamic tension and safety factor when using Equation 1

Equation 1 has not been changed compared to Formula 1 in Electra 171 [3]. The equation has the benefit of being simple and well recognised. A drawback with Equation 1 is that the safety factors and dynamic tension are lumped together into the 1.3 figure and therefore it is not possible to separate calculation of dynamic tension from application of safety factor.

Since the dynamic tension will vary, for instance depending on vessel characteristics and weather conditions, the size of the applied safety factor will vary, being large when the dynamic tension is small and small if the dynamic tension is large.

Chapter 4.4.2.2 specifies safety factors that should be applied to the calculated expected installation tension when performing a detailed dynamic analysis or using Equation 2.

If the same safety factors are applied when using Equation 1, the maximum dynamic tension can be assessed. Equation 1 states that

$$T = 1.3 * w * d + H$$

The static tension is given by:

$$T_S = w \cdot d + H$$

Application of safety factors according to chapter 4.4.2.2;

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

$$T = 1.1\,T_S + 1.3 \cdot T_D$$

Combining these three equations and solving for the dynamic tension;

$$T_D = \frac{1}{1.3}(0.2 \cdot w \cdot d - 0.1 \cdot H)$$

This can be further simplified if assuming that $H = 0.2 \cdot w \cdot d$. This implies that

$$T_S = 1.2 \cdot w \cdot d$$

and the following relationship between dynamic tension and static tension can be established:

$$T_D = \frac{1}{1.3}0.22 \cdot w \cdot d = \frac{1}{1.3}0.22 \cdot \frac{T_s}{1.2} = 0.141 \cdot T_s$$

The Dynamic Amplification Factor (DAF) is defined as (Dynamic Load + Static Load)/Static Load. If the safety factors of chapter 4.4.2.2 are applied; Equation 1 assumes a maximum dynamic application factor of approximately DAF = 1.14 during the laying operation. Due to this a limitation in weather conditions has been introduced in the new Technical Brochure for when Equation 1 can be used, since more severe weather can result in larger DAF. If a DAF of 1.14 is suspected to be too small then a more detailed analysis should be performed to establish the dynamic tension; either a dynamic analysis or based on the equations in chapter 4.4.2.1.

4.2 Equation 2

Equation 2 can be used to calculate the test force for water depths larger than 500 m and for projects where the vessel characteristics and laying conditions are known.

Equation 2, consist of two parts; the static tension, T_S, given by the catenary equation and the dynamic tension *D* as described in paragraph 4.3 below.

4.3 Dynamic Tension

The dynamic tension is calculated based on a simplified model where the cable departure point is assumed to follow a simple harmonic motion with amplitude given by the vertical movement of the lay sheave b_h and the angular frequency ω according to:

$$y(t) = \frac{b_h}{2} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

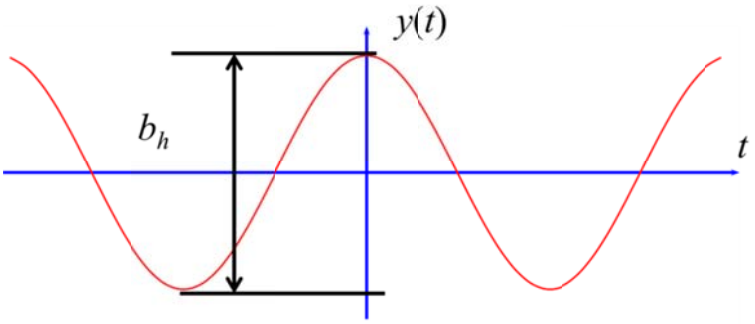


Figure A1-1. Assumed simple harmonic motion of lay sheave.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Based on this assumption the velocity and acceleration of the cable departure point can be computed according to:

$$v = \frac{dy}{dt} = -\frac{b_h}{2} \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$a = \frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{b_h}{2} \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

The relationship between wave height and vertical displacement of the sheave will depend on the vessel dynamic response characteristics and the location of the cable departure point.

The significant wave height, H_s, corresponds to the average height of the 1/3 largest waves. This means that larger waves will be encountered. The vertical displacement of the sheave should be calculated based on the maximum expected wave height, H_{max}. The following relationship can be used to estimate the maximum crest-to-trough wave height based on the significant wave height,;

$$H_{max} = 1.9 \cdot H_s$$

4.3.1 Dynamic Load due to Inertia, Equation 4

The maximum dynamic force resulting from inertia, D_I, is given by the inertial mass of the suspended catenary times the maximum acceleration.

The inertial mass of the suspended cable is computed based on the mass of the cable and the length of the suspended catenary, L_0, see Appendix 2. To account for the added mass from the surrounding water that moves with the cable a factor of 1.1 has been included. This gives the following expression for dynamic tension resulting from the inertia:

$$D_I = 1.1 \cdot m \cdot L_0 \cdot a_{max} = 1.1 \cdot \frac{b_h}{2} \cdot \omega^2 \cdot m \cdot L_0$$

which is the same as Equation 4.

4.3.2 Dynamic Loads due to Drag Force, Equation 5

The drag force, F_D, onto an object moving in water is given by:

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot A_p \cdot v_r^2$$

Where ρ is the density of the fluid, C_D is drag coefficient, A_p is the cross-sectional area of the object perpendicular to the flow direction and v_r is the velocity between water and the object. The drag force acting on a cable catenary will thus depend on:

- The diameter of the cable
- The shape of the catenary, where an increase in lay back distance results in an increased project area.
- The relative velocity between cable and water.

The relative velocity between water and the cable will vary along the catenary. In addition, the shape of the catenary changes due to the induced drag load. Numerical integration along the catenary would therefore be required to calculate the total drag force effecting the top tension. This can be performed with special purpose software for dynamic analysis.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

To provide an empirical expression that can be used to estimate the tensile force induced by drag, a set of parametric studies has been performed in a FE software for dynamic analysis to investigate how the drag induced tension is affected by influential parameters. The following parameters were investigated:

- Cable diameter
- Cable mass
- Bottom tension
- Installation depth
- Wave height and period

The simulations were performed assuming a simplified vessel where the cable departure point follows the surface elevation of the waves, where the waves are modelled as regular Airy waves. This implies that the cable departure point follows a simple harmonic motion in line with the assumption made in the calculations of the dynamic force according to paragraph 4.3. In the simulations a constant drag coefficient of $C_D = 1.2$ has been used. This will provide conservative estimates of the drag force, see for instance DNV-RP-C205 [19] chapter 6.7.

The shape of the catenary is governed by the depth, weight in water of cable and the bottom tension. The study showed that the depth had very little influence on the drag force. Instead good correlation was found between the drag force and the mean bending radius at touch down, *R*. Increasing the bending radius results in a longer lay back distance and thereby a longer cable length moving through the water perpendicular to the cable axis.

Based on the parametric study the following semi-empirical expression was established for the drag induced maximum force;

$$D_D = 500 \cdot OD \cdot R^{0.9} \cdot (b_h \cdot \omega)^{1.8}$$

Which is the same as Equation 5 in chapter 4.4.2.1. This expression has large similarities to the equation for drag force, F_D, onto a moving object in water;

- The force is linearly related to the cable diameter
- The bending radius at touch down is almost linearly related to the projected length of the catenary moving perpendicular to the cable axis through the water.
- Since $v \propto b_h \cdot \omega$, the maximum drag force is thus close to proportional to the square of the maximum vertical velocity of the sheave. The reason for the not fully quadratic relationship is believed to be due to the velocity varying along the catenary.

The three constants (500, 0.9 and 1.8) in the expression for D_D have been empirically determined to ensure that the prediction of drag force is on the conservative side for a large set of parameter variations.

4.3.3 Combining Inertia and Drag Forces, Equation 3

The time varying dynamic tension is the sum of the time varying forces resulting from cable inertia and drag. The force due to cable inertia is proportional to the vertical acceleration of the sheave and the drag force to the velocity. Since the velocity and the acceleration are 90 degrees out of phase the maximum total dynamic force can be calculated based on superposition of the two force components according to:

$$D = \sqrt{D_I^2 + D_D^2}$$

This is the same as Equation 3 in 4.4.2.1.

4.3.4 Vertical Movement of Laying Sheave, b_h

The vertical movement of the sheave will depend on the weather conditions, vessel response characteristics and the position of the sheave.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

The vessel response characteristics for the installation vessel are normally described by a set of Response amplitude operators (RAO), which are established through model testing or special purpose software. The RAO defines the vessel response in the basic six degrees of freedom (three translations and three rotations) as a function of the wave direction and period of the waves.

The position of the sheave/chute in relation to the centre of rotation will also affect the vertical movement. For a sheave or chute placed centrally in the aft of the vessel; the pitch rotation and the vertical distance from the centre to the position are important for the vertical displacement. For a side mounted sheave or chute, the roll rotation in combination with the distance from the centre to the side of the vessel is important for the vertical displacement.

In Electra 171 [3] it is stated that "*If the ships movement details are not available, then the actual wave height and period should be used in the calculation of D. This latter calculation will be on the safe side*". This implies that the vertical sheave movement always will be less than the wave height. To investigate the applicability of this statement, and also to provide some guidance on how a conservative value of b_h can be selected if the installation vessel details are not known, a study was performed.

In the study the RAO for five different installation vessels, used for cable and umbilical installations, were investigated. The vessels are relatively large in size, four vessels being approximately 100 m and one vessel approximately 145 m and the draft ranging from 5.5 to 7 m. For all five installation vessels the sheave was assumed to be located at the vessel centre line, the roll response has therefore not been investigated. The wave direction is from the front of the vessel which will result in the largest pitch response and the largest vertical displacement of the sheave.

To investigate the effect of the sheave position, the analysis was performed for different chute positions, where the horizontal distances, d_s, from the centre of gravity of the vessel (mid ship) to the position of the chute/sheave was varied. For a vessel with length 100 m, $d_s = 50$ m represents a chute in the aft of the vessel and $d_s = 0$ m a chute in the centre of the vessel.

The analysis was performed in a commercially available software for dynamic analysis of offshore marine systems, with regular Airy waves and the maximum vertical displacement, b_h, was extracted as a function of d_s.

Two wave conditions were analysed:

- Wave height *H* = 8 m and period *Tp* = 12. Representative for severe weather conditions where the wave height approximately corresponds to the maximum wave height during a sea state with significant wave height H_s = 4 m.
- Wave height *H* = 4 m and period *Tp* = 10. Representative for less severe weather conditions where the wave height approximately corresponds to the maximum wave height during a sea state with significant wave height H_s = 2 m

Figure A1-2 and Figure A1-3 below shows the results, where b_h is presented as a function of d_s, for the five different installation vessels.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

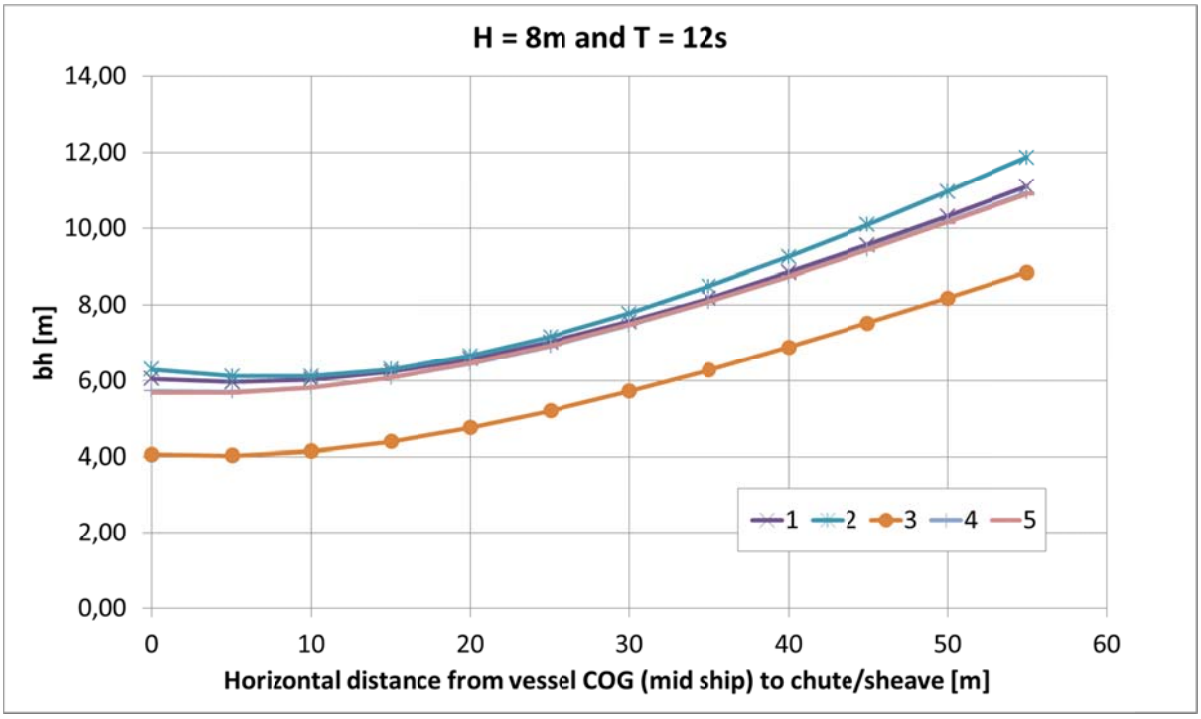


Figure A1-2. Vertical displacement of sheave as a function of horizontal distance from vessel centre of gravity, for five different installation vessels and *H* = 8 m and *Tp* = 12 s.

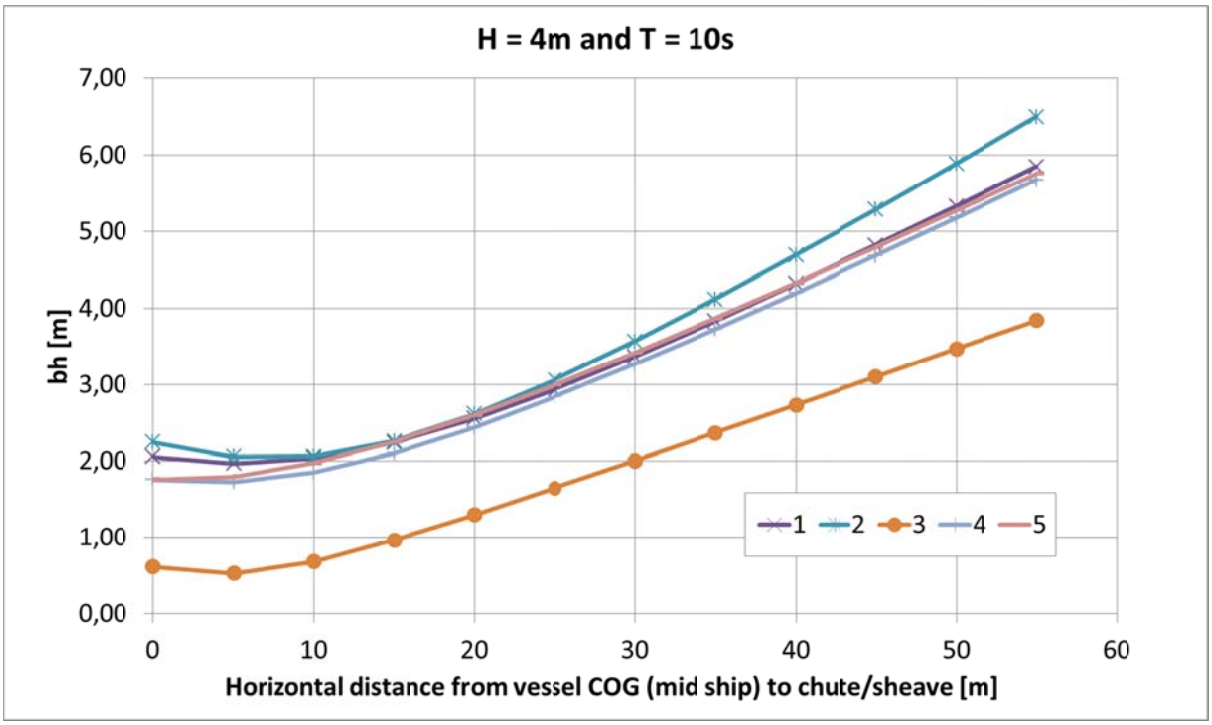


Figure A1-3. Vertical displacement of sheave as a function of horizontal distance from vessel centre of gravity, for five different installation vessels and *H* = 4 m and *Tp* = 10 s.

Vessel 1, 2, 4 and 5 are approximately 100 m long. For these vessels $d_s \approx 50$ m corresponds to a sheave/chute in the aft of the vessel. For both wave conditions it can be seen that vertical displacement of the sheave is larger than the wave height, implying that the statement in Electra 171 [3] might not be conservative for all installation conditions.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Based on the analysis of five different installation vessels it can be concluded that $b_h = 1.5 \cdot H_{max}$ will provide a conservative estimate of the vertical displacement of the sheave. This is on the basis of a chute/sheave placed along the vessel centre line in the aft and maximum pitch-induced vertical displacement.

It can also be seen that the response will depend on the vessel size and wave period. Therefore it is recommended the vertical movement of the sheave should be established based on the actual installation vessel and the worst weather conditions permitted during the operation, once the installation vessel details become available.

5 Comparing Calculated Tension with Measurements

5.1 Very Deep Installation

The top tension was measured during the sea trial of the SAPEI cable at 1600 m water depth as showed in Figure A1-4.

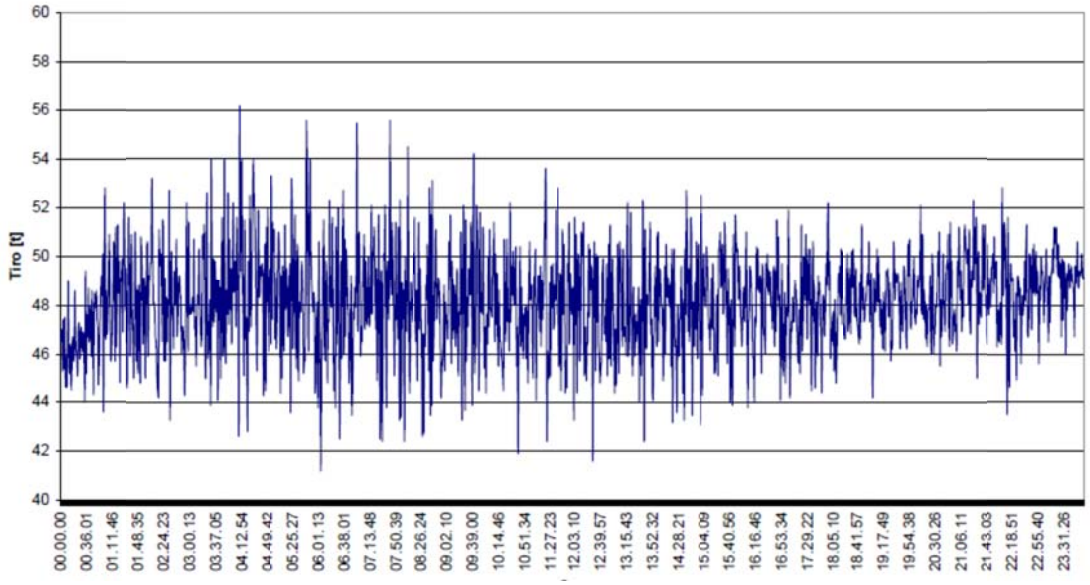


Figure A1-4. Top tension measured during sea trial of the SAPEI cable.

The measured top tension was 56 tons. The static average tension is slightly varying during the installation. At the locations of peaks the average tension is approximately 49 tons, resulting in a peak dynamic tension of 7 tons.

Details of the cable and the installation condition can be found in Table 4. Please note that the b_h value has not been measured, it is calculated based on the significant wave height during the trial and a vessel transfer function (relating the wave height to the vertical movement of laying sheave) of 0.6. The latter figure is considered to be a bit uncertain.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Table 4: SAPEI cable sea trial data

	Depth [m]	Dry mass [kg/m]	Wet weight [N/m]	Outer diameter [mm]	bh [m]	Tp [s]	Bottom tension [kN]
SAPEI Sea trial	1600	37	256	119	3*	8	60-70

*Significant wave height H_s = 2.5, stated vessel transfer function = 0.6 and H_{max} = 1.9*H_s

Based on the values in Table 4 and a bottom tension of $H = 70$ kN the measured tension is compared to the calculated tension according to the equations presented in this TB. For comparison the corresponding tensions calculated according to Electra No. 171 [3] are included in the table.

Table 5: Calculated test tension compared to measured tension, SAPEI sea trial

	Static tension [kN]	Dynamic tension [kN]	Total tension [kN]	Test tension [kN]
Measured, Sea Trial	481	69	550	
According to chapter 4.4.2	480	77	557	628
Electra No. 171	492	62	554	554

It can be seen that the equations presented in this TB result in a static tension close to the measured and a dynamic tension slightly larger. The recommended test tension, which includes safety factors, is approximately 15 % larger when compared to the measured peak tension.

The tension calculated with the Electra 171 formula is also in good agreement with the measurements and the new set of equations. For large water depths the dynamic force is dominated by the inertia term and the contribution from drag force is small and the equations for dynamic tension are then similar. The test tension according to Electra 171 will not contain any safety factor compared to the measured tension.

5.2 Moderate Installation Depth

The tension was measured during a cable installation performed in Japan at 190 m water depth.

The weather conditions during the installation were very good and the average vertical displacement of the laying sheave was 0.31 m. The tension at 190 m water depth varied from 96 to 101 kN. The details of the installation are presented in Table 6.

Table 6: Installation in Japan, cable installation data

	Depth [m]	Dry mass [kg/m]	Wet weight [N/m]	Outer diameter [mm]	bh [m]	Tp [s]	Bottom tension [kN]
Japan Installation	190	61.5	442	143	0.6*	6.5	5-10

*Average vertical movement of laying sheave b_h = 0.31, assuming a maximum value H_{max} = 1.9*H_{averge}

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

The water depth is less than 500 m and the significant sea state is less than 2 m and therefore Equation 1 can be used. This will provide the same tension as with Electra 171 [3]. Table 7 shows the measured tension compared to the calculated tension.

Table 7: Calculated test tension compared to measured tension, Japan installation

	Static tension [kN]	Dynamic tension [kN]	Total tension [kN]	Test tension [kN]
Measured, Sea Trial	99	2	101	
Equation 1 and Electra 171			127	127
According to chapter 4.4.2	102	4	106	117

The dynamic tension is very low in this case. Equation 1 gives the same recommended test tension as with Electra No. 171 which is approximately 25% higher when compared to the measured value. With the equations in chapter 4.4.2, and where the actual movement of the sheave is taken into account, the calculated dynamic tension is close to the measured and the resulting test tension is approximately 15% larger when compared to the measured tension.

6 Comparing Calculated Tension with Numerical Simulations

In this chapter some of the results from the numerical FE simulation are presented and compared to the calculated tension using the equations in chapter 4.4.

The simulations were performed assuming a simplified vessel where the cable departure point follows the surface elevation of the waves. The waves are modelled as regular airy waves and a constant drag coefficient of $C_D = 1.2$ has been used.

Since the static tension is very accurately predicted, the results presented in this chapter are focused on the dynamic tension.

6.1 Vertical Velocity of Sheave

The velocity of the sheave is proportional to the ratio of $\frac{b_h}{T_p}$. Figure A1-5 compares the dynamic tension from the numerical analysis for different values of this ratio with the dynamic tension calculated according to the equations in chapter 4.4.2. The analysis was performed for a typical doubled armour AC cable at 50 m water depth with *m* = 55 kg, OD =150 mm and *R* = 40 m.

Figure A1-6 shows the same results but for a cable with the same mass but a larger outer diameter.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

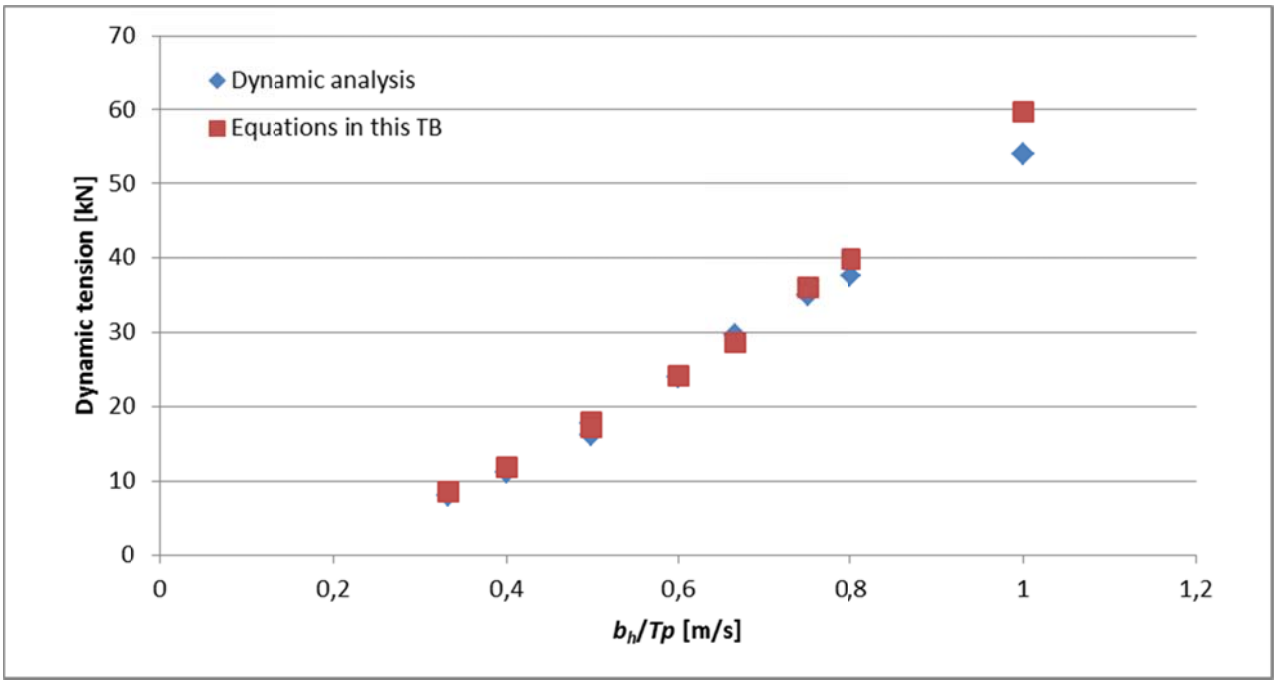


Figure A1-5. Dynamic tension as a function of $\frac{b_h}{T_p}$, for *m*=55 kg, OD=150 mm, *d*=50 m, *R* = 40 m.

The predicted dynamic tension using the equations in this Technical Brochure is in good agreement with the dynamic tension from the numerical simulations over a wide range of sheave velocities.

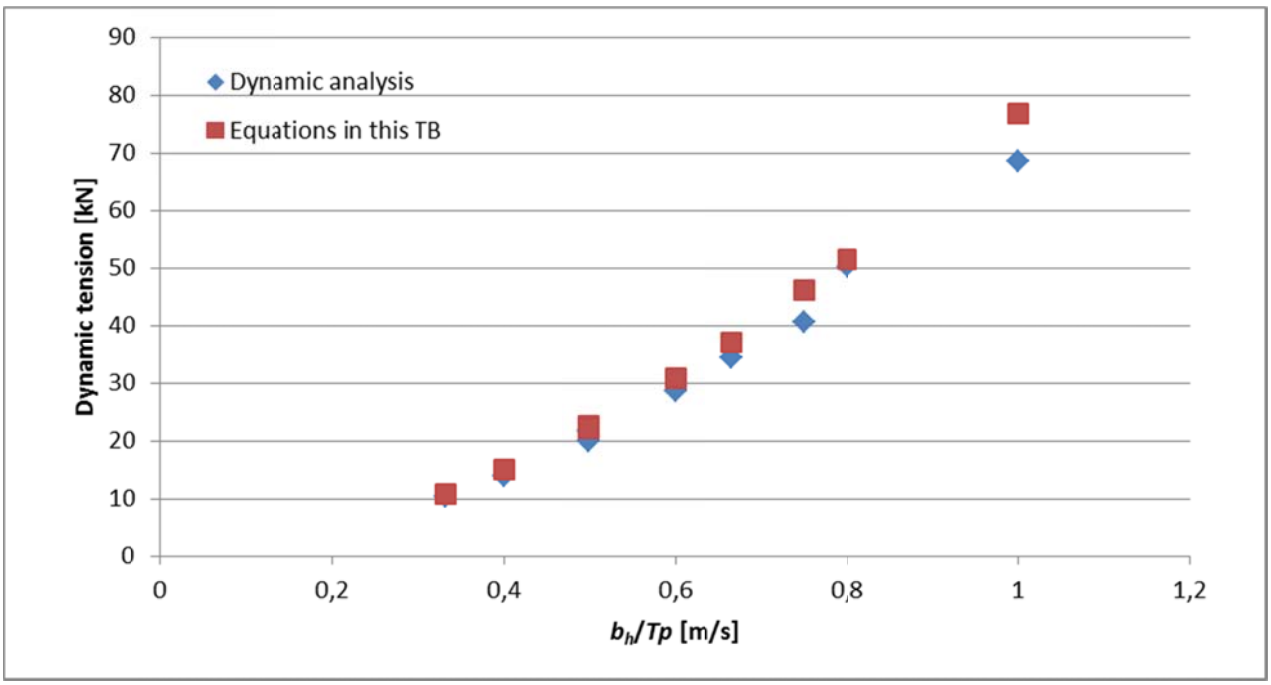


Figure A1-6. Dynamic tension as a function of $\frac{b_h}{T_p}$, for *m*=55 kg, OD=200 mm, *d* = 50 m, *R* = 40 m.

The agreement between the equations in this Technical Brochure and the numerical analysis is good also for a cable with larger outer diameter. Compared to Figure A1-5 the dynamic tension is now approximately 30 % higher which corresponds to the increase in diameter from 150 to 200 mm.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6.2 Bottom Tension

In Figure A1-7 the effect of bottom tension is investigated for a typical doubled armour AC cable at 50 m water depth with m = 55 kg, OD =150 mm, and b_h =6 and Tp = 10.

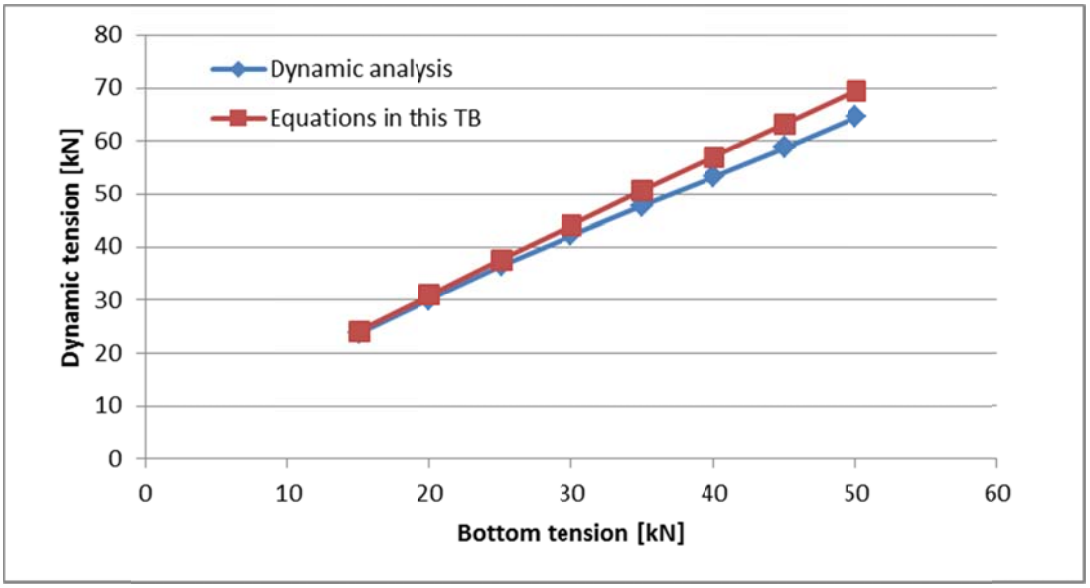


Figure A1-7. Dynamic tension as a function of bottom tension, m = 55 kg, OD = 150 mm, d = 50 m, and b_h = 6 and Tp = 10.

An increase in bottom tension results in an increase in the dynamic tension primarily due to increased drag force.

6.3 Water Depth

Figure A1-8 shows the dynamic tension as a function of the water depth for a typical double armoured AC cable.

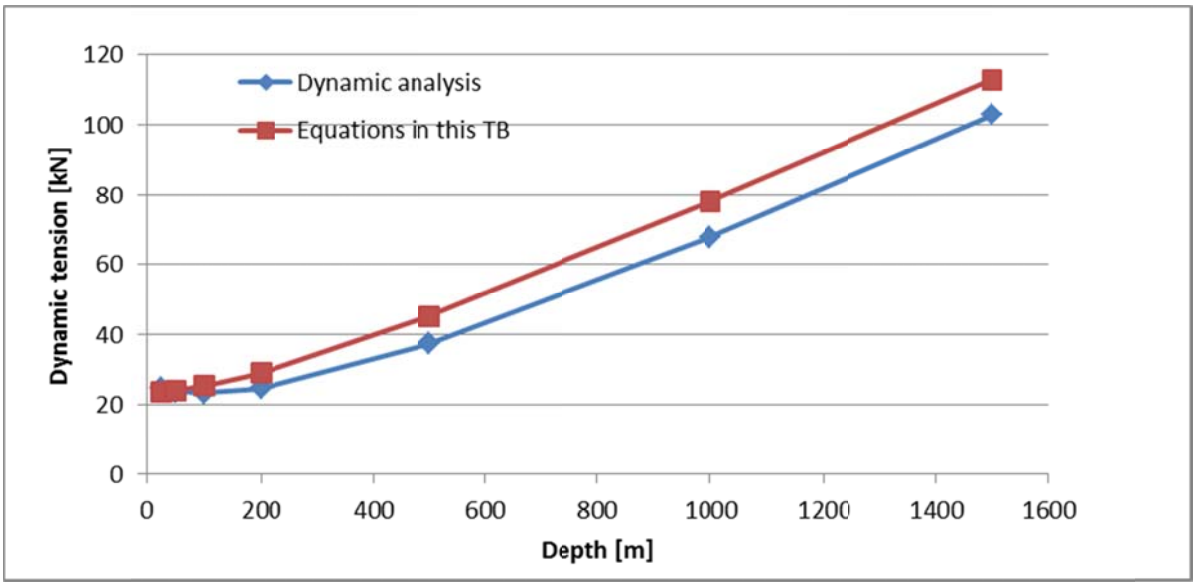


Figure A1-8. Dynamic tension as a function of water depth, m = 55 kg, OD = 150 mm, d = 50 m, and b_h = 6 and Tp = 10.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

For low water depths up to 200 m the drag forces dominates. As the water depth increases, the dynamic force due to acceleration of the mass of the suspended catenary starts to dominate over the drag force and the dynamic force increases with increasing water depth.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Annex 2 – Catenary Equation

1.1 Catenary Parameters

In static condition, considering a ship speed equal to zero and disregarding the wave motion, the cable between the output of the installation sheave or wheel and the seabed has a mathematical configuration called a “catenary”. Cable bending stiffness is also neglected and the cable unit weight is assumed to be uniform.

The qualitative shape of the catenary is shown in Figure A2-1. A Cartesian reference system (X, Y) is assumed, where the axis origin is placed in the projection of the sea bottom at the point where the cable leaves the installation sheave or wheel. The seabed is assumed to be flat, which is usually not the case. The main aspects are described below:

- *w* [N/m]: Cable unit weight/meter in the water. It is equal to the cable unit weight in air minus the weight of a volume of water occupied by a meter of cable, taking into account water infiltration into spaces between armour wires, servings and bedding layers.
- *H* [N]: Bottom tension. This is the force applied at the catenary foot point ($X=X_p$, $Y=0$). The “catenary foot” is the point where the cable makes first contact with the seabed.
- x_p [m]: Distance of the catenary foot from the installation wheel on the ship ($X=0$, $Y=d$);
- *R* [m]: Minimum radius of curvature between installation sheave and the catenary fot.
- *d* (m): Depth of the sea at the point where the cable leaves the installation wheel, i.e. vertical distance from centre of wheel and sea bottom
- T_0 [N]: Catenary tangent tension at its output (top extremity). Neglecting the cable bending stiffness and the cable friction on the installation sheave or wheel, the tension T_0 is equal to the pull on the ship in the direction of the cable axis.

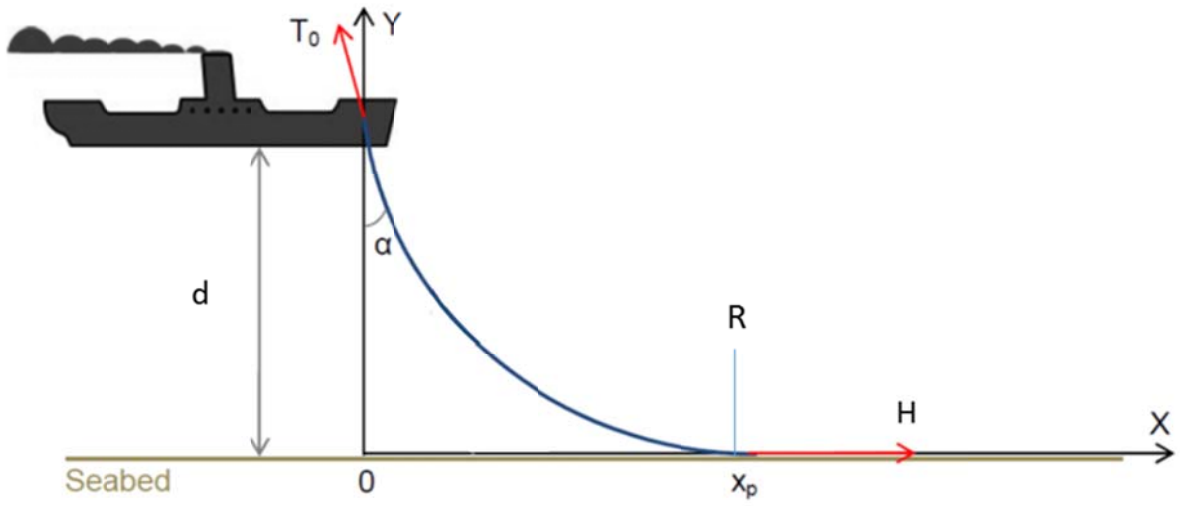


Figure A2-1. Catenary made by the laying submarine cable.

The total top tension at the ship can be showed to be equal to the following equation:

$$T_0 = w \cdot d + H$$

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Knowing the bottom tension *H*, it is possible to calculate the following magnitudes:

- The distance x_p of the catenary foot from the vertical axis Y (X=0);

$$x_p = \frac{H}{w} \cdot arcosh\left(1 + \frac{w}{H} \cdot d\right)$$

- The catenary length L_0 from the installation sheave or wheel on the ship to the catenary touchdown point on the seabed;

$$L_0 = d \cdot \sqrt{\left(1 + 2 \cdot \frac{H}{w \cdot d}\right)}$$

- The minimum radius of curvature at the catenary foot;

$$R = \frac{H}{w}$$

- The angle of the cable leaving the wheel, α.

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - arctan\left(\frac{w}{H} \cdot L_0\right)$$

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Annex 3 – Cable Route Survey

1.1 Desktop Study

The target of a desktop study is to:

- Gather basic information about the possible cable route(s)
- Produce recommendations on the possible corridors for the cable route(s)
- Produce recommendations for the preliminary cable burial needs and protection methods
- Produce recommendations on the extent of the marine survey to be done by a survey vessel

Ambient conditions like local weather conditions, sea water temperature and salinity should be studied. One of the route objectives is to avoid eventual abrasion and damage caused by waves, tide, sea current, moving sea bottom, near shore marine activities, other services, ice etc.

It may be necessary to study some alternative cable corridors in difficult areas to find the best possible route. It is often necessary to select a cable route, which may not be the shortest alternative in order to have a feasible cable route.

As a rule of thumb a distance between parallel cables of 100-200 meters or twice the water depth will significantly lower the risk of damage to more than one cable by one event. This should reduce the risk of multiple cable damage and allow some space for eventual cable repair, if required. However, there are often limitations in available space and in right-of-way constraints.

The target is to identify all risks to the cable and to find as smooth a sea bed as possible and to avoid:

- Rough sea bottom which may cause free spans, abrasion or sidewall pressure on the cable
- Steep slopes (less than 15-20 % is recommended)
- Natural and manmade obstacles like boulders, ammunition, wrecks, scrap, under water construction, navigational objects
- Very soft soil where the cable can sink too far into the soil and this may also have an effect on the thermal rating of the cable
- Chemically, volcanically or seismically active areas
- Areas where waves, high water currents, high tidal range, soil movements or ice may cause problems
- Cable crossings and other cables or services nearby
- Too shallow water depth for cable laying, protection and repair
- Too hard or too soft sea bed if the plan is to embed the cable in the sea bed
- Areas of past, existing and future marine activities like shipping channels, fishing areas, petrochemical activities, dredging areas and military areas
- Environmental, archaeological or cultural areas

The output of the desk top study is the preliminary cable route position and information that will be used as a basis for the marine survey. Further information on a desktop study is available in “International Cable Protection Committee ICPC Recommendation No. 9, Minimum Technical Requirements for a Desktop Study” [20].

1.2 Marine Survey

The target of the marine survey is to

- Complete and check information which has been collected in the desk top study
- Provide information on the area near the landing points
- Provide information for selection of the cable route within the studied cable corridor(s)

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Provide final route position list
- Provide information for the decision of cable embedding and the protection methods in the seabed
- Provide information for the cable laying vessel about the seabed within the surveyed cable corridor and to give some tolerance in cable laying
- Provide information about the seabed for the cable design

As the cable is normally protected at least in shallow waters near the landing points (typically up to 5 – 15 m), a high resolution survey is recommended to be performed in the near shore area in order to optimise the cable route and the cable protection.

It is generally advisable to perform a high resolution bathymetric survey on a cable corridor. The width of the corridor depends on the water depth, the number of cables and the seabed morphology. The width should generally be not less than 4 times the water depth.

When different geophysical survey methods are combined they provide good information on the sea bottom. It is recommended that a marine survey should at least use side scan sonar and echo sounder. The side scan sonar gives image showing the shape of the sea bed indicating boulders, rock outcrops, other cables, pipes and other obstacles. The echo sounder gives basic information about water depth.

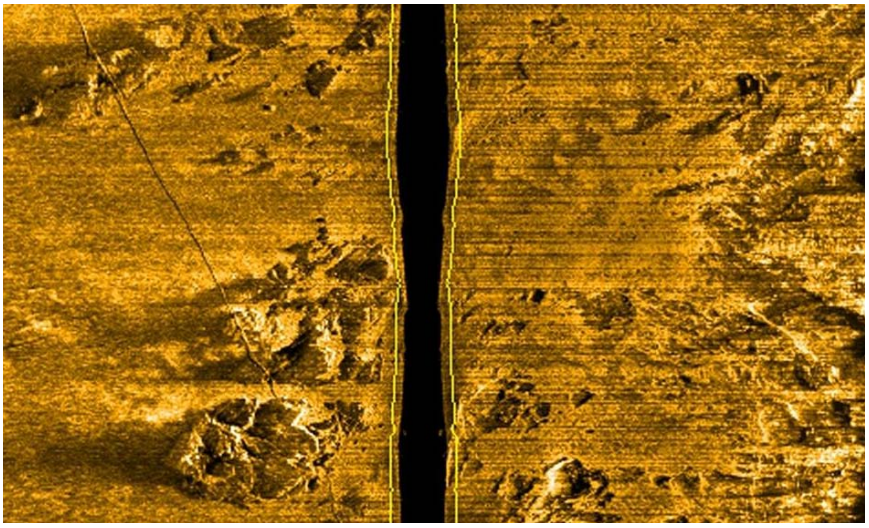


Figure A3-1. Example of a side-scan sonar image, showing a flat sea bottom, rock outcrops, coarse sea bottom and an existing cable with short free spans at rock outcrops. Black area in the middle is an area which the side scan sonar is not able to monitor.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

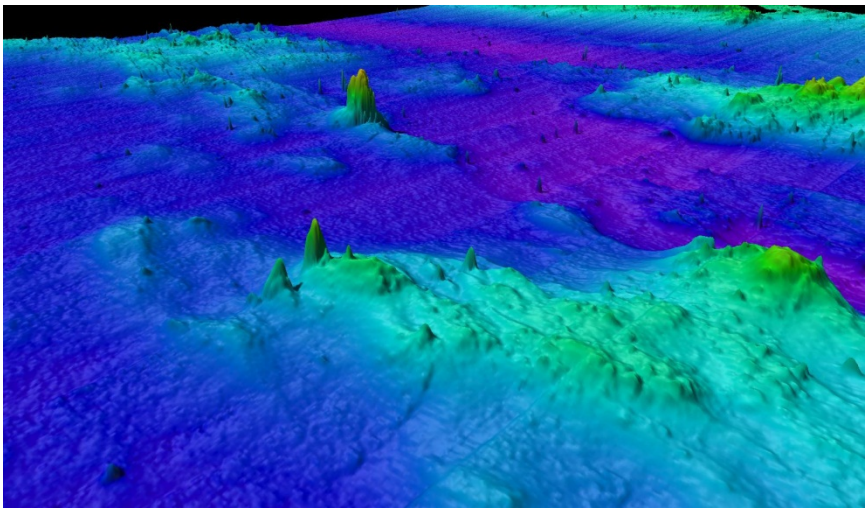


Figure A3-2. Example of an image from a multi beam echo sounder. The vertical scale exaggerates differences in altitude six times. The area in the picture is 1x1 km. The high peaks are rock outcrops.

In most cases it recommended that a multi beam echo sounder is used. A multi-beam echo-sounder provides a bathymetric chart of the sea bottom. This is a very useful tool together with side scan sonar and with other available information for selecting the final cable route within the cable corridor. In order to improve the accuracy of cable route data, it is also possible to make a detailed survey by ROV on the entire route or on part of the route.

If a cable is planned to be embedded in sea bottom, it may be useful to use a sub bottom profiler and to make geotechnical investigations. Sub bottom profiler gives information on how hard or soft the soil is under the surface of the sea bottom.

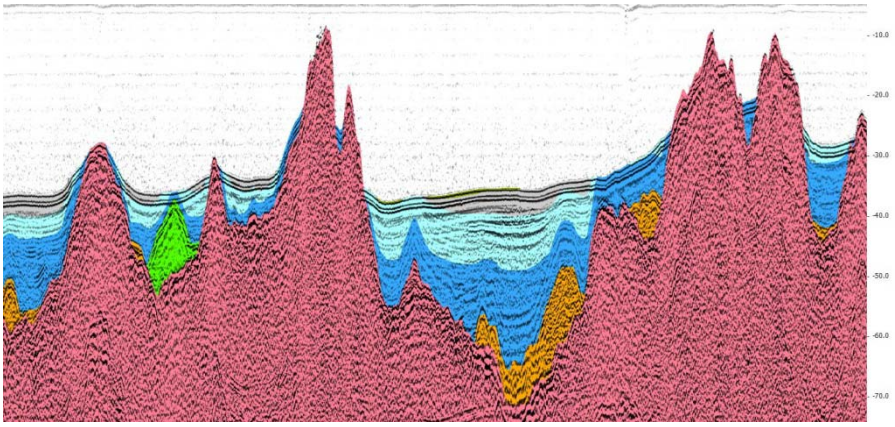


Figure A3-3. Example of a sub bottom profiler, showing rock on the bottom, and with some areas with moraine and gravel and clay on the top. The rock outcrops are the highest peaks. The vertical scale exaggerates differences in altitude.

In geotechnical investigations samples are taken. Samples are taken in a limited number of places. The burial assessment survey may be performed by e.g. coring (vibrocoring and gravity cores), jet probing and/or cone using a penetration test. The route is generally sampled at defined intervals, for example every 1 km.

These studies give information on the possibilities for cable burial and information on the thermal resistivity of the sea bottom for the cable rating.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

1.3 Inspection Techniques during Laying

During cable laying the touchdown point can be monitored using a ROV or by monitoring the laying angle and/or tension of the cable and calculating touchdown point in real-time with catenary equations.

After laying the cable, the as-laid location can be monitored by video, divers, side scan sonar, multi-beam sonar or similar. This is especially important if the cable is supposed to be installed in a pre-excavated trench.

In the following illustration the video-still is taken from a camera mounted on an excavator grab. It can be seen that the cable is in the trench, but also that a boulder has fallen into the trench preventing the cable from falling into the bottom of the trench. In this case the trench is supposed to be filled with excavated material after laying. However it is clear that the boulder will need to be removed before this can be done.

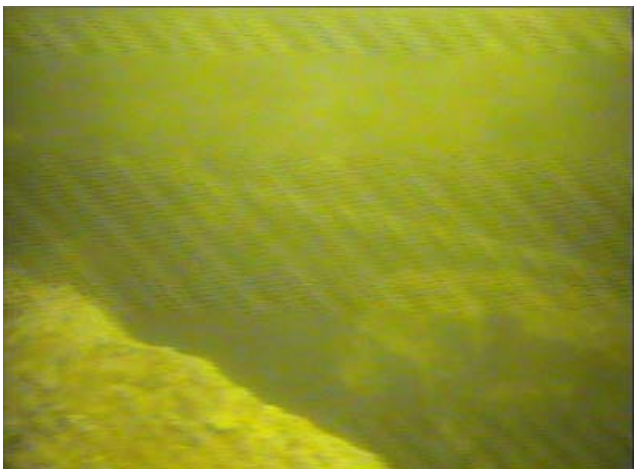


Figure A3-4. Submarine Cable laying on a boulder that has dropped into a pre-excavated trench.

From the multi-beam survey image below it may be concluded that the cable is in the trench. Thereby the filling of the trench with excavated material can commence.

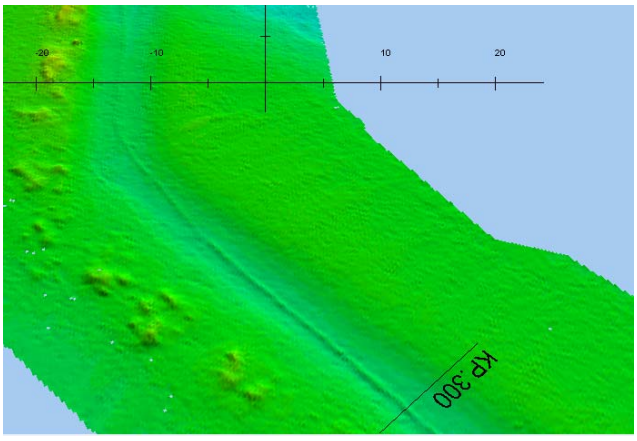


Figure A3-5. Multi-beam survey showing a cable in a trench. It can be seen that the cable is in the trench which makes it possible to finish the work with jetting and filling of the trench with excavated material without the risk of damaging the cable.

1.4 Maintenance Checks

As a submarine cable may continue to operate for a long time even if it is heavily damaged, it is recommended to periodically survey the cable condition and the condition of the protection. This is essential for important cable connections. In this way the eventual cable repair, if required, may be performed in a well planned way and during the optimum time period.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

If periodical survey is not feasible, it may be possible to survey cable and protection one or two years after cable laying to check if any damage has arisen or is likely in the future. Good practice is also to survey the most critical sections like shore landings, areas of human activity, moving soil areas and ends of the tubes/pipes. Inspection methods are described more in chapter in 4.3.16. Also CIGRE Technical Brochure TB 398 [9] provides information on various types of surveys that can be useful.

The survey of a cable route provides valuable information on possible phenomena which may occur at the sea bottom. This helps considerably when planning future cable connections.

There are also other ways to check cable condition. Damage of an optical fibre element of the cable may indicate partial cable damage. Leakage in oil-filled cable may be noticed, if oil level lowers at the end terminations. Damage in the plastic jacket may be detected by sheath voltage test, if the cable jacket is not conductive or equipped with earthing connections. Distributed Temperature Sensing (DTS) systems are also used for monitoring of the cable temperature profile. It identifies hotspots, but may also provide an indication of change in cable burial depth due to sea bottom material mobility.

According to the questionnaire in Appendix 2 of CIGRE Technical Brochure TB 398 over 40% of installed cables are surveyed, on average every four years.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TÍTULO:

Cables dieléctricos de fibra óptica con protección antirroedores para subestaciones

REFERENCIA: **ET044**. EDICIÓN: **3 / 27.07.09** PÁGINA: **1** DE: **10**

CANCELA A: **ET044** EDICIÓN: **2 / 25.11.03**

AFECTA A: **Dirección General de Transporte**

EDICIÓN Y CONTROL:
Dirección de Responsabilidad Corporativa y Relaciones institucionales

APROBACIÓN Y FECHA: **18.09.2009**
Dirección General de Transporte

DIRECCIÓN RESPONSABLE:
Dirección de Mantenimiento de Instalaciones

DESCRIPCIÓN DEL SUMINISTRO

La presente especificación es aplicable a los cables de fibra óptica con protección mecánica antirroedores, destinados a la red de telecomunicaciones de REE para su instalación en subestaciones eléctricas.

Estos cables, por sus características mecánicas, se tenderán directamente sobre los canales de cables, galerías, bandejas,...etc, sin necesidad de utilizar subconducto para su instalación.

Se utilizarán tanto para la terminación de los enlaces de fibras ópticas sobre líneas de alta tensión, como en las redes locales de fibras ópticas en subestaciones para interconexión de otros equipos o sistemas (control, protecciones, etc.). En cada caso, será especificada previamente la composición del cable en cuanto al número y tipo de fibras ópticas.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS, AMBIENTALES, TÉCNICAS, GEOMÉTRICAS, ÓPTICAS Y DE TRANSMISIÓN

1. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

El cable estará constituido por un núcleo óptico que a su vez estará formado por un elemento central de naturaleza dieléctrica, alrededor del cual se cablearán los tubos que contienen las fibras con protección holgada; los tubos irán rellenos con un compuesto antihumedad. Este componente cumplirá la norma IEC 60794 en cuanto a densidad, viscosidad y penetración del cono.

El conjunto descrito estará preparado de modo que evite la penetración/propagación del agua por el interior del cable y la acción de los iones de hidrógeno y estará protegido por una cubierta plástica.

Encima de esta cubierta se colocarán cintas o capas resistentes, de materiales de protección, que actúen como barrera ante la acción de los roedores. Las cintas o capas podrán ser dieléctricas.

Sobre el conjunto así formado se extruirá una cubierta exterior de material termoplástico.

El cable estará garantizado contra la no propagación del agua bajo la primera cubierta, es decir, la cubierta del núcleo óptico, según CEI 794-1.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Las cubiertas del cable cumplirán las normas:

No propagación de la llama UNE - EN 50265-2-1

No propagación del incendio UNE - EN 50266-2-4

Baja emisión de humos escasos opacos UNE-EN50268 (para una transparencia mayor o igual al 50%)

Libre de halógenos: UNE - EN 50267-2-1

Baja corrosividad de los gases emitidos: UNE - EN 50267-2-2

CÓDIGO DE COLORES:

Los cables podrán ser de 12, 24, 48, 42+6, 96 y 84+12 fibras ópticas monomodo y 24 para multimodo.

Las normas generales que se deben cumplir para estos tipos de cables son:

- Se seguirá el código alfabético Castellano en el orden de los tubos y de las fibras.

TUBOS	COLOR	CÓDIGO
1	AZUL	AZ
2	BLANCO	BL
3	ROJO	RO
4	VERDE	VE

- Para identificar los tubos, las letras se pondrán siempre en mayúsculas.
- Se seguirá el código alfabético Castellano en el orden de las fibras dentro de cada tubo.

FIBRAS	COLOR	CÓDIGO
1	amarillo	am
2	azul	az
3	blanco	bl
4	gris	gr
5	marrón	ma

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6	naranja	na
7	negro	ne
8	rojo	ro
9	rosa	ro
10	turquesa	tu
11	verde	ve
12	violeta	vi

- Para identificar las fibras, las letras se pondrán siempre en minúsculas.
- Cuando el tubo tiene entre 13 y 18 fibras, se repetirán las siguientes fibras tintadas con 1 anillo de color negro cada 50 mm:

FIBRAS	COLOR	CÓDIGO	ANILLOS
13	amarillo	am	1
14	blanco	bl	1
15	naranja	na	1
16	rojo	rj	1
17	rosa	ro	1
18	turquesa	tu	1

- Cuando el tubo tiene entre 19 y 24 fibras, se repetirán las siguientes fibras tintadas con 2 anillos de color negro cada 50 mm:

FIBRAS	COLOR	CÓDIGO	ANILLOS
19	amarillo	am	2
20	blanco	bl	2
21	naranja	na	2
22	rojo	rj	2

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

23	rosa	ro	2
24	turquesa	tu	2

- Las fibras del tipo G655 siempre se ordenarán las últimas del último tubo.
- Los cables multimodo estarán formados en su totalidad por fibras del tipo G.651.
- Para cables formados con fibras monomodo y multimodo “mixtos” se acordará con el fabricante la distribución de fibras y el código de colores.

Para cada cable tendremos en cuenta las siguientes condiciones particulares:

- Cables de fibras ópticas monomodo:
  - Cable 12 f.o. (12 fibras G.652).

    Primera opción, cable con dos tubos

    Número de fibras por tubo: 6

    Segunda opción, cable con cuatro tubos

    Número de fibras por tubo: 3

  - Cable 24 f.o. (24 fibras G.652).

    Primera opción, cable con dos tubos

    Número de fibras por tubo: 12

    Segunda opción, cable con cuatro tubos

    Número de fibras por tubo: 6

  - Cable 48 f.o. (48 fibras G.652).

    Número de tubos: 4

    Número de fibras por tubo: 12

  - Cable 42+6 f.o. (42 fibras del tipo G.652 y 6 fibras del tipo G.655).

    Número de tubos: 4

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Número de fibras por tubo: 12

- Cable 96 f.o. (96 fibras del tipo G.652).

  Número de tubos: 4

  Número de fibras por tubo: 24

- Cable 84+12 f.o. (84 fibras del tipo G.652 y 12 fibras del tipo G.655).

  Número de tubos: 4

  Número de fibras por tubo: 24

- Cables de fibras ópticas multimodo:
  - Cable 24 f.o. (24 fibras G.651).

    Primera opción, cable con dos tubos

    Número de fibras por tubo: 12

    Segunda opción, cable con cuatro tubos

    Número de fibras por tubo: 6

2. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

- Humedad relativa
  - Mínima 65% hasta 55ºC
  - Máxima 93% hasta 40ºC
- Temperatura
  - Funcionamiento -20ºC $\leq$ t $\leq$ 70ºC
- Instalación: Intemperie o bajo canalización

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CABLE COMPLETO

- Diámetro externo $\leq$ 16 mm
- Peso $\leq$ 200 kg/km
- Radio mínimo de curvatura < 300 mm
- Resistencia a la tracción > 160 kg
- Resistencia a la compresión $\geq$ 30 kg/cm

PROTECCIÓN ANTIRROEDORES

Como se ha dicho anteriormente, entre la cubierta del núcleo óptico (primera cubierta) y la cubierta exterior, se colocarán cintas o capas de materiales de protección contra los roedores. Estas capas deberán ser dieléctricas.

Capas dieléctricas antirroedores. Se utilizarán materiales de conocido efecto repulsivo para la acción de los roedores.

CUBIERTA EXTERIOR

- La cubierta exterior del cable será de color negro y llevará marcado el año de fabricación, el tipo de cable, el anagrama de REE, el metraje, si el cable es Monomodo “SM” y si el cable es Multimodo “MM”.
- La cubierta garantizará el comportamiento del cable frente a los rayos ultravioleta.
- El espesor de la cubierta exterior será: $\geq$ 1,3 mm

(Desviaciones según UNE 21123)

NÚCLEO ÓPTICO

- Número de fibras:……....Hasta 96
- Disposición del elemento resistente..... ...Central
- Elemento central.....Dieléctrico
- Material tubo contenedor fibras.....Plástico

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Disposición de las fibras en tubo.....Holgada
- Relleno del tubo.....Componente antihumedad
- Primera cubierta.....Material Termoplástico

El suministrador describirá las propiedades físicas y químicas del recubrimiento primario de las fibras ópticas y la mejor forma de eliminarlo cuando fuera necesario.

FIBRAS ÓPTCAS

TIPO DE FIBRA

a. Fibras multimodo

En el caso de utilización de fibras multimodo, serán de índice gradual 50/125 µm y cumplirán la recomendación G.651 de la UIT-T.

b. Fibras monomodo

Para los cables que se construyan con fibras del tipo monomodo, podrán utilizarse tanto fibras que cumplan la recomendación G.652 como la G.655 de la UIT-T.

Como criterio general, las fibras G.652 estarán optimizadas para su uso con una longitud de onda de 1310 nm, pudiéndose utilizar también a 1550 nm.

4 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y ÓPTICAS

a) Fibra multimodo (G.651)

- Diámetro del núcleo $50 \pm 3\mu m$
- Diámetro del revestimiento $125 \pm 3\mu m$
- Error de concentricidad núcleo/revestimiento $< 3\mu m$
- No circularidad del revestimiento ≤ 2 (%)
- Diámetro del recubrimiento de acrilato $250 \pm 15\mu m$

b) Fibra monomodo según (G.652)

- Longitud de onda de corte (nm) 1100-1280
- Radio de curvatura mínimo (mm) 50
- Proof test (%) ≥ 1

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN

a. Fibra multimodo (G.651)

- Atenuación a 850 nm ≤ 3 dB/km
- Atenuación a 1310 nm ≤ 1 dB/km
- Apertura numérica 0,18 a 0,24 ± 0,02
- Ancho de banda a 850 nm ≥ 450 MHz.km
- Ancho de banda a 1300 nm ≥ 1000 MHz.km

b. Fibra monomodo según G.652

- Atenuación λ = 1310 nm ≤ 0,36 dB/km
- Atenuación λ = 1550 nm ≤ 0,24 dB/km
- Dispersión total λ = 1310 nm ≤ 3,5 ps/km.nm
- Dispersión total λ = 1550 nm ≤ 20 ps/km.nm
- El valor del PMD de las fibras será: ≤ 0,20 $ps/\sqrt{km}$
- El valor del PMD en cable instalado será: ≤ 0,4 $ps/\sqrt{km}$

c. Fibra monomodo según recomendación G.655

- Atenuación para λ = 1550 nm ≤ 0,25 dB/km
- Atenuación para λ = 1625 nm ≤ 0,27 dB/km
- Dispersión total λ = 1550 nm ≤ 8 ps/km.nm
- El valor del PMD de las fibras será: ≤ 0,20 $ps/\sqrt{km}$
- El valor del PMD en cable instalado será: ≤ 0,4 $ps/\sqrt{km}$

PRUEBAS Y ENSAYOS

Los ensayos a realizar se recogen en la instrucción que regula los ensayos de recepción en fábrica de cables de fibra óptica (ver apartado de normativa aplicable), salvo en el caso de que exista un acuerdo

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

de calidad concertada entre REE y el suministrador del cable, en cuyo caso los ensayos se acordarán entre ambos.

Las características de la cubierta del cable se podrán garantizar con el correspondiente certificado.

- No propagación del agua bajo 1ª cubierta según CEI 794-1.
- Para las fibras ópticas monomodo el valor del PMD a 1550 nm. se podrá garantizar mediante certificado del fabricante de las fibras.

Una vez construido el cable, el valor del PMD de las fibras ópticas a 1550 nm. será garantizado por el suministrador del cable mediante certificado. No obstante, Red Eléctrica podrá solicitar su medición.

NORMATIVA APLICABLE

Los cables y ensayos recogidos en esta especificación deberán cumplir los requisitos que se detallan en las siguientes normas:

- **IT027** "Ensayos de recepción en fábrica de cables de fibra óptica".
- **IT029** "Homologación de cables de fibra óptica"

Red Eléctrica entregará junto a esta especificación dichas normas.

DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR POR EL SUMINISTRADOR

El proveedor entregará a Red Eléctrica una relación detallada de los ensayos a realizar al cable en las recepciones, así como una relación de los ensayos tipo y de homologación realizados, las normas utilizadas, los resultados y los certificados correspondientes. Asimismo, entregará como mínimo, los datos de características técnicas que se soliciten en esta especificación, así como una descripción detallada de la estructura y construcción del cable.

CONDICIONES DE TRANSPORTE, EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO

Las bobinas de cable se cargarán y descargarán mediante una grúa adecuada para el peso de las mismas.

El embalaje se realizará en bobinas que se adecuarán a lo descrito en la Norma UNE 21-045, para el

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

tipo que se elija, dependiendo de las curvaturas del cable óptico recomendadas.

Se verificará que los dos extremos del cable son accesibles y que están asegurados firmemente con abrazaderas, de modo que no se produzcan desenrollados accidentales y protegidos eficazmente contra la entrada de agua y cuerpos extraños.

El almacenamiento prolongado, más de 1 mes, de las bobinas se realizará a cubierto de las inclemencias del tiempo, en particular de la humedad.

Cada bobina llevará una placa de identificación de intemperie en su exterior con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Tipo de cable.
- Longitud del cable.
- Nº de pedido.
- Nº del carrete, nº bobina.
- Fecha fabricación.
- REE.
- Sentido de desenrollado.

REGISTROS DE CALIDAD

El suministrador entregará los registros de calidad firmados y sellados.

Se consideran registros de calidad:

- Modelo **T021** "Medidas de atenuación con OTDR".
- Modelo **T022** "Ciclos térmicos" (cuando proceda).
- Modelo **T019** "Carga/Alargamiento/Atenuación" (cuando proceda).
- Relación de bobinas con nº de matrícula y longitudes reales.

GARANTÍAS

El proveedor garantizará la existencia de repuestos, durante un mínimo de 10 años después del suministro. El cable estará garantizado contra cualquier defecto de fabricación después del suministro o un año después de su puesta en servicio.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TÍTULO:

Suministro de tubos corrugados de doble pared para líneas subterráneas

DATOS DE CONTROL:

Código:	Edición:	Cancela a:
ET140	**2/ 15.11.12**	**ET140 Ed.1/20.09.04**

Unidades implicadas: **Dirección General de Transporte**

GESTIÓN DE LA NORMA:

Responsabilidad:	Aprobación:	Difusión y control:
Dirección de Ingeniería y Construcción	**Dirección General de Transporte**	**Dirección Corporativa de Comunicación y Responsabilidad Corporativa**
Firma:	Firma:	Firma y fecha: **20.12.12**

DESCRIPCIÓN DEL SUMINISTRO

Fijar las condiciones técnicas y de suministro que deben cumplir los tubos rígidos corrugados de doble pared, destinados a la protección mecánica de los cables aislados, y que Red Eléctrica de España utilizará en sus líneas eléctricas subterráneas construidas mediante sistema de banco de tubos.

Las Condiciones Generales de Contratación serán las establecidas con carácter general por REE para regular la adquisición de bienes o prestación de servicios.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y MECÁNICAS

1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El tubo estará fabricado en polietileno de alta densidad y sus dimensiones serán las indicadas en el anexo 2: “Dimensiones”.

La superficie interior lisa deberá estar exenta de asperezas, rebabas o defectos de superficie susceptibles de dañar los conductores o los cables aislados o de causar heridas a instaladores. Por lo tanto, deberá resultar lisa al tacto admitiéndose ligeras ondulaciones propias del proceso de extrusión. Además, presentará el color blanquecino natural del polietileno.

La superficie exterior del tubo será corrugada, uniforme y no presentará deformaciones acusadas, estando coloreada en el proceso de extrusión, no admitiéndose el pintado posterior por imprimación. El colorante empleado en la fabricación del tubo deberá llevar en su composición aditivos que lo protejan de la exposición a la luz y a la intemperie durante el periodo de almacenamiento anterior a la instalación.

No se admitirán superficies con burbujas, rayas longitudinales profundas, quemaduras ni poros.

El material empleado en la fabricación de los tubos deberá ser polietileno virgen no estando permitida la utilización de materias primas recicladas.

La unión de los tubos se realizará mediante manguitos de unión, de forma que la unión entre tubos se realice de forma rápida y sencilla, sin necesidad de utilizar herramientas especiales.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Fig. 1: Manguito de unión

2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

- Temperatura de utilización en régimen permanente: -5 ºC a 100 ºC.
- Resistencia a la compresión superior a 450 N, para una deflexión del 5%.
- Resistencia al impacto: Normal (Código N). Cumplirá con los valores de la tabla 102 “Valores de energía de ensayo de impacto” de la Norma UNE-EN 61386-24.
- Temperatura de reblandecimiento VICAT: mayor o igual que 120 ºC.

ENSAYOS DE TIPO

Los ensayos de tipo deben efectuarse con el fin de demostrar que las características de los tubos cumplen satisfactoriamente con los requerimientos de la presente especificación. Una vez que estos ensayos se han realizado exitosamente, no es necesario repetirlos, a menos que se introduzcan modificaciones en los materiales del tubo, o en los procesos de diseño o fabricación que pudieran modificar sus características.

Un certificado de ensayos de tipo firmado por el representante de una entidad competente, o un informe del fabricante mostrando los resultados del ensayo y firmado por el responsable habilitado, o un certificado de ensayo de tipo de un laboratorio de ensayos independientes, serán aceptados como verificación de la ejecución de los ensayos de tipo.

Todos los equipos de Inspección, Medición y Ensayo utilizados por el suministrador para demostrar la conformidad del producto con los requisitos especificados deberán ser calibrados. La selección de dichos equipos asegurará que la tolerancia de la medida será al menos tres veces superior a la incertidumbre del equipo.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Se realizarán los ensayos de tipo que se indican en la siguiente tabla:

Ensayo	Muestra para ensayo	Método	Valores
Aspecto y marcas	1 longitud de tubo	Visual	Apdo. "Características técnicas" y Apdo. "Marcas" de la presente especificación
Dimensional diámetros	1 trozo de tubo	Calibre	Anexo 2: "Dimensiones"
Dimensional espesores	1 trozo de tubo	Calibre	Anexo 2: "Dimensiones"
Peso	1 trozo de tubo		El peso por metro deberá estar comprendido entre: + 6 % valor ficha técnica fabricante según Anexo 4. - 0% valor ficha técnica fabricante según Anexo 4.
Compresión	1 trozo de tubo	Apdo. 10.2 UNE EN 61386-24	> 450 N para una deflexión del 5%
Impacto	1 trozo de tubo	Apdo. 10.3 UNE EN 61386-24	Normal (Código N) Tabla 102 UNE EN 61386-24
Temperatura de reblandecimiento VICAT	1 trozo de tubo	Anexo 3	≥ 120 ºC
Durabilidad de las marcas	1 trozo de tubo	Apdo. 7.5 y 7.6 UNE EN 61386-1	Apdo. 7.5 y 7.6 UNE EN 61386-1

ENSAYOS DE RECEPCIÓN

Se realizarán los ensayos de recepción que se indican a continuación sobre el 1% del lote de fabricación, con un mínimo de 5 tubos:

- Aspecto y verificación de marcas (examen visual).
- Dimensional de los diámetros según Anexo 2: "Dimensiones".
- Dimensional de los espesores según Anexo 2: "Dimensiones".
- Peso:

  El peso por metro deberá estar comprendido entre:

  - + 6 % del valor de la ficha técnica del fabricante según Anexo 4.
  - - 0 % del valor de la ficha técnica del fabricante según Anexo 4.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Ensayo mecánico de compresión.

  Se realizará el ensayo según el Apdo. 10.2 UNE EN 61386-24 teniendo que ser la fuerza aplicada superior a 450 N, para una deflexión del 5%.

- Ensayo mecánico de impacto.

  Se realizará el ensayo según el Apdo. 10.3 UNE EN 61386-24. Deberá cumplir con los valores de la tabla 102 “Valores de energía de ensayo de impacto” para el caso Normal (Código N).

Criterio de aceptación

Podrá rechazarse el lote completo si tan solo una de las muestras ensayadas no cumple con los ensayos indicados anteriormente. En tal caso se dará al fabricante la opción de efectuar una selección del lote y presentarlo de nuevo a recepción.

CONDICIONES DE TRANSPORTE, EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO

Salvo especificaciones en contra en el pedido, los tubos se suministrarán en tramos rectos de 6 m de longitud con un único manguito en uno de los extremos.

Cada tramo de tubo se suministrará con un tapón en el extremo opuesto al manguito de unión, cuya única misión será evitar que se introduzca suciedad durante el montaje.

Estos tapones no precisarán estar coloreados con las características especificadas para los tubos en el anexo 2: “Dimensiones”.

El diseño de estos tapones deberá ser tal que sea imposible unir dos tramos de tubo sin previamente haber quitado el tapón correspondiente.

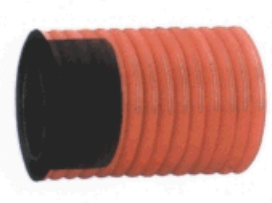


Fig. 2: Tapón de cierre

El transporte de los tubos se realizará en palets de madera adecuadamente embalados.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622 2MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Cada palet dispondrá de una etiqueta con caracteres indelebles, que indique:

Red Eléctrica de España
Pedido Nº:
Línea:
Nº de palet:
Nº tubos/palet:
Dimensiones:
Peso bruto:
Mes y año de fabricación:

MARCAS

Los tubos corrugados objeto de esta especificación deberán llevar marcado a lo largo de su longitud completa, de forma clara y visible, como mínimo la siguiente información:

- REE
- Nombre o marca del fabricante.
- Tipo de material.
- Diámetro nominal.
- UNE-EN 61386-24.
- Código clasificación resistencia: 450.
- Uso normal: Sigla N.
- Año de fabricación

La altura de la letra del texto de inscripción deberá ser 10 mm.

La distancia entre dos marcas sucesivas será preferentemente de un metro, no superando en ningún caso los tres metros de separación.

Los manguitos de unión llevarán una marca completa con la misma información que los tubos que están uniendo.

En los tapones sólo se marcará el nombre del fabricante o marca de fábrica.

Las marcas deberán ser indelebles, duraderas y fácilmente legibles.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

INFORMACIÓN A ENTREGAR POR EL SUMINISTRADOR

1. DOCUMENTACIÓN PARA LA OFERTA

El suministrador adjuntará toda la documentación que considere oportuna para una definición lo más exacta posible de los tubos ofertados, incluyendo como mínimo la que se indica a continuación:

- Fichas Técnicas adjuntadas en el anexo 4 de este documento, debidamente cumplimentadas.
- Memoria o folleto descriptivo del tubo ofertado.
- Certificado de calidad AENOR según norma UNE EN 61386-24.
- Certificado de ensayos tipo.
- Condiciones de suministro y embalaje para el tubo ofertado (dimensiones y peso del palet, número de tubos de 6 m por palet, etc…).
- P.P.I.: Programa de puntos de inspección.
- Instrucciones de manipulación e instalación segura.
- Plazo de entrega, a partir de la petición de suministro.
- Condiciones de garantía.
- Lista de excepciones a la especificación, debidamente justificadas.

2. DOCUMENTACIÓN FINAL

El suministrador, entregará a la recepción del material por Red Eléctrica de España, la documentación que garantice la idoneidad de los materiales y de los procesos utilizados como:

- Certificados de calidad de origen de materia prima. No se permitirá la utilización de materias primas recicladas para la fabricación de los tubos.
- Certificados de los ensayos realizados por el suministrador, tanto de la materia prima como durante el proceso de fabricación.
- Certificados de ensayos de recepción.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Normativa aplicable

Código:	Edición:	Cancela a:
ET140	**2/ 15.11.12**	**ET140 Ed.1/20.09.04**

NORMATIVA APLICABLE

En la presente especificación, serán de aplicación, en cada caso, las siguientes Normas y Especificaciones Técnicas, siempre referidas a su última edición.

Código de la norma	Título de la norma
UNE-EN 61386-1	Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 1: Requisitos generales.
UNE-EN 61386-24	Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 24: Requisitos particulares. Sistemas de tubos enterrados bajo tierra.
UNE-EN ISO 306	Plásticos. Materiales termoplásticos. Determinación de la temperatura de reblandecimiento VICAT (VST).

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Dimensiones

Código:	Edición:	Cancela a:
ET140	**2/15.11.12**	**ET140 Ed.1/20.09.04**

Las dimensiones del tubo corrugado de doble pared objeto de esta especificación serán las indicadas en la tabla siguiente:

Diámetro nominal (mm)	Diámetro exterior (mm)	Tolerancia diámetro exterior (mm)	Diámetro mínimo interior (mm)	Espesor pared exterior corrugada (mm)	Tolerancia espesor pared exterior corrugada (mm)	Espesor pared interior lisa (mm)	Tolerancia espesor pared interior lisa (mm)	Color	Utilización
110	110	+ 2,0 - 0,0	90	Valor declarado por el fabricante según ficha técnica anexo 4	± 0,10	Valor declarado por el fabricante según ficha técnica anexo 4	± 0,10	Verde	Telecomunicaciones y cables de tierra
160	160	+ 2,9 - 0,0	136		± 0,15		± 0,15	Rojo	Cables A.T.
200	200	+ 3,6 - 0,0	169		± 0,15		± 0,15	Rojo	Cables A.T.
250	250	+ 4,5 - 0,0	218		± 0,15		± 0,15	Rojo	Cables A.T.
315	315	+ 5,7 - 0,0	273		± 0,20		± 0,20	Rojo	Cables A.T.

La verificación de los diámetros interior y exterior se realizará mediante la medición de dos diámetros perpendiculares en la misma sección y calculando el valor promedio. La medición del diámetro exterior se realizará mediante un calibre de anillo o cualquier otro método adecuado.

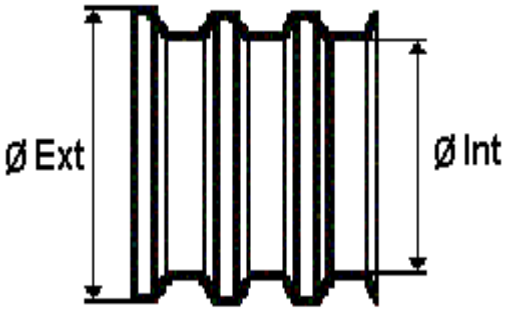


Fig. 3: Tubo rígido corrugado.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La determinación de los espesores de la capa exterior e interior del tubo se realizará de la siguiente forma:

- **Capa exterior corrugada**

  Con un calibre o cualquier otro método adecuado se toman medidas del espesor de la capa exterior en la raíz y en la cresta de la corruga en cuatro sitios, aproximadamente igualmente espaciados, alrededor de los 360 º del tubo y se calcula el valor medio tal como sigue:

$$E_c = Valor\ medio\ medido\ espesor\ capa\ exterior\ corrugada = \frac{\sum_1^4 (a+b)}{8}$$

- **Capa interior lisa**

  Con un calibre o cualquier otro método adecuado se toman medidas del espesor de la capa interior en cuatro sitios, aproximadamente igualmente espaciados, alrededor de los 360 º del tubo y se calcula el valor medio tal como sigue:

$$E_i = Valor\ medio\ medido\ espesor\ capa\ interior\ lisa = \frac{\sum_1^4 c}{4}$$

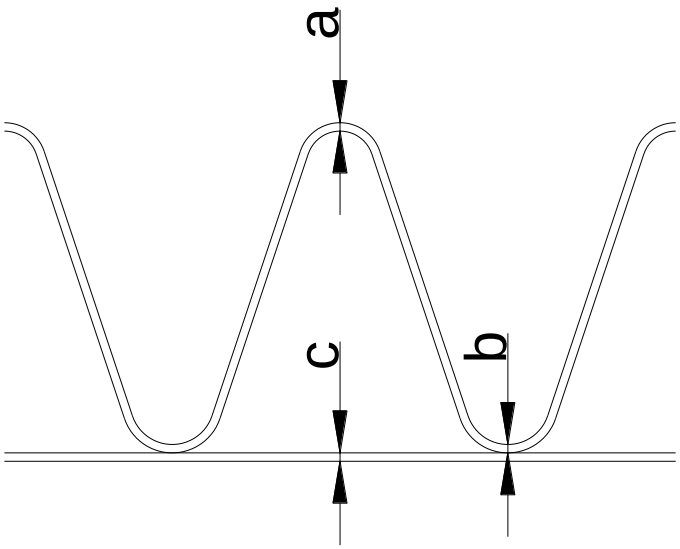


Fig. 4: Detalle medida espesores de las capas del tubo corrugado.

El valor medio medido de la capa exterior corrugada (E_c) y el valor medio medido de la capa interior lisa (E_i) deben cumplir con el valor declarado por el fabricante según la ficha técnica del anexo 4 considerando las tolerancias indicadas en la tabla de dimensiones del presente anexo.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Determinación de la temperatura de reblandecimiento vicat.

Código:	Edición:	Cancela a:
ET140	**2/15.11.12**	**ET140 Ed.1/20.09.04**

Este ensayo se realizará según la Norma UNE-EN ISO 306:1997.

Las dimensiones de las probetas serán como mínimo de 10 mm x 10 mm, y el espesor entre 3 y 6 mm.

Cuando el espesor de pared del tubo o del accesorio a ensayar sea superior a 6 mm, deberá reducirse dicho espesor hasta alcanzar un valor comprendido entre 3 y 6 mm, debiendo mecanizarse únicamente la superficie exterior utilizando la herramienta apropiada.

Si el espesor de la probeta es inferior a 3 mm, ésta deberá estar formada por dos o más trozos de material superpuestos, de manera que se obtenga un espesor total de, como mínimo, 3 mm; el trozo inferior de material servirá de base y deberá ser aplanado, para lo que se recomienda calentarlo a 140 ºC durante 15 minutos, colocando sobre él una placa metálica hasta conseguir la forma deseada. El trozo superior deberá dejarse tal y como se cortó.

La punta de penetración del aparato de ensayo deberá estar situada, como mínimo, a 3 mm de los bordes de la probeta.

Todas las medidas se realizarán por duplicado.

En el caso de los accesorios, se ensayarán dos probetas extraídas por corte de la pared de la zona de unión con el tubo, cuidando que la probeta esté libre de líneas de soldadura.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO CORRUGADO VERDE 110 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO RÍGIDO CORRUGADO VERDE 110 MM**
- Designación fabricante	

2. Características constructivas:

- Longitud	6 m
- Color	Verde
- Diámetro exterior	110 mm
- Diámetro interior	≥ 90 mm
- Espesor pared exterior corrugada	mm
- Espesor pared interior lisa	mm
- Temperatura de utilización en régimen permanente	-5 ºC a 100 ºC
- Temperatura VICAT	≥ 120 ºC
- Resistencia a compresión	≥ 450 N
- Resistencia al impacto (Tipo N)	≥28 J
- Peso	g/m

3. Características de suministro:

- Número de tubos por palet	
- Dimensiones de palet	m
- Peso bruto palet	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO CORRUGADO ROJO 160 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO RÍGIDO CORRUGADO ROJO 160 MM**
- Designación fabricante	

2. Características constructivas:

- Longitud	6 m
- Color	Verde
- Diámetro exterior	160 mm
- Diámetro interior	≥ 136 mm
- Espesor pared exterior corrugada	mm
- Espesor pared interior lisa	mm
- Temperatura de utilización en régimen permanente	-5 ºC a 100 ºC
- Temperatura VICAT	≥ 120 ºC
- Resistencia a compresión	≥ 450 N
- Resistencia al impacto (Tipo N)	≥40 J
- Peso	g/m

3. Características de suministro:

- Número de tubos por palet	
- Dimensiones de palet	m
- Peso bruto palet	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO CORRUGADO ROJO 200 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO RÍGIDO CORRUGADO ROJO 200 MM**
- Designación fabricante	

2. Características constructivas:

- Longitud	6 m
- Color	Verde
- Diámetro exterior	200 mm
- Diámetro interior	≥ 169 mm
- Espesor pared exterior corrugada	mm
- Espesor pared interior lisa	mm
- Temperatura de utilización en régimen permanente	-5 ºC a 100 ºC
- Temperatura VICAT	≥ 120 ºC
- Resistencia a compresión	≥ 450 N
- Resistencia al impacto (Tipo N)	≥40 J
- Peso	g/m

3. Características de suministro:

- Número de tubos por palet	
- Dimensiones de palet	m
- Peso bruto palet	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO CORRUGADO ROJO 250 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO RÍGIDO CORRUGADO ROJO 250 MM**
- Designación fabricante	

2. Características constructivas:

- Longitud	6 m
- Color	Rojo
- Diámetro exterior	250 mm
- Diámetro interior	≥ 218 mm
- Espesor pared exterior corrugada	mm
- Espesor pared interior lisa	mm
- Temperatura de utilización en régimen permanente	-5 ºC a 100 ºC
- Temperatura VICAT	≥ 120 ºC
- Resistencia a compresión	≥ 450 N
- Resistencia al impacto (Tipo N)	≥40 J
- Peso	g/m

3. Características de suministro:

- Número de tubos por palet	
- Dimensiones de palet	m
- Peso bruto palet	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO CORRUGADO ROJO 315 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO RÍGIDO CORRUGADO ROJO 315 MM**
- Designación fabricante	

2. Características constructivas:

- Longitud	6 m
- Color	Rojo
- Diámetro exterior	315 mm
- Diámetro interior	≥ 273 mm
- Espesor pared exterior corrugada	mm
- Espesor pared interior lisa	mm
- Temperatura de utilización en régimen permanente	-5 ºC a 100 ºC
- Temperatura VICAT	≥ 120 ºC
- Resistencia a compresión	≥ 450 N
- Resistencia al impacto (Tipo N)	≥40 J
- Peso	g/m

3. Características de suministro:

- Número de tubos por palet	
- Dimensiones de palet	m
- Peso bruto palet	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TÍTULO:

Cinta de polietileno para señalización subterránea de cables enterrados

REFERENCIA: **ET141** EDICIÓN: **1 / 20.09.04** PÁGINA: **1** DE: **3**
CANCELA A: EDICIÓN:

AFECTA A: **Dirección General de Transporte**

EDICIÓN Y CONTROL:
Dirección de Responsabilidad Corporativa y Relaciones Institucionales

APROBACIÓN Y FECHA:
Dirección General de Transporte

DIRECCIÓN RESPONSABLE**:**
Dirección de Ingeniería

OBJETO

Fijar las condiciones técnicas y de suministro que deben cumplir las cintas de polietileno utilizadas para señalizar la presencia de cables eléctricos enterrados, y que RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA empleará en sus líneas eléctricas subterráneas en zanja.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y MECÁNICAS

1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El material empleado en la fabricación de la cinta para la señalización de cables enterrados será polietileno.

La cinta será opaca, de color amarillo naranja vivo B 532, según la norma UNE 48103.

El ancho de la cinta de polietileno utilizada para la señalización de cables enterrados será de 150±5 mm y su espesor será de 0.1±0.01 mm.

2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

La cinta tendrá una resistencia mecánica mínima a la tracción de 100 kg/cm^2 en la sección longitudinal y de 80 kg/cm^2 en la sección transversal.

MARCAS

La cinta llevará una impresión indeleble a tinta negra, por una cara, de los dibujos, anagramas e indicaciones que se representan en la siguiente figura. El lado del triángulo de riesgo eléctrico será de 10,5±0,3 cm.



CONDICIONES DE SUMINISTRO Y EMBALAJE

La cinta de polietileno se suministrará en rollos de 500 metros.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Cinta de polietileno para señalización subterránea de cables enterrados

Cada rollo de cinta dispondrá de una etiqueta con caracteres indelebles, que indique:

Red Eléctrica de España

Pedido Nº:
Línea:
Número de rollo:
Longitud:
Dimensiones:
Peso:
Mes y año de fabricación:
Grupo:

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Se realizará de la forma siguiente:

- el 5% de los rollos de cinta, con un mínimo de dos, serán sometidos a las verificaciones.
- Se tomará una muestra de dos rollos de cinta y se obtendrá una probeta de cada uno a fin de verificar la resistencia mecánica que deberá ser conforme a lo que establece la RU 0205 B

Podrá rechazarse todo el lote si se obtienen dos o más resultados fallidos en cualquiera de las verificaciones, tanto si los resultados fallidos se producen todos en una misma cinta, como si aparecen parte en cada una. Si solamente se produce un fallo, se volverán a realizar los ensayos con muestras de otras dos cintas distintas, no debiendo producirse fallo alguno en los contraensayos.

NORMATIVA APLICABLE

En la presente especificación, serán de aplicación, en cada caso, las siguientes Normas y Especificaciones Técnicas, siempre referidas a su última edición.

NORMA	TITULO	EQUIVALENCIA
RU 0205 B	Señalización subterránea de cables enterrados. Cinta de polietileno.	

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Cinta de polietileno para señalización subterránea de cables enterrados

DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR POR EL SUMINISTRADOR

1. DOCUMENTACIÓN PARA LA OFERTA

El suministrador adjuntará toda la documentación que considere oportuna para una definición lo más exacta posible de la cinta señalizadora, incluyendo como mínimo la que se indica a continuación:

- Memoria o folleto descriptivo de la cinta de señalización ofertada.
- Condiciones de suministro y embalaje de la cinta ofertada: Longitud, peso y dimensiones de cada rollo, etc…
- Plazo de entrega, a partir de la petición de suministro.
- Condiciones de garantía.
- Lista de excepciones a la especificación, debidamente justificadas.

2. DOCUMENTACIÓN FINAL

El suministrador, entregará a la recepción del material por Red Eléctrica de España, la documentación que garantice la idoneidad de los materiales y de los procesos utilizados como:

- Certificados de calidad de origen de materia prima. No se permitirá la utilización de materias primas recicladas para la fabricación de los tubos.
- Certificados de los ensayos realizados por el suministrador, tanto de la materia prima como durante el proceso de fabricación.
- Certificados de ensayos finales.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TÍTULO:

Cajas de empalme para cables de fibra óptica

DATOS DE CONTROL:

Código:	Edición:	Cancela a:
ET148	**2 / 11.11.11**	**ET148 Ed.1 / 19.10.04**

Unidades implicadas: **Dirección General de Transporte**

GESTIÓN DE LA NORMA:

Responsabilidad:	Aprobación:	Difusión y control:
Dirección de Mantenimiento de Instalaciones	**Dirección General de Transporte**	**Dirección de Responsabilidad Corporativa y Relaciones Institucionales**
Firma:	Firma:	Firma y fecha: **28.11.11**

DESCRIPCIÓN DEL SUMINISTRO

El elemento de la red de cable de fibra óptica llamado caja de empalme consiste en una caja herméticamente cerrada a cual acceden cables de fibra óptica con el fin de realizar las correspondientes interconexiones de fibras de los diferentes cables.

La presente especificación es aplicable para a las cajas de empalme para cables ópticos en las áreas de intemperie (en adelante cajas aéreas) y soterradas, enterradas y en galerías (en adelante cajas subterráneas) a emplear en instalaciones de Red Eléctrica de España S.A.U. (Red Eléctrica) para cualquier tipo de cable de fibras ópticas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, MECÁNICAS Y CONSTRUCTIVAS

1. CARACTERÍSTICAS COMUNES

- Las dimensiones máximas de las cajas serán:
  - Alto: 55 cm
  - Ancho: 29 cm
  - Profundidad: 18 cm
- Dispondrán como mínimo acceso para 3 cables.
- Las entradas dispondrán de prensaestopas o bien estarán diseñadas para ser cerradas con termoretráctiles. En ambos casos impedirán la entrada de agua.
- En el interior de la caja existirán tantos puntos de anclaje para sujetar el elemento central del cable como cables que puedan entrar en la caja.
- Las cajas estarán protegidas contra la corrosión y dispondrán de juntas elastométricas de estanqueidad. Tanto las juntas como los elastómetros cumplirán la normativa vigente (ver anexo 1).
- Los márgenes de utilización de las cajas serán de -30 a +70 ºC
- Existirán elementos de fijación de las protecciones holgadas de las fibras, bien individualmente (como mínimo una por cable) o agrupadas. Estos elementos de fijación permitirán la manipulación de cada cable sin tener que desmontar ninguno del resto de los cables.
- Asimismo, existirán fijaciones para que los sistemas que agrupan diferentes protecciones holgadas, como pueden ser protecciones helicoidales o similares.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Las cajas se podrán abrir y cerrar repetidamente sin necesidad de herramientas especiales o materiales adicionales.

1.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS BANDEJAS DE EMPALMES

- Las cajas vendrán equipadas con un mínimo de 5 bandejas de empalmes. Cada bandeja estará destinada a albergar las fibras de un tubo o cinta y permitirá, como mínimo, realizar 24 fusiones. El acceso a la bandeja de empalmes se realizará por los laterales de la misma.
- Las bandejas de empalme serán todas idénticas e intercambiables. Sus dimensiones mínimas serán de 120 por 200 mm, permitiendo un radio de curvatura de las fibras de 40 mm.
- Con el fin de proteger las cocas de las fibras y los empalmes, cada bandeja de empalmes dispondrá de una tapa, que deberá ser transparente en las cajas subterráneas.
- Las bandejas de empalmes serán independientes entre sí de forma que se pueda trabajar en ellas sin poner en riesgo empalmes o conexiones de las otras bandejas del módulo. Estarán apiladas de forma que se puedan desplazar de una en una. Dispondrán de un sistema de fijación para evitar su movimiento involuntario, tanto cuando están en su posición de trabajo, como cuando están en su posición normal.
- Deberá ser imposible que el movimiento de una bandeja arrastre las bandejas colaterales.
- Cada bandeja de empalmes tendrá elementos de fijación de las protecciones holgadas de las fibras, tubos de transporte y además dispondrá de una superficie visible en la que incluir una numeración sin necesidad de moverla.

2. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LAS CAJAS AÉREAS

Además de las características comunes mencionadas en el apartado 1, las cajas aéreas tendrán las siguientes características:

- Las cajas serán resistentes a impactos causados por disparos con perdigón de calibres 32 y 22 a 10m de distancia.
- Las cajas serán metálicas, de acero resistente al ácido, preferiblemente de acero inoxidable pudiendo ser de acero galvanizado en caliente. Tendrán un grado de protección estable IP65S como mínimo, según la normativa vigente indicada en el anexo 1.
- Las cajas tendrán un grado de protección al impacto mecánico IK10 como mínimo.
- El acceso de los cables será por el mismo lado de la caja. Los diámetros de los cables irán de 12 a 18,5 mm.
- Dispondrán de elementos de sujeción que garantizarán la continuidad eléctrica del cable OPGW (cable compuesto tierra-óptico).
- Las cajas dispondrán de toma de tierra para los componentes metálicos.
- La caja tendrá un sistema fácil de fijación que mantendrá el grado de protección del conjunto. El sistema de fijación será mediante pletina (u otro dispositivo de fijación) superior e inferior y que permita engrapar la caja a la torre y vendrá incluido en el suministro. No se permiten sistemas de fijación que exijan la perforación de la torre.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LAS CAJAS SUBTERRÁNEAS

Además de las características comunes mencionadas en el apartado 1, las cajas subterráneas tendrán las siguientes características:

- Tendrán un grado de protección estable, IP68S como mínimo, según la normativa vigente indicada en el anexo 1.
- Las cajas tendrán un grado de protección al impacto mecánico de IK09 como mínimo.
- Estas cajas estarán provistas de válvulas de presurización.
- La caja tendrá un sistema fácil de fijación que mantendrá el grado de protección del conjunto. El sistema de fijación permitirá instalar la caja en cualquier punto de la arqueta donde estará ubicada.

PRUEBAS Y ENSAYOS

Las pruebas de homologación y los ensayos de recepción están contenidos en la instrucción técnica en vigor (anexo 1).

INFORMACIÓN A ENTREGAR POR EL SUMINISTRADOR

El proveedor entregará a Red Eléctrica lo siguiente:

- Una **especificación técnica** del producto que incluya, entre otros, los datos de las características técnicas, una descripción detallada de la estructura y construcción de la caja de empalmes.
- Un **manual de instalación** con las instrucciones y plantillas necesarias para su instalación y montaje. Este manual debe incluir al menos lo siguiente:
  - Guiado de tubos.
- Informe que recoja los ensayos realizados según normativa vigente de recepción de cajas de empalme (ver anexo 1).

Toda la documentación entregada será en castellano.

CONDICIONES DE TRANSPORTE, EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO

Las cajas de empalme se transportarán embaladas y se cargarán y descargarán con los medios adecuados.

El almacenamiento de las cajas embaladas se realizará a cubierto de las inclemencias del tiempo, en particular de la humedad

En el embalaje de cada caja se hará constar:

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Fabricante
- Nº de pedido
- Fecha de fabricación
- Tipo de caja

CONDICIONES AMBIENTALES

El repartidor óptico cumplirá con la normativa ambiental vigente.

REGISTROS DE CALIDAD

El fabricante de los suministros objeto de esta Especificación deberá tener implantado un sistema de calidad que cumpla los requisitos de la normativa vigente y aplicable a Red Eléctrica (ver anexo 1).

GARANTÍAS

El proveedor garantizará la existencia de repuestos, durante un mínimo de 10 años después del suministro.

La caja de empalme estará garantizada contra la corrosión.

La caja de empalme estará garantizada contra cualquier defecto de fabricación hasta dos años después de su suministro o un año después de su puesta en servicio.

ANEXOS

Anexo 1: Normativa aplicable.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Normativa aplicable.

Código:	Edición:	Cancela a:
ET148	**2 / 11.11.11**	**ET148 Ed. 1 / 19.10.04**

NORMATIVA APLICABLE

Norma	Título de la norma	Observaciones
IT028	Recepción de cajas de empalme y repartidores ópticos.	Instrucción Técnica de Red Eléctrica.
IEC 60529	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).	Norma que define el código IP.
UNE-EN 50102	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).	Norma que define el código IK.
UNE-EN 12365: 2004	Herrajes para la edificación. Juntas y burletes de estanquidad para puertas, ventanas, persianas y fachadas ligeras.	
ISO 9001	Quality management systems – Requirements.	

Tabla 1 Normativa aplicable

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TÍTULO:

Arqueta de telecomunicaciones para líneas subterráneas

DATOS DE CONTROL:

Código:	Edición:	Cancela a:
ET202	**1/15.11.12**	

Unidades implicadas: **Dirección General de Transporte**

GESTIÓN DE LA NORMA:

Responsabilidad:	Aprobación:	Difusión y control:
Dirección de Ingeniería	**Dirección General de Transporte**	**Dirección de Comunicación y Responsabilidad Corporativa**
Firma:	Firma:	Firma y fecha: **14.12.12**

DESCRIPCIÓN DEL SUMINISTRO

Esta especificación contiene los requisitos técnicos para el diseño, fabricación, montaje, ensayos y suministro de las arquetas de paso o de registro de los cables de telecomunicaciones, y que Red Eléctrica de España (REE) utilizará en sus líneas subterráneas.

Las Condiciones Generales de Contratación serán las establecidas con carácter general por REE para regular la adquisición de bienes o prestación de servicios.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

La arqueta estará compuesta por cuatro caras independientes o dos paños en forma de angular de 90º, que enfrentados entre sí y unidos, forman un paralelepípedo recto.

La materia prima a emplear será PRFV (resina de poliéster insaturado y reforzada con fibra de vidrio) o polipropileno reforzado con cargas minerales.

Las caras interiores serán lisas, sin aristas vivas, ni deformaciones, y las caras exteriores estarán provistas de nervaduras suficientes para soportar las presiones laterales del hormigón en posición de trabajo.

Salvo que se indique lo contrario, las paredes irán sin acometidas premarcadas, facilitándose las aperturas para entradas de tubos mediante corona o taladro manual.

Las arquetas serán modulables en altura, permitiéndose recrecer la arqueta hasta la cota de apoyo de la tapa si las necesidades constructivas así lo requieren.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Arqueta de telecomunicaciones para líneas subterráneas

Código: **ET202**

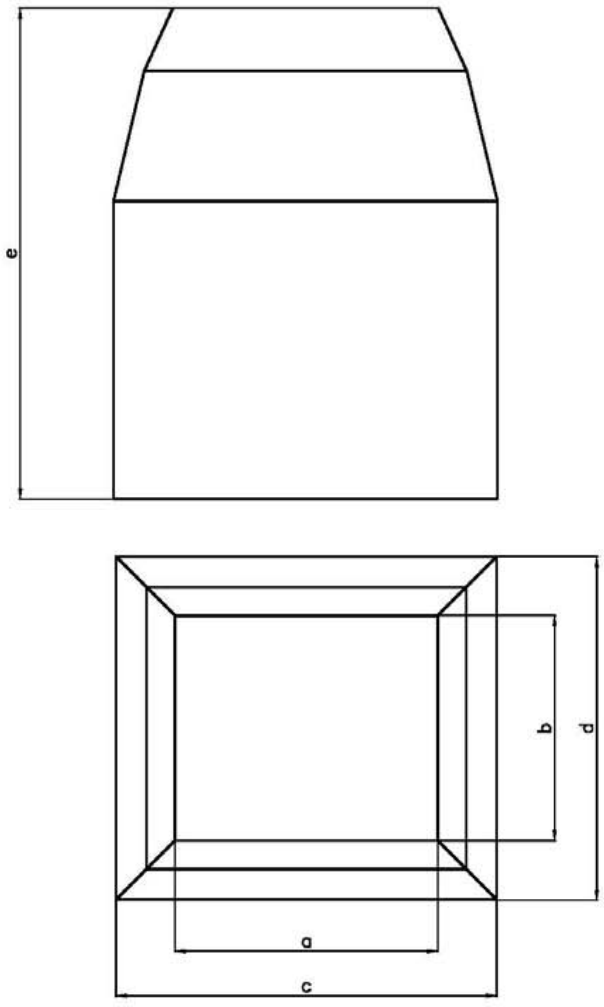
Edición: **1/ 15.11.12**

Cancela a:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

ARQUETA SENCILLA DE TELECOMUNICACIONES

ALZADO



Cotas	Dimensión (mm)
a	625±5
b	535±5
c	900±15
d	815±15
e	1.200±50

NOTA: Al no representarse en el esquema el espesor de la arqueta, todas las cotas en planta están referenciadas a las paredes interiores.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Arqueta de telecomunicaciones para líneas subterráneas

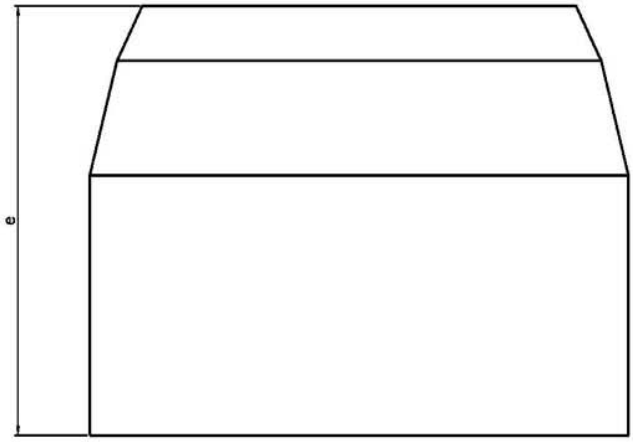
Código: **ET202**

Edición: **1/ 15.11.12**

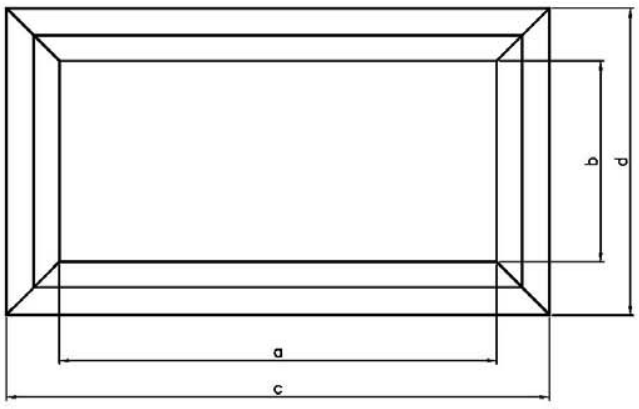
Cancela a:

ARQUETA DOBLE DE TELECOMUNICACIONES

ALZADO



Cotas	Dimensión (mm)
a	1145±25
b	625±5
c	1425±25
d	900±15
e	1.200±50



PLANTA

NOTA: Al no representarse en el esquema el espesor de la arqueta, todas las cotas en planta están referenciadas a las paredes interiores.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

- Resistencia mecánica: Las arquetas deben tener un grado de protección contra impactos mecánicos IK09 según UNE 201004, o una resistencia al impacto superior a 60 kJ/m^2 según UNE-EN ISO 179. El módulo de flexión del material será > 2 GPa según UNE-EN ISO 178. La resistencia a la tracción será ≥ 30 MPa según UNE-EN ISO 527.
- Carga de rotura de arqueta:
    - Zona Peatonal: 50 kN arqueta sin hormigonar según UNE 201004.
    - En calzada: 150 kN arqueta hormigonada en condiciones normales utilización según UNE-201004.
- Resistencia a la humedad: Las arquetas deben estar protegidas contra la humedad que pueda aparecer en utilización normal. La conformidad se verificará según UNE 201004 o acreditando un coeficiente de absorción del material < 0,3 % según ISO 62.
- Resistencia al envejecimiento: Se realizará un ensayo de envejecimiento luz UV-A de 1000 horas.

MARCAS

En las arquetas debe ser marcada de forma indeleble y legible en uno de sus laterales interiores, la siguiente información:

- Identificación del fabricante
- Lote de fabricación

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

PRUEBAS Y ENSAYOS

Los ensayos se realizarán sobre las arquetas según los requisitos relativos a los ensayos indicados en el Apartado 6 UNE 201004.

1. Marcas: La conformidad se verifica por examen visual y según ensayo indicado en Apto. 7 UNE 201004.

2. Dimensiones: Se comprobará mediante medición que las dimensiones interiores y exteriores se ajustan a las de la presente especificación técnica.

3. Verificación de la ausencia de aristas cortantes: Mediante examen visual se verificará que el interior de la arqueta está exento de asperezas, rebabas o defectos de superficie susceptibles de dañar los cables o causar heridas a instaladores o usuarios.

4. Resistencia al envejecimiento: Realizar ensayo de envejecimiento luz UV-A de 1.000 horas y una prueba de resistencia de flexión, cuyos resultados deben ser superiores al 80% de la resistencia inicial. No deben presentarse variaciones dimensionales.

5. Resistencia a la humedad: La conformidad se verifica por ensayo indicado en Apto. 9.2 UNE 201004, o acreditando un coeficiente de absorción según ISO 62.

6. Resistencia al impacto: Las arquetas deben tener un grado de protección contra impactos mecánicos IK09 según UNE 201004, o una resistencia al impacto superior a 60 kJ/m^2 según UNE-EN ISO 179.

7. Módulo de flexión: La medición se determinará sobre las probetas y mediante el procedimiento indicado según UNE-EN ISO 178.

8. Resistencia a tracción: La conformidad se verifica por ensayo según norma UNE-EN ISO 527.

9. Resistencia a compresión: Las conformidad a carga de rotura por compresión se verificará mediante los siguientes ensayos:

   - Zona peatonal: Según ensayo a compresión indicado en el Apto. 10.2 UNE 201004, enterrando la arqueta en una caja con tierra y aplicando una carga de 50 kN.
   - Zona de calzada: Según ensayo a compresión indicado en el Apto. 10.2 UNE 201004, enterrando la arqueta en una caja con tierra y aplicando una carga de 150 kN, y según procedimiento descrito a continuación:

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Se colocará la muestra en el foso del pórtico de ensayos, hormigonada en condiciones de uso normal, y colocada tal que la aplicación de la carga se transmita al centro de la tapa de cobertura o cierre. Entre la arqueta y el suelo, y entre la arqueta y la tapa, se interpone una lámina de caucho para compensar las pequeñas irregularidades que pueda haber entre ambas superficies.
- Aplicación de la carga a través de un dispositivo de acero de rigidez adecuada y forma circular con una dimensión aproximada de 320 mm de diámetro. El eje de dicho dispositivo es perpendicular a la superficie de la tapa y coincide con su centro geométrico.
- La carga de ensayo se aplica según UNE 201004.

10. Resistencia al calor: La conformidad se verifica por ensayo a 70ºC, indicado en Apto. 11 UNE 201004.

11. Rigidez dieléctrica: La conformidad se verifica para 5 kV por ensayo indicado en Apto. 12.1 UNE 201004.

12. Medición de la resistencia de aislamiento: La conformidad se verifica para 500 MΩ por ensayo indicado en Apto. 12.2 UNE 201004.

Para los ensayos indicados en los puntos 10, 11 y 12, REE se reserva el derecho de aceptar otros ensayos que considere aceptables siempre que los resultados obtenidos sean más restrictivos que los obtenidos en los ensayos expuestos en la norma UNE 201004.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

INFORMACIÓN A ENTREGAR POR EL SUMINISTRADOR

1.- DOCUMENTACIÓN PARA LA OFERTA

El suministrador adjuntará toda la documentación que considere oportuna para una definición lo más exacta posible de las arquetas ofertadas, incluyendo como mínimo la que se indica a continuación:

- Ficha técnica adjuntada en el anexo 2 de este documento, debidamente cumplimentada.
- Plano de detalle de la arqueta.
- Memoria o folleto descriptivo de las arquetas ofertadas.
- Guía de instalación.
- Condiciones de suministro y embalaje para las arquetas ofertadas (dimensiones y peso del palet, número de arquetas por palet, etc…)
- Plan de calidad que incluya Programa de Puntos de Inspección.
- Plazo de entrega, a partir de la petición de suministro.
- Condiciones de garantía.
- Lista de excepciones a la especificación, debidamente justificadas.

2.- DOCUMENTACIÓN FINAL

El suministrador, entregará a la recepción del material por REE, la documentación que garantice la idoneidad de los materiales y de los procesos utilizados, y deberá contener al menos la siguiente documentación:

- Certificado de calidad de la materia prima.
- Certificados de los ensayos realizados por el suministrador.
- Certificados de ensayos finales.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

CONDICIONES DE SUMINISTRO Y EMBALAJE

El transporte de las arquetas se realizará en palets de madera adecuadamente embalados. Se tomarán las medidas oportunas para que el material no sufra movimientos ni desplazamientos durante las operaciones de almacenaje y transporte.

El palet deberá llevar una etiqueta identificativa con los siguientes datos:

RED ELECTRICA DE ESPAÑA Pedido Nº Línea Tipo de Arqueta Cantidad

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Normativa aplicable.

Código:	Edición:	Cancela a:
ET202	**1 / 15.11.12**	

NORMATIVA APLICABLE

Código de la norma	Título de la norma
UNE-EN ISO 179	Plásticos. Determinación de las propiedades al impacto Charpy.
UNE-EN 124	Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Principios de construcción, ensayos de tipo, marcado, control de calidad.
UNE 201004	Arquetas de material plástico destinadas a usos eléctricos de baja tensión.
UNE-EN ISO 527	Plásticos. Determinación de las propiedades en tracción.
UNE-EN ISO 178	Plásticos. Determinación de las propiedades de flexión.
ISO 62	Plastics. Determination of water absorption.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ARQUETA SENCILLA DE TELECOMUNICACIONES

1. Designación:

- Designación REE	ARQUETA SENCILLA DE TELECOMUNICACIONES
- Designación fabricante	

2. Características constructivas:

- Material		
- Color		
- Cota de paso		625x535 (±5) mm
- Dimensión Exterior		815x905 (±5) mm
- Altura		1.200±50 mm
- Espesor medio de pared		> 2,3 mm
- Suplementos	mm	
- Peso		< 30 kg
- Resistencia de carga (Zona Peatonal)		≥50 kN
- Resistencia de carga (Zona de Calzada)		≥150 kN
- Resistencia a la humedad / Coef. absorción		>95 % / < 0,3 %
- Resistencia de aislamiento s/ UNE 201004		> 500 MΩ
- Módulo de flexión		>2 GPa
-Resistencia a la tracción		≥ 30 MPa

2. Características de suministro:

- Número arquetas palet	
- Dimensiones palet	cm
- Peso bruto palet	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ARQUETA DOBLE DE TELECOMUNICACIONES

1. Designación:

- Designación REE	ARQUETA DOBLE DE TELECOMUNICACIONES
- Designación fabricante	

2. Características constructivas:

- Material		
- Color		
- Cota de paso		1145(±25) x625(±5) mm
- Dimensión Exterior		900(±15)x1425(±25) mm
- Altura		1.200±50 mm
- Espesor medio de pared		> 2,3 mm
- Suplementos	mm	
- Peso		< 50 kg
- Resistencia de carga (Zona Peatonal)		≥50 kN
- Resistencia de carga (Zona de Calzada)		≥150 kN
- Resistencia a la humedad / Coef. absorción		>95 % / <0,3 %
- Resistencia de aislamiento s/ UNE 201004		> 500 MΩ
- Módulo de flexión		>2 GPa
-Resistencia a la tracción		≥ 30 MPa

2. Características de suministro:

- Número arquetas palet	
- Dimensiones palet	cm
- Peso bruto palet	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TÍTULO:

Suministro de tubos de telecomunicaciones para líneas subterráneas

DATOS DE CONTROL:

Código:	Edición:	Cancela a:
ET203	**2 /03.10.16**	**1 /14.02.14**

Unidades implicadas: **Dirección General de Transporte**

GESTIÓN DE LA NORMA:

Responsabilidad:	Aprobación:	Difusión y control:
Dirección de Servicios para el Transporte	**Dirección General de Transporte**	**Dirección de Sostenibilidad e Innovación**
Firma:	Firma:	Firma y fecha: **02.11.16**

DESCRIPCIÓN DEL SUMINISTRO

Fijar las condiciones técnicas y de suministro que deben cumplir los tubos de polietileno, destinados a la protección mecánica de los cables de telecomunicaciones, y que Red Eléctrica de España utilizará en sus líneas subterráneas construidas mediante sistema de banco de tubos y en accesos a canalizaciones y a canales de cables.

La presente especificación aplica al monotubo, bitubo y cuatritubo de telecomunicaciones y sus correspondientes manguitos de unión y tapones.

Las Condiciones Generales de Contratación serán las establecidas con carácter general por REE para regular la adquisición de bienes o prestación de servicios.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE TUBOS

El monotubo estará fabricado con polietileno de alta densidad (PEAD) pigmentado en color verde y coextruido con una capa de silicona permanente en su interior.

La superficie interior del monotubo deberá estar estriada para reducir el coeficiente de rozamiento y su superficie exterior deberá ser exenta de asperezas, grietas, manchas, burbujas, rayas, etc., presentando un acabado liso al tacto.

El bitubo estará constituido por dos monotubos unidos entre sí constituyendo un único elemento.

El cuatritubo estará constituido por cuatro monotubos unidos entre sí constituyendo un único elemento.

Las dimensiones del monotubo, bitubo y cuatritubo serán las indicadas en el anexo 2: “Dimensiones”.

1. CARACTERÍSTICAS MATERIA PRIMA

La materia prima será polietileno de alta densidad (PEAD) pudiéndose añadir una serie de aditivos como antioxidantes para la protección de los rayos UV, estabilizantes para prevenir la degradación molecular y lubricantes para el proceso de fabricación.

Los aditivos no superarán:

- Estabilizador ultravioleta el 0,2%.
- Antioxidante, el 0,1 %.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Adicionalmente las materias primas deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Densidad del compuesto ≥ 0,940 gr/cm^3.
- Índice de fluidez en masa (M.F.I.): 0,2g/10$_{min}$ ≤ MFR ≤ 1,4 g/10$_{min}$

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS

- Temperatura de utilización: -5 ºC a 60 ºC.
- Color de fabricación: Verde
- Resistencia a la presión interna al aire: 10 bares sin pérdida de aire.
- Temperatura de reblandecimiento VICAT: ≥ 110 ºC (masa 1 kg).
- Índice de fluidez en masa (M.F.I.): 0,2g/10$_{min}$ ≤ MFR ≤ 1,4 g/10$_{min}$. Tras el procesado del tubo, una desviación máxima del M.F.I. de ± 20% respecto al valor medido del compuesto en forma de granza utilizado para fabricar el tubo.
- Tiempo de inducción a la oxidación: ≥ 10 min.
- Resistencia a la compresión: ≥ 450 N, para una deflexión del 5%
- Resistencia al impacto:
  - Monotubo ≥ 15 J
  - Bitubo ≥ 15 J
  - Cuatritubo ≥ 28 J
- Resistencia a la tracción: ≥ 20 MPa
- Alargamiento a la rotura: ≥ 350%.

3. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

- Rigidez dieléctrica > 20 kV/mm.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Suministro de tubos de telecomunicaciones para líneas subterráneas

Código:	Edición:	Cancela a:
ET203	**2/ 03.10.16**	**1 /14.02.14**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MANGUITOS DE UNIÓN

La unión de dos trozos de monotubo, bitubo o cuatritubo se realizará mediante manguitos de unión, de forma que la unión se realice de forma rápida y sencilla, sin necesidad de utilizar herramientas especiales.

El manguito de unión no deberá suponer una variación del diámetro interno del monotubo, bitubo o cuatritubo que conecte debiendo garantizar la continuidad y estanqueidad de los tubos.

El manguito de unión del monotubo estará constituido por los siguientes elementos:

DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Racord	Polipropileno estabilizado a los rayos U.V.
Cuerpo	Polipropileno
Casquillos cónico de apriete	Resina acetálica
Arandela de apriete	Polipropileno estabilizado a los rayos U.V.
Junta tórica	NBR uso alimentario

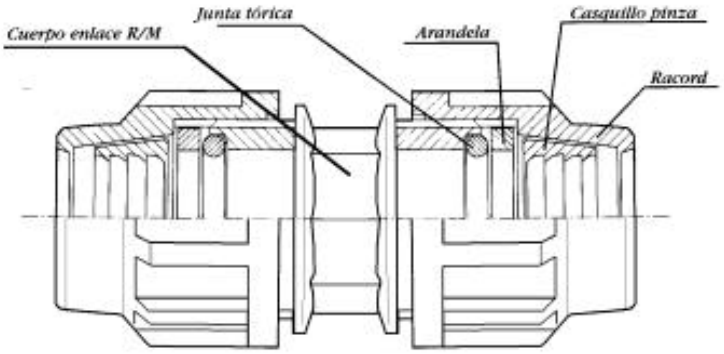




Fig. 1: Manguito unión monotubo.

El cuerpo y los racords están fabricados en polipropileno especialmente estabilizado para resistir la exposición continua a los agentes atmosféricos, y altamente resistente a la presión y a la tracción. Las juntas tóricas están fabricadas en caucho acrilonitrilo de uso alimentario.

La unión de dos bitubos o cuatritubos se realizará mediante la unión de cada conducto que constituye el bitubo o cuatritubo de forma independiente:

- En cada extremo del bitubo o cuatritubo a unir se eliminará durante una longitud aproximada de 500 mm el nervio que une los conductos que constituyen el bitubo o cuatritubo de tal forma que los dos tramos a unir queden divididos en monotubos independientes.
- Cada uno de los monotubos resultantes se unirán de forma independiente mediante la instalación de manguitos de unión de monotubos (uno por cada conducto).

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Fig. 2: Arqueta de telecomunicaciones con 2 bitubos unidos con 4 manguitos de unión de monotubos

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TAPONES

Será necesario tener en cuenta dispositivos de cierre reaccesibles, 'tapones', para cerrar cada uno de los conductos que constituyen el monotubo, bitubo o cuatritubo cuando no se haya instalado el cable de telecomunicaciones.

Las características de los tapones deberán ser las siguientes:

- Diámetro acorde con los tubos de telecomunicaciones descritos en la presente especificación.
- Dispondrán de sistemas de sujeción de la guía que ha de quedar en el interior del tubo de tal manera que no se pierda en su interior y quede inutilizada impidiendo el posterior tendido de los cables por su interior.
- Contarán con sistema sencillo y robusto de cierre/apertura que no requiera herramientas de montaje específicas y que permanezca inalterable para un ciclo apertura/cierre superior o igual a 50.
- Contarán con junta de expansión o similar que asegure la estanqueidad del cierre y evite así la intrusión de pequeños animales, materiales, agua, suciedad, etc. que podrían llegar a obstruir el conducto.

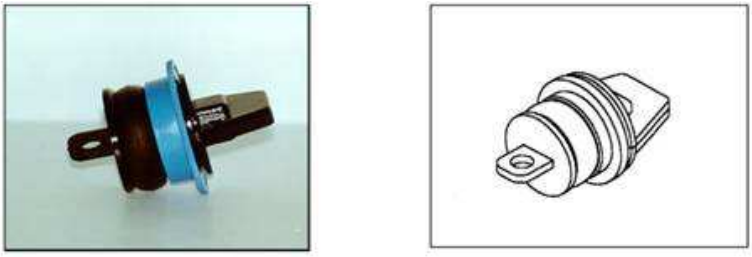


Fig. 3: Tapón para monotubo o para cada conducto del bitubo o cuatritubo

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ENSAYOS DE TIPO

Los ensayos de tipo deben efectuarse con el fin de demostrar que las características del sistema de tubos enterrados para conducción de cables de telecomunicaciones (tubos + manguito de unión) cumplen satisfactoriamente con los requerimientos de la presente especificación. Una vez que estos ensayos se han realizado exitosamente, no es necesario repetirlos, a menos que se introduzcan modificaciones en los materiales del tubo, o en los procesos de diseño o fabricación que pudieran modificar sus características.

Un certificado de ensayos de tipo firmado por el representante de una entidad competente, o un informe del fabricante mostrando los resultados del ensayo y firmado por el responsable habilitado, o un certificado de ensayo de tipo de un laboratorio de ensayos independientes, serán aceptados como verificación de la ejecución de los ensayos de tipo.

Todos los equipos de Inspección, Medición y Ensayo utilizados por el suministrador para demostrar la conformidad del producto con los requisitos especificados deberán disponer de certificación de calibración vigente.

1. ENSAYOS DE TIPO EN MONOTUBO, BITUBO Y CUATRITUBO

Se realizarán los ensayos de tipo que se indican en las siguientes tablas:

ENSAYOS DE RECEPCIÓN SOBRE MATERIA PRIMA		
Ensayo	**Método**	**Valores**
Densidad del compuesto	UNE-EN ISO 1183-1 Método A	0,940 gr/cm^3.
Índice de fluidez en masa (M.F.I.)	UNE-EN ISO 1133 Condición T	0,2g/10$_{min}$ ≤ MFR ≤ 1,4 g/10$_{min}$
Contenidos metales pesados (Plomo)	Espectrofotómetro	0,5 %

Los ensayos, densidad del compuesto y M.F.I aplica al polietileno alta densidad. No será necesario realizar estos ensayos si se aporta la ficha de características y los certificados de análisis del suministrador de materia prima del lote de materia prima empleado en la fabricación.

El ensayo de contenido en metales pesados (plomo) aplica a los aditivos empleados en la fabricación (colorante, antioxidantes, protector UV, etc…). No será necesario realizar este ensayo si se aporta el certificado de ausencia de los metales pesados al suministrador de los aditivos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ENSAYOS DE TIPO SOBRE PRODUCTO TERMINADO			
Ensayo	**Muestra para ensayo**	**Método**	**Valores**
Aspecto y marcas	1 trozo con marca completa	Visual	Apdo. "Características técnicas" y Apdo. "Marcas" de la presente especificación
Durabilidad de las marcas	1 trozo con una marca completa	Apdo. 7.5 y 7.6 UNE EN 61386-1	Apdo. 7.5 y 7.6 UNE EN 61386-1
Dimensional diámetros y espesores	1 trozo	Calibre	Anexo 2: "Dimensiones"
Compresión	3 muestras de longitud 200 mm ± 5 mm	Apdo. 10.2 UNE EN 61386-24	≥ 450 N para una deflexión del 5% (En el caso del bitubo o cuatritubo se realizará el ensayo sobre cada monotubo que lo constituye)
Impacto	12 muestras de longitud 200 mm ± 5 mm	Apdo. 10.3 UNE EN 61386-24	Monotubo o Bitubo ≥ 15 J Cuatritubo ≥ 28 J
Alargamiento a la rotura	3 probetas tomadas de muestras de longitud 150 mm	UNE-EN ISO 6259-1	≥350 %
Resistencia a la tracción	3 probetas tomadas de muestras de longitud 150 mm	UNE-EN ISO 6259-1	≥ 20 MPa
Temperatura de reblandecimiento VICAT	3 probetas tomadas de muestras	Anexo 3	≥ 110 ºC
Índice de fluidez en masa (M.F.I.)	Virutas trituradas de muestras	UNE-EN ISO 1133 Condición T	$0,2 g/10_{min} \leq MFR \leq 1,4 g/10_{min}$ (±20% valor del ensayo de material prima)
Tiempo de inducción a la oxidación a 210 ºC	3 probetas tomadas de muestras	UNE-EN 728	≥ 10 min
Resistencia a la presión interna al aire	Rollo o bobina completa	Anexo 5	- Medio aire-aire - Temperatura del ensayo 20º C+/-1ºC - Duración del ensayo: 1 hora - Presión a aplicar: 10 bares - No debe haber pérdida de presión.
Rigidez dieléctrica	3 probetas tomadas de muestras	UNE-EN 60243-1	≥20 kV/mm
Mandrilado	Rollo o bobina completa	Anexo 6	El mandril pasa

2. ENSAYOS DE TIPO EN MANGUITO DE UNIÓN

Sobre un manguito de unión se realizarán los ensayos de tipo que se indican en la siguiente tabla:

ENSAYOS DE TIPO SOBRE MANGUITOS DE UNIÓN			
Ensayo	**Muestra para ensayo**	**Método**	**Valores**
Aspecto y marcas	1 manguito	Visual	Apdo. "Características técnicas" y Apdo. "Marcas" de la presente especificación
Dimensiones	1 manguito	Calibre	Anexo 2: "Dimensiones"
Durabilidad de las marcas	1 manguito	Apdo. 7.5 y 7.6 UNE EN 61386-1	Apdo. 7.5 y 7.6 UNE EN 61386-1
Resistencia a la presión interna al aire	1 manguito	Anexo 5	Sometido a una presión de 10 bar, durante 1 hora, el conjunto manguito+trozos monotubos, bitubos o cuatritubos no tiene pérdida de presión

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ENSAYOS DE RECEPCIÓN

1. ENSAYOS DE RECEPCIÓN EN MONOTUBO, BITUBO Y CUATRITUBO

Los ensayos de recepción a realizar serán los siguientes:

ENSAYOS DE RECEPCIÓN SOBRE MATERIA PRIMA			
Ensayo	**Método**	**Valores**	**Frecuencia**
Densidad del compuesto	UNE-EN ISO 1183-1 Método A	0,940 gr/cm^3.	Por lote de recepción de materia prima
Índice de fluidez en masa (M.F.I.)	UNE-EN ISO 1133 Condición T	0,2g/10$_{min}$ ≤ MFR ≤ 1,4 g/10$_{min}$	Por lote de recepción de materia prima
Contenidos metales pesados (Plomo)	Espectrofotómetro	0,5 %	Por lote de recepción de materia prima

Los ensayos de densidad del compuesto y M.F.I aplican al polietileno alta densidad. No será necesario realizar estos ensayos si se aporta la ficha de características y los certificados de análisis del suministrador de materia prima del lote de materia prima empleado en la fabricación.

El ensayo de contenido en metales pesados (plomo) aplica a los aditivos empleados en la fabricación (colorante, antioxidantes, protector UV, etc…). No será necesario realizar este ensayo si se aporta el certificado de ausencia de metales pesados al suministrador de los aditivos.

ENSAYOS DE RECEPCIÓN SOBRE PRODUCTO TERMINADO				
Ensayo	**Muestra para ensayo**	**Método**	**Valores**	**Frecuencia**
Aspecto y marcas	1 trozo con marca completa	Visual	Apdo. "Características técnicas" y Apdo. "Marcas" de la presente especificación	Sobre todas las bobinas
Durabilidad de las marcas	1 trozo con una marca completa	Apdo. 7.5 y 7.6 UNE EN 61386-1	Apdo. 7.5 y 7.6 UNE EN 61386-1	Por lote/orden fabricación
Dimensional diámetros y espesores	1 trozo	Calibre	Anexo 2: "Dimensiones"	Sobre todas las bobinas en su inicio y final.
Compresión	3 muestras de longitud 200 mm ± 5 mm	Apdo. 10.2 UNE EN 61386-24	≥ 450 N para una deflexión del 5% (En el caso del cuatritubo se realizará el ensayo sobre cada monotubo)	Por lote/orden fabricación
Impacto	12 muestras de longitud 200 mm ± 5 mm	Apdo. 10.3 UNE EN 61386-24	Monotubo y bitubo ≥ 15 J Cuatritubo ≥ 28 J	Por lote/orden fabricación
Alargamiento a la rotura	3 probetas tomadas de muestras de longitud 150 mm	UNE-EN ISO 6259-1	≥350 %	Por lote/orden fabricación
Resistencia a la tracción	3 probetas tomadas de muestras de longitud 150 mm	UNE-EN ISO 6259-1	≥ 20 MPa	Por lote/orden fabricación
Resistencia a la presión interna al aire	Rollo o bobina completa	Anexo 5	- Medio aire-aire - Duración del ensayo: 5 minutos - Presión a aplicar: 10 bares - No debe haber pérdida de presión.	Sobre todas las bobinas
Mandrilado	Rollo o bobina completa	Anexo 6	El mandril pasa.	Sobre todas las bobinas

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Criterio de aceptación

Si no se superan los ensayos indicados anteriormente podrán rechazarse todos los monotubos, bitubos o cuatritubos del mismo lote de fabricación. En tal caso se dará al fabricante la opción de seleccionar una nueva muestra del mismo lote de fabricación para volver a repetir los ensayos. Si nuevamente no se superan los ensayos se rechazarán todos los monotubos, bitubos o cuatritubos del mismo lote de fabricación.

Red Eléctrica:

- Se reserva el derecho de añadir/excluir algún ensayo del control de calidad en función del proceso de fabricación o resultados obtenidos en los ensayos.

- Durante la construcción de cualquiera de sus líneas subterráneas, se reserva el derecho de seleccionar en obra muestras para repetir los ensayos de recepción. Si no se superan los ensayos se rechazarán todos los monotubos, bitubos o cuatritubos del mismo lote de fabricación.

2. ENSAYOS DE RECEPCIÓN EN MANGUITOS DE UNIÓN

Sobre cada manguito de unión se realizarán los ensayos de recepción que se indican en la siguiente tabla:

ENSAYOS DE TIPO SOBRE MANGUITOS DE UNIÓN			
Ensayo	**Muestra para ensayo**	**Método**	**Valores**
Aspecto y marcas	1 manguito	Visual	Apdo. "Características técnicas" y Apdo. "Marcas" de la presente especificación
Dimensiones	1 manguito	Calibre	Anexo 2: "Dimensiones"

Criterio de aceptación

Si no se superan los ensayos indicados anteriormente podrán rechazarse todos los del mismo lote de fabricación.

Red Eléctrica se reserva el derecho de añadir/excluir algún ensayo del control de calidad en función del proceso de fabricación o resultados obtenidos en los ensayos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

CONDICIONES DE SUMINISTRO, TRANSPORTE, EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO

El monotubo se suministrará en rollos o bobinas de 1000 metros, el bitubo en rollos o bobinas de 500 metros y el cuatritubo se suministrará en rollos o bobinas de 300 metros.

Cada bobina dispondrá de una etiqueta con caracteres indelebles, que indique:

Red Eléctrica de España
Designación Fabricante:
Nº de bobina:
Longitud:
Diámetro exterior bobina:
Ancho bobina:
Peso bruto:
Mes y año de fabricación:

La temperatura de bobinado será inferior a 20ºC en la cara externa de los tubos y los tubos de los dos extremos de la bobina se cortarán perpendiculares al eje del prisma que forman los tubos e irán tapados para evitar la entrada de impurezas o elementos extraños desde su fabricación hasta su utilización.

Los rollos o bobinas tendrán un mínimo de seis flejes o ataduras que garanticen irregularidades en el diámetro interior que no deberá ser inferior a 1,2 metros. Los extremos de la bobina irán fuertemente asegurados a la misma.

Si el almacenaje se realiza en zona cubierta no es necesario disponer de medidas antichoque de degradación, pero si va a estar por un periodo superior a los tres meses al aire libre, se aconseja protegerlo con lonas opacas o cualquier material que haga de barrera con el medio ambiente y los rayos solares. El almacenaje se debe realizar sobre una superficie lisa evitando objetos y piedras cortantes o puntiagudas. Se deben colocar empinadas, nunca tumbadas (ejemplo: que podamos pasar por el centro de bobina), ni con peso encima, por poco que sea. Las bobinas en su almacenaje deben estar alejadas de productos químicos, líquidos inflamables, disolventes, acetonas, etc.

Con objeto de reducir el riesgo de pérdida de las características mecánicas, debido a un incorrecto almacenaje, **la fecha de fabricación del monotubo, bitubo o del cuatritubo podrá ser como máximo 6 meses antes de su fecha de instalación.**

Los manguitos de unión se suministraran por unidades.

El manguito de unión contendrá en un solo embalaje los elementos e instrucciones de montaje, necesarios para su instalación no admitiéndose piezas sueltas fuera del mismo.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

MARCAS

Las marcas irán impresas con tinta indeleble o gradada en relieve o bajo relieve cada metro, a lo largo de toda la longitud de la bobina o rollo.

La altura de la letra del texto de inscripción deberá ser igual o superior a 5 mm.

Las marcas deberán ser indelebles, duraderas y fácilmente legibles y la mínima información que deberán contener es:

- Monotubo
  - REE - MONOTUBO TELECOMUNICACIONES
  - Nombre o marca del fabricante.
  - PEAD 1 x 40 x 3 mm.
  - Metraje desde un extremo de la bobina o rollo
  - Lote de fabricación
  - Fecha de fabricación (dd/mm/aa)
- Bitubo
  - REE – BITUBO TELECOMUNICACIONES
  - Nombre o marca del fabricante.
  - PEAD 2 x 40 x 3 mm.
  - Metraje desde un extremo de la bobina o rollo
  - Lote de fabricación
  - Fecha de fabricación (dd/mm/aa)
- Cuatritubo
  - REE – CUATRITUBO TELECOMUNICACIONES
  - Nombre o marca del fabricante.
  - PEAD 4 x 40 x 3 mm.
  - Metraje desde un extremo de la bobina o rollo
  - Lote de fabricación
  - Fecha de fabricación (dd/mm/aa)
- Manguito de unión
  - Nombre o marca del fabricante.
  - Identificación del producto.
- Tapón
  - Nombre o marca del fabricante.
  - Identificación del producto.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

INFORMACIÓN A ENTREGAR POR EL SUMINISTRADOR

1. DOCUMENTACIÓN PARA LA OFERTA

El suministrador adjuntará toda la documentación que considere oportuna para una definición lo más exacta posible de los tubos ofertados, incluyendo como mínimo la que se indica a continuación:

- Fichas Técnicas adjuntadas en el anexo 4 de este documento, debidamente cumplimentadas.
- Certificado AENOR del sistema de gestión de calidad UNE EN ISO 9001.
- Certificado de ensayos tipo.
- Condiciones de suministro y embalaje (dimensiones y peso de la bobina, etc…).
- Instrucciones de manipulación, almacenaje e instalación segura.
- Plazo de entrega, a partir de la petición de suministro.
- Condiciones de garantía.
- Lista de excepciones a la especificación, debidamente justificadas.

2. DOCUMENTACIÓN FINAL

El suministrador, entregará a la recepción del material por Red Eléctrica de España, la documentación que garantice la idoneidad de los materiales y de los procesos utilizados como:

- Certificado de calidad de la materia prima.
- Fichas Técnicas adjuntadas en el anexo 4 de este documento, debidamente cumplimentadas.
- Certificados de ensayos de recepción por cada lote de fabricación.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Normativa aplicable

Código:	Edición:	Cancela a:
ET203	**2 /03.10.16**	**1 /14.02.14**

NORMATIVA APLICABLE

En la presente especificación, serán de aplicación, en cada caso, las siguientes Normas y Especificaciones Técnicas, siempre referidas a su última edición.

Código de la norma	Título de la norma
UNE-EN 728	Sistemas de canalización y conducción en materiales plásticos. Tubos y accesorios de poliolefina. Determinación del tiempo de inducción a la oxidación
UNE-EN 12201-1	Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y saneamiento a presión. Polietileno (PE). Parte 1: Generalidades.
UNE-EN 12201-2	Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y saneamiento a presión. Polietileno (PE). Parte 2: Tubos.
UNE-EN 60243-1	Rigidez dieléctrica de los materiales aislantes. Métodos de ensayo. Parte 1: Ensayos a frecuencias industriales.
UNE-EN 61386-1	Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 1: Requisitos generales.
UNE-EN 61386-24	Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 24: Requisitos particulares. Sistemas de tubos enterrados bajo tierra.
UNE-EN ISO 3126	Sistemas de canalización en materiales plásticos. Componentes de materiales plásticos. Determinación de las dimensiones.
UNE-EN ISO 306	Plásticos. Materiales termoplásticos. Determinación de la temperatura de reblandecimiento VICAT (VST).
UNE-EN ISO 1133	Plásticos. Determinación de índice de fluidez de materiales termoplásticos en masa (IFM) y en volumen (IFV).
UNE-EN ISO 1183	Plásticos. Métodos para determinar la densidad de plásticos no celulares. Parte 1: Método de inmersión, método del picnómetro líquido y método de valoración.
UNE-EN ISO 1167-1	Tubos, accesorios y uniones en materiales termoplásticos para la conducción de fluidos. Determinación de la resistencia a la presión interna. Parte 1: Método general.
UNE-EN ISO 1167-2	Tubos, accesorios y uniones en materiales termoplásticos para la conducción de fluidos. Determinación de la resistencia a la presión interna. Parte 2: Preparación de las pruebas de la tuberías.
UNE-EN ISO 6259-1	Tubos termoplásticos. Determinación de las propiedades en tracción. Parte 1: Método general de ensayo.
UNE-EN ISO 9001	Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.
UNE-EN ISO 14001	Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Dimensiones

Código:	Edición:	Cancela a:
ET203	**2 /03.10.16**	**1 /14.02.14**

Las dimensiones del monotubo, bitubo o cuatritubo objeto de esta especificación serán las indicadas en la siguiente figura:

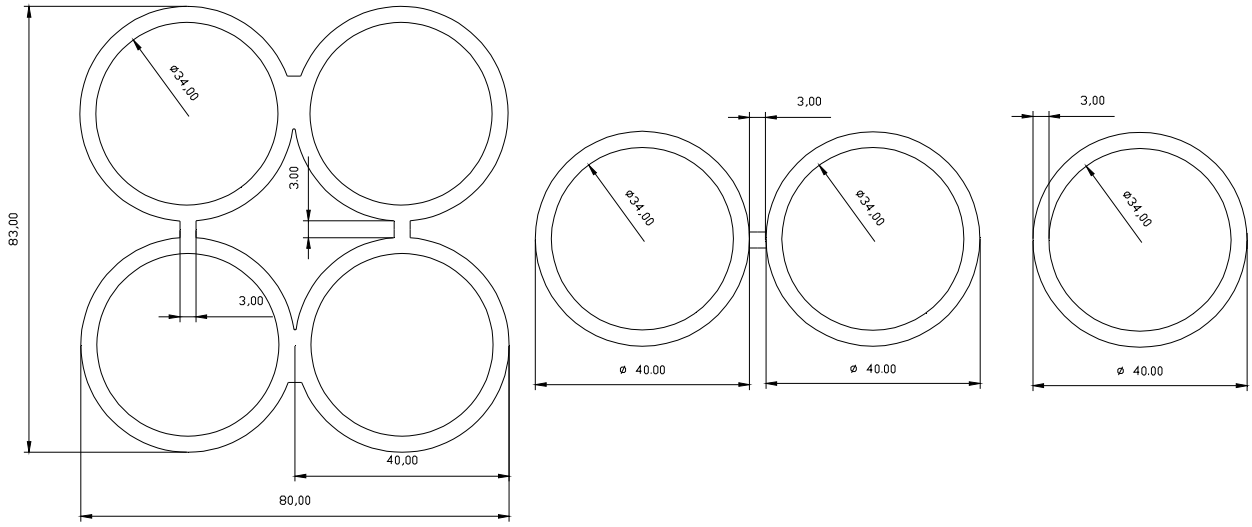


Fig. 4: Dimensiones del monotubo, bitubo y cuatritubo.

Las dimensiones y tolerancias del monotubo o de cada conducto que constituye el bitubo o cuatritubo serán las indicadas en la siguiente tabla:

Diámetro exterior nominal de cada tubo (mm)	Tolerancia diámetro exterior (mm)	Espesor nominal pared de cada tubo (mm)	Tolerancia espesor pared (mm)	Ovalación (%)	Color
40	+ 0,4 - 0,0	3	+ 0,3 - 0,0	≤3	Verde

La verificación del diámetro exterior se realizará mediante la medición de dos diámetros perpendiculares en la misma sección y calculando el valor promedio. La medición del diámetro exterior se realizará mediante un calibre o cualquier otro método adecuado.

La verificación del espesor se realizará tomando medidas en cuatro sitios, aproximadamente igualmente espaciados, alrededor de los 360º del tubo, y se calcula el valor medio tal como sigue:

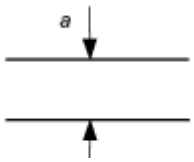


Fig. 5: Detalle medida espesor tubo.

$$E = Valor\ medio\ medido\ espesor\ = \frac{\sum_1^4 a}{4}$$

La verificación del diámetro exterior y del espesor se deberá realizar al inicio y al final de todas las bobinas de monotubo, bitubo o cuatritubo. En el caso del bitubo o cuatritubo se deberán verificar todos los conductos que lo constituyen.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Determinación de la temperatura de reblandecimiento vicat.

Código:	Edición:	Cancela a:
ET203	**2 /03.10.16**	**1 /14.02.14**

Este ensayo se realizará según la Norma UNE-EN ISO 306 mediante el método A50.

Las dimensiones de las probetas serán como mínimo de 10 mm x 10 mm, y el espesor entre 3 y 6 mm.

Cuando el espesor de pared del tubo o del accesorio a ensayar sea superior a 6 mm, deberá reducirse dicho espesor hasta alcanzar un valor comprendido entre 3 y 6 mm, debiendo mecanizarse únicamente la superficie exterior utilizando la herramienta apropiada.

Si el espesor de la probeta es inferior a 3 mm, ésta deberá estar formada por dos o más trozos de material superpuestos, de manera que se obtenga un espesor total de, como mínimo, 3 mm; el trozo inferior de material servirá de base y deberá ser aplanado, para lo que se recomienda calentarlo a 140 ºC durante 15 minutos, colocando sobre él una placa metálica hasta conseguir la forma deseada. El trozo superior deberá dejarse tal y como se cortó.

La punta de penetración del aparato de ensayo deberá estar situada, como mínimo, a 3 mm de los bordes de la probeta.

Todas las medidas se realizarán por duplicado.

En el caso de los accesorios, se ensayarán dos probetas extraídas por corte de la pared de la zona de unión con el tubo, cuidando que la probeta esté libre de líneas de soldadura.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

MONOTUBO TELECOMUNICACIONES PEAD 1x40x3 mm BOBINA 1000 m

1. Designación:

- Designación REE	**MONOTUBO TELECOMUNICACIONES PEAD 1x40x3 mm 1000 m**
- Designación fabricante	***Dato fabricante***

2. Características constructivas:

- Color	Verde	
- Interior	Estriado siliconado	
- Diámetro nominal	40 mm	+ 0,4 mm - 0,0 mm
- Espesor nominal pared	3 mm	+ 0,3 mm - 0,0 mm
- Temperatura de utilización en régimen permanente	-5 ºC a 60 ºC	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Resistencia a compresión	≥ 450 N	
- Resistencia al impacto	≥ 15 J	
- Alargamiento a la rotura	≥ 350 %	
- Resistencia a la tracción	≥ 20 MPa	
- Resistencia a la presión hidrostática 20 ºC	Esfuerzo tangencial ≥ 10 MPa	
- Resistencia a la presión interna al aire	10 bares sin pérdida de presión durante 1 hora	
- Rigidez dieléctrica	≥ 20 kV/mm	
- Peso	***Dato fabricante***	kg/m
- Marcado según fabricante	***Dato fabricante***	

3. Características de suministro:

- Longitud bobina	1000 m
- Diámetro interior de la bobina	**Dato fabricante** mm
- Diámetro exterior de la bobina	**Dato fabricante** mm
- Ancho de la bobina	**Dato fabricante** mm
- Peso de la bobina	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

BITUBO TELECOMUNICACIONES PEAD 4x40x3 mm
BOBINA 500 m

1. Designación:

- Designación REE	**BITUBO TELECOMUNICACIONES PEAD 2x40x3 mm 500 m**
- Designación fabricante	***Dato fabricante***

2. Características constructivas:

- Color	Verde	
- Interior	Estriado siliconado	
- Diámetro nominal cada tubo	40 mm	+ 0,4 mm - 0,0 mm
- Espesor nominal pared cada tubo	3 mm	+ 0,3 mm - 0,0 mm
- Temperatura de utilización en régimen permanente	-5 ºC a 60 ºC	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Resistencia a compresión (cada tubo)	≥ 450 N	
- Resistencia al impacto (conjunto)	≥15 J	
- Alargamiento a la rotura	≥ 350 %	
- Resistencia a la tracción	≥ 20 MPa	
- Resistencia a la presión hidrostática 20 ºC	Esfuerzo tangencial ≥ 10 MPa	
- Resistencia a la presión interna al aire	10 bares sin pérdida de presión durante 1 hora	
- Rigidez dieléctrica	≥ 20 kV/mm	
- Peso	***Dato fabricante***	kg/m
- Marcado según fabricante	***Dato fabricante***	

3. Características de suministro:

- Longitud bobina	500 m
- Diámetro interior de la bobina	**Dato fabricante** mm
- Diámetro exterior de la bobina	**Dato fabricante** mm
- Ancho de la bobina	**Dato fabricante** mm
- Peso de la bobina	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

CUATRITUBO TELECOMUNICACIONES PEAD 4x40x3 mm BOBINA 300 m

1. Designación:

- Designación REE	**CUATRITUBO TELECOMUNICACIONES PEAD 4x40x3 mm 300 m**
- Designación fabricante	***Dato fabricante***

2. Características constructivas:

- Color	Verde	
- Interior	Estriado siliconado	
- Diámetro nominal cada tubo	40 mm	+ 0,4 mm - 0,0 mm
- Espesor nominal pared cada tubo	3 mm	+ 0,3 mm - 0,0 mm
- Temperatura de utilización en régimen permanente	-5 ºC a 60 ºC	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Resistencia a compresión (cada tubo)	≥ 450 N	
- Resistencia al impacto (conjunto)	≥28 J	
- Alargamiento a la rotura	≥ 350 %	
- Resistencia a la tracción	≥ 20 MPa	
- Resistencia a la presión hidrostática 20 ºC	Esfuerzo tangencial ≥ 10 MPa	
- Resistencia a la presión interna al aire	10 bares sin pérdida de presión durante 1 hora	
- Rigidez dieléctrica	≥ 20 kV/mm	
- Peso	***Dato fabricante***	kg/m
- Marcado según fabricante	***Dato fabricante***	

3. Características de suministro:

- Longitud bobina	300 m
- Diámetro interior de la bobina	**Dato fabricante** mm
- Diámetro exterior de la bobina	**Dato fabricante** mm
- Ancho de la bobina	**Dato fabricante** mm
- Peso de la bobina	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

MANGUITO MONOTUBO TELECOMUNICACIONES PEAD 1x40x3 mm

1. Designación:

- Designación REE	**MANGUITO MONOTUBO TELECOMUNICACIONES PEAD 1x40x3 mm**
- Designación fabricante	***Dato fabricante***

2. Características constructivas:

- Color	Negro	
- Material	Polipropileno	
- Tubo a unir	Monotubo PEAD 1x40x3 mm	
- Diámetro nominal monotubo a unir	40 mm	+ 0,4 mm
		- 0,0 mm
- Espesor nominal pared monotubo a unir	3 mm	+ 0,3 mm
		- 0,0 mm
- Resistencia a la presión interna al aire	10 bares sin pérdida de presión durante 1 hora	
- Marcado según fabricante	***Dato fabricante***	

3. Características de suministro:

- Unidades por embalaje	1 Ud.
- Instrucciones montaje incluidas	Si
- Dimensiones embalaje	**Dato fabricante** mm
- Peso	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

El ensayo de presión interna al aire tiene por objeto garantizar que el monotubo, bitubo y cuatritubo con sus correspondientes manguitos de unión soportan una presión interna de aire de 10 bares que permita el tendido de los cables de telecomunicaciones mediante la técnica de “soplado”.

1. Ensayo de tipo en monotubos, bitubos y cuatritubos.

Este ensayo consiste en taponar ambos extremos de la bobina de monotubo, bitubo o cuatritubo e introducir por cada conducto aire a la presión de 10 bares durante 1 hora. Si la presión se mantiene constante y por lo tanto no se produce ninguna pérdida de aire el ensayo se considerará satisfactorio.

En las siguientes figuras se muestran a modo de ejemplo los tapones para realizar el ensayo de presión interna al aire en el cuatritubo.

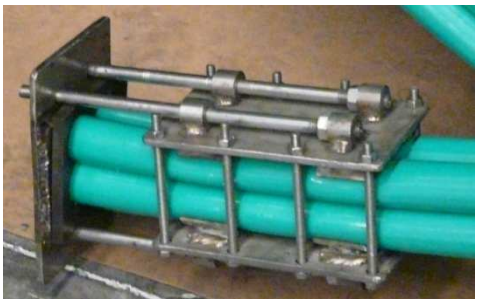


Fig. 6: Tapón sin entrada de aire.



Fig. 7: Tapón con entrada de aire.

Por medidas de seguridad el ensayo se deberá realizar con la bobina en el interior de una caseta que permanecerá cerrada durante el ensayo. En la siguiente figura se puede observar a modo de ejemplo una bobina de cuatritubo en el interior de la caseta.



Fig. 8: Bobina de cuatritubo en interior de caseta de ensayo presión interna al aire.

En el caso del bitubo y cuatritubo se deberá aplicar, durante 1 hora, la presión de aire de 10 bares de forma independiente a cada uno de los conductos que lo constituyen.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La presión de aire se aplicará mediante un compresor de aire que deberá disponer de un manómetro para controlar la presión de ensayo.



Fig. 9: Manómetro compresor de aire.

2. Ensayo de recepción en monotubos, bitubos y cuatritubos.

Este ensayo se realizará igual que el ensayo de tipo en monotubos, bitubos y cuatritubos descrito en el apartado anterior con la única diferencia que la presión de aire de 10 bares se deberá mantener durante 5 minutos.

En el caso del bitubo y cuatritubo se deberá aplicar, durante 5 minutos, la presión de aire de 10 bares de forma independiente a cada uno de los conductos que lo constituyen.

3. Ensayo de tipo en manguitos de unión.

Este ensayo consiste en unir dos tramos de aproximadamente 1 metro de monotubo, bitubo o cuatritubo con su correspondiente manguito de unión, taponar ambos extremos de monotubo, bitubo o cuatritubo e introducir por cada conducto aire a la presión de 10 bares durante 1 hora. Si la presión se mantiene constante y por lo tanto no se produce ninguna pérdida de aire el ensayo se considerará satisfactorio.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Ensayo mandrilado

Código:	Edición:	Cancela a:
ET203	**2 /03.10.16**	**1 /14.02.14**

El ensayo de mandrilado tiene por objeto garantizar que no hay impurezas en el interior del monotubo o de cada conducto que constituyen el bitubo o cuatritubo que puedan dificultar o impedir el paso del cable de telecomunicaciones en su posterior instalación en obra.

Este ensayo consistirá en introducir un mandril tipo bola o uno similar al mostrado en la siguiente figura:



Fig. 10: Mandriles.

El diámetro exterior de la parte rígida del mandril deberá ser como mínimo 25 mm.

Toda bobina de monotubo, bitubo o cuatritubo deberá ser mandrilada según el procedimiento que se explica a continuación. En el caso de los bitubos y cuatritubos se realizará el mandrilado de todos los conductos que lo constituyen.

1) En un extremo de la bobina se instalará un tapón curvado para recoger el mandril e impedir que salga disparado como un proyectil.



Fig. 11: Colocación tapón mandrilado.

2) En el otro extremo de la bobina se coloca el mandril.



Fig. 12: Colocación mandriles.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622 2MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3) En el otro extremo de la bobina, a través de un tapón que permite introducir aire a presión, se inyecta aire desplazándose el mandril por toda la bobina.



Fig. 13: Tapón con válvula de inserción de aire.

En el caso del bitubo y cuatritubo el mandrilado se debe realizar a cada uno de los conductos que lo constituyen.

En el caso del ensayo de tipo para los manguitos de unión el ensayo consistirá en conectar dos bobinas mediante el manguito de unión y realizar el mismo procedimiento de mandrilado explicado anteriormente.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MG3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TÍTULO:

Tubos de perforaciones dirigidas para líneas subterráneas

DATOS DE CONTROL:

Código:	Edición:	Cancela a:
ET204	**1/28.02.14**	

Unidades implicadas: **Dirección General de Transporte**

GESTIÓN DE LA NORMA:

Responsabilidad:	Aprobación:	Difusión y control:
Dirección de Ingeniería y Construcción	**Dirección General de Transporte**	**Dirección Corporativa de Comunicación y Responsabilidad Corporativa**
Firma:	Firma:	Firma y fecha: **28.05.14**

DESCRIPCIÓN DEL SUMINISTRO

Esta especificación contiene las condiciones técnicas y de suministro de los tubos de Polietileno (PE) lisos destinados a las perforaciones horizontales dirigidas, y que RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (REE) utilizará en sus líneas subterráneas.

Las Condiciones Generales de Contratación serán las establecidas con carácter general por REE para regular la adquisición de bienes o prestación de servicios.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Los tubos estarán fabricados en polietileno de alta densidad (PEAD) tipo PE 100, serán de color negro con bandas rojas, sus características mecánicas según la Norma EN 12201-2 y sus dimensiones serán las indicadas en el anexo 2: “Dimensiones”.

El (los) compuesto(s) utilizado(s) para fabricar los tubos debe(n) ajustarse a la Norma EN 12201-1. El proveedor de la materia prima deberá disponer de certificado de calidad AENOR u otra entidad acreditada para emitir certificados de calidad.

Las superficies interna y externa de los tubos deben presentar un aspecto liso y estar limpias y exentas de marcas, cavidades y otros defectos superficiales de tamaño tal que pudieran causar heridas a instaladores o dañar las superficies de otros tubos de PE o las cubiertas de los cables aislados.

Los extremos del tubo deben cortarse de forma limpia y perpendicular al eje del mismo.

La unión de los tubos se realizará mediante soldadura a tope, calentando los extremos de los tubos mediante una placa calefactora y aplicando una presión de acuerdo con la dimensión del tubo a soldar. No se usarán elementos adicionales de unión.

Los tubos se suministrarán en barras de 13 m, excepto los tubos de diámetro nominal 40 mm que se suministrarán en rollo de longitud a definir según las necesidades de cada proyecto.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS1619596222MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Los tubos que se suministren en rollo no podrán soldarse durante su proceso de fabricación, es decir, deberán producirse en una única pieza.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y FÍSICAS

- Resistencia hidrostática a 20ºC y 80ºC: Los tubos deben cumplir con los ensayos de la Tabla 3 “Características mecánicas” de la Norma UNE 12201-2, sin fallo de ninguna probeta.
- Alargamiento a la rotura: ≥ 350%.
- Índice de fluidez en masa IFM para PE 100: Tras el procesado del tubo, una desviación máxima del IFM de ± 20% respecto al valor medido del compuesto en forma de granza utilizado para fabricar el tubo.
- Tiempo de inducción a la oxidación: ≥ 20 min.
- Temperatura de reblandecimiento VICAT: mayor o igual a 110ºC.

ENSAYOS DE TIPO

Los ensayos de tipo deben efectuarse con el fin de demostrar que las características de los tubos cumplen satisfactoriamente con los requerimientos de la presente especificación. Una vez que estos ensayos se han realizado exitosamente, no es necesario repetirlos, a menos que se introduzcan modificaciones en los materiales del tubo, o en los procesos de diseño o fabricación que pudieran modificar sus características.

Un certificado de ensayos de tipo firmado por el representante de una entidad competente, o un informe del fabricante mostrando los resultados del ensayo y firmado por el responsable habilitado, o un certificado de ensayo de tipo de un laboratorio de ensayos independientes, serán aceptados como verificación de la ejecución de los ensayos de tipo.

Todos los equipos de Inspección, Medición y Ensayo utilizados por el suministrador para demostrar la conformidad del producto con los requisitos especificados deberán ser calibrados o verificados. Los equipos seleccionados deben utilizarse de forma que se asegure que la incertidumbre de la medida sea conocida y compatible con la aptitud requerida en materia de mediciones.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Se realizarán los ensayos de tipo que se indican en la siguiente tabla:

Ensayo	Parámetros de ensayo	Método	Valores
Aspecto y marcas	1 longitud de tubo	Visual	Apdo. “Características técnicas” y Apdo. “Marcas” de la presente ET.
Dimensional: Diámetro ext. medio	Según norma UNE EN 12201	UNE EN 12201	Anexo 2: “Dimensiones”.
Dimensional: Espesor pared mínimo	Según norma UNE EN 12201	UNE EN 12201	Anexo 2: “Dimensiones”.
Dimensional: Espesor pared máximo	Según norma UNE EN 12201	UNE EN 12201	Anexo 2: “Dimensiones”.
Dimensional: Ovalación	Según norma UNE EN 12201	UNE EN 12201	Anexo 2: “Dimensiones”.
Resistencia hidrostática 20ºC y 100 h	Según norma UNE EN 12201 σ = 12 MPa	EN ISO 1167-1 y EN ISO 1167-2	Sin fallo de ninguna probeta.
Resistencia hidrostática 80ºC y 165 h	Según norma UNE EN 12201 σ = 5,4 MPa	EN ISO 1167-1 y EN ISO 1167-2	Sin fallo de ninguna probeta.
Resistencia hidrostática 80ºC y 1000 h	Según norma UNE EN 12201 σ = 5 MPa	EN ISO 1167-1 y EN ISO 1167-2	Sin fallo de ninguna probeta.
Alargamiento a la rotura	Según norma UNE EN 12201	EN ISO 6259-1 e ISO 6259-3	≥ 350%
Índice de fluidez en masa PE 100	Según norma UNE EN 12201-2	EN ISO 1133	± 20% respecto a la materia prima.
Tiempo inducción a la oxidación	Según norma UNE EN 12201	ISO 11357-6	≥ 20 min
Temperatura de reblandecimiento VICAT	1 trozo de tubo	Anexo 3	≥ 110 ºC

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMi Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ENSAYOS DE RECEPCIÓN

Se realizarán los ensayos de recepción establecidos en el procedimiento de calidad de cada fabricante, certificado por AENOR u otra entidad acreditada para emitir certificados de calidad. Dicho procedimiento de calidad deberá contemplar al menos los siguientes ensayos:

- Aspecto y verificación de marcas (examen visual).
- Medición del diámetro exterior medio según Anexo 2: “Dimensiones”.
- Medición del espesor de pared mínimo y máximo según Anexo 2: “Dimensiones”.
- Medición de la ovalación según Anexo 2: “Dimensiones”.
- Alargamiento a la rotura: ≥ 350%.
- Índice de Fluidez: ± 20% respecto a la materia prima.

Criterio de aceptación

Podrá rechazarse el lote completo si tan solo una de las muestras examinadas y medidas no cumple con los ensayos indicados anteriormente. En tal caso se dará al fabricante la opción de efectuar una selección del lote y presentarlo de nuevo a recepción.

Red Eléctrica:

- Se reserva el derecho de añadir/excluir algún ensayo del control de calidad en función del proceso de fabricación o resultados obtenidos en los ensayos.
- Durante la construcción de cualquiera de sus líneas subterráneas, se reserva el derecho de seleccionar en obra muestras para repetir los ensayos de recepción. Si no se superan los ensayos REE adoptará las medidas que considere oportunas.

CONDICIONES DE TRANSPORTE, EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO

Salvo especificación en contra en el pedido, los tubos se suministrarán en barras de 13 metros de longitud, excepto los tubos de diámetro nominal 40 mm que se suministrarán en rollo. Las longitudes de los rollos se definirán en el pedido. Los tubos que se suministren en rollo no podrán soldarse durante su proceso de fabricación, es decir, deberán producirse en una única pieza.

Excepcionalmente se podrán suministrar tubos en barras de longitud inferior a 13 m. si no fuese posible su transporte al lugar de instalación.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

MARCAS

Todos los tubos deben marcarse a lo largo de su longitud completa de forma permanente y legible sin aumentos, siendo la frecuencia de marcado no inferior a una vez por metro.

Si se utiliza un proceso de impresión, el color de la información impresa deber ser distinto del color básico del producto.

El marcado mínimo requerido debe contener la siguiente información:

- REE - ET204.
- Nombre o marca del fabricante.
- Material y designación.
- Diámetro nominal (mm) x Espesor nominal (mm).
- Serie SDR.
- Código de trazabilidad del lote y fecha de fabricación.

INFORMACIÓN A ENTREGAR POR EL SUMINISTRADOR

1.- DOCUMENTACIÓN PARA LA OFERTA

El suministrador adjuntará toda la documentación que considere oportuna para una definición lo más exacta posible de los tubos ofertados, incluyendo como mínimo la que se indica a continuación:

- Fichas técnicas adjuntadas en el anexo 4 de este documento, debidamente cumplimentadas.
- Memoria o folleto descriptivo del tubo ofertado.
- Certificado de calidad AENOR u otra entidad acreditada para emitir certificados de calidad según Norma EN 12201-2.
- Certificado AENOR u otra entidad acreditada para emitir certificados de calidad del Sistema de Gestión de Calidad UNE EN ISO 9001.
- Certificado AENOR u otra entidad acreditada para emitir certificados de calidad del Sistema de Gestión de Calidad UNE EN ISO 14001.
- Certificado de calidad AENOR u otra entidad acreditada para emitir certificados de calidad del proveedor de la materia prima.
- Certificado de ensayos tipo.
- Condiciones de suministro y embalaje para los tubos ofertados (dimensiones y peso del palet o bobina, número de tubos por palet, etc…)

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- P.P.I.: Programa de puntos de inspección o plan de control del suministrador.
- Instrucciones de manipulación e instalación segura.
- Plazo de entrega, a partir de la petición de suministro.
- Condiciones de garantía.
- Lista de excepciones a la especificación, debidamente justificadas.

2.- DOCUMENTACIÓN FINAL

El suministrador entregará a la recepción del material por REE por lote de fabricación, la documentación que garantice la idoneidad de los materiales y de los procesos utilizados, y deberá contener al menos la siguiente documentación:

- Certificado de calidad de la materia prima según Norma EN 12201-1. El proveedor de la materia prima deberá disponer de certificado de calidad AENOR u otra entidad acreditada para emitir certificados de calidad.
- Fichas técnicas adjuntadas en el anexo 4 de este documento, debidamente cumplimentadas.
- Certificados de ensayos de recepción.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Normativa aplicable.

Código:	Edición:	Cancela a:
ET204	**1 / 28.02.14**	

NORMATIVA APLICABLE

Código de la norma	Título de la norma
EN 12201-1	Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y saneamiento a presión. Polietileno (PE). Parte 1: Generalidades.
EN 12201-2	Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y saneamiento a presión. Polietileno (PE). Parte 2: Tubos.
EN ISO 1167-1	Tubos, accesorios y uniones en materiales termoplásticos para la conducción de fluidos. Determinación de la resistencia a la presión interna. Parte 1: Método general.
EN ISO 1167-2	Tubos, accesorios y uniones en materiales termoplásticos para la conducción de fluidos. Determinación de la resistencia a la presión interna. Parte 1: Preparación de las pruebas de la tuberías.
EN ISO 6259-1	Tubos termoplásticos. Determinación de las propiedades en tracción. Parte 1: Método general de ensayo.
ISO 6259-3	Tubos termoplásticos. Determinación de las propiedades en tracción. Parte 3: Tubos en poliolefinas.
EN ISO 1133	Plásticos. Determinación de índice de fluidez de materiales termoplásticos en masa (IFM) y en volumen (IFV).
ISO 11357-6	Plásticos. Calorimetría diferencial de barrido (DSC). Parte 6: Determinación del tiempo de inducción a la oxidación (OIT isoterma) y de la temperatura de inducción a la oxidación (OIT dinámica).
EN ISO 3126	Sistemas de canalización en materiales plásticos. Componentes de materiales plásticos. Determinación de las dimensiones.
EN ISO 306	Plásticos. Materiales termoplásticos. Determinación de la temperatura de reblandecimiento VICAT (VST).

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Dimensiones

Código: **ET204**

Edición: **1 / 28.02.14**

Cancela a:

Las dimensiones de los tubos PE 100 deben de estar de acuerdo con la siguiente tabla:

Diámetro Nominal (mm)	Diámetro exterior nominal (mm)	Diámetro exterior medio (mm)		Ovalación máxima (mm)	SDR 17 Espesor de la pared (mm)		SDR 11 Espesor de la pared (mm)		SDR 7,4 Espesor de la pared (mm)	
		Mín.	Máx.		E_{min}	E_{max}	E_{min}	E_{max}	E_{min}	E_{max}
40	40	40	40,4	1,4	2,4	2,8	3,7	4,2	5,5	6,2
50	50	50	50,4	1,4	3,0	3,4	4,6	5,2	6,9	7,7
63	63	63	63,4	1,5	3,8	4,3	5,8	6,5	8,6	9,6
75	75	75	75,5	1,6	4,5	5,1	6,8	7,6	10,3	11,5
90	90	90	90,6	1,8	5,4	6,1	8,2	9,2	12,3	13,7
110	110	110	110,7	2,2	6,6	7,4	10	11,1	15,1	16,8
125	125	125	125,8	2,5	7,4	8,3	11,4	12,7	17,1	19,0
140	140	140	140,9	2,8	8,3	9,3	12,7	14,1	19,2	21,3
160	160	160	161,0	3,2	9,5	10,6	14,6	16,2	21,9	24,2
180	180	180	181,1	3,6	10,7	11,9	16,4	18,2	24,6	27,2
200	200	200	201,2	4,0	11,9	13,2	18,2	20,2	27,4	30,3
225	225	225	226,4	4,5	13,4	14,9	20,5	22,7	30,8	34,0
250	250	250	251,5	5,0	14,8	16,4	22,7	25,1	34,2	37,8
280	280	280	281,7	9,8	16,6	18,4	25,4	28,1	38,3	42,3
315	315	315	316,9	11,1	18,7	20,7	28,6	31,6	43,1	47,6
355	355	355	357,2	12,5	21,1	23,4	32,2	35,6	48,5	53,5
400	400	400	402,4	14,0	23,7	26,2	36,3	40,1	54,7	60,3
450	450	450	452,7	15,6	26,7	29,5	40,9	45,1	61,5	67,8
500	500	500	503	17,5	29,7	32,8	45,4	50,1	-	-
560	560	560	563,4	19,6	33,2	36,7	50,8	56	-	-
630	630	630	633,8	22,1	37,4	41,3	57,2	63,1	-	-
710	710	710	716,4	24,9	42,1	46,5	-	-	-	-

Siendo de utilidad las siguientes definiciones:

- **Ovalación:** Diferencia entre el diámetro exterior máximo y el diámetro mínimo en la misma sección transversal del tubo.

- **Relación de dimensiones normalizada, SDR:** Designación numérica de una serie de tubos, que es un número convenientemente redondeado, aproximadamente igual a la relación entre el diámetro exterior nominal y el espesor de pared nominal.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Determinación de la temperatura de reblandecimiento vicat.

Código:	Edición:	Cancela a:
ET204	**1 / 28.02.14**	

Este ensayo se realizará según la Norma UNE-EN ISO 306:2005 según método A50.

Las dimensiones de las probetas serán como mínimo de 10 mm x 10 mm, y el espesor entre 3 y 6 mm.

Cuando el espesor de pared del tubo o del accesorio a ensayar sea superior a 6 mm, deberá reducirse dicho espesor hasta alcanzar un valor comprendido entre 3 y 6 mm, debiendo mecanizarse únicamente la superficie exterior utilizando la herramienta apropiada.

Si el espesor de la probeta es inferior a 3 mm, ésta deberá estar formada por dos o más trozos de material superpuestos, de manera que se obtenga un espesor total de, como mínimo, 3 mm; el trozo inferior de material servirá de base y deberá ser aplanado, para lo que se recomienda calentarlo a 140 ºC durante 15 minutos, colocando sobre él una placa metálica hasta conseguir la forma deseada. El trozo superior deberá dejarse tal y como se cortó.

La punta de penetración del aparato de ensayo deberá estar situada, como mínimo, a 3 mm de los bordes de la probeta.

Todas las medidas se realizarán por duplicado.

En el caso de los accesorios, se ensayarán dos probetas extraídas por corte de la pared de la zona de unión con el tubo, cuidando que la probeta esté libre de líneas de soldadura.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 17 40 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 17 40 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	40 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	40 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	40,4 mm	
- Ovalación máxima	1,4 mm	
- Serie SDR	SDR 17	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	2,4 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	2,8 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud del rollo	**A definir en el pedido**	m
- Diámetro interior del rollo	**A definir en el pedido**	mm
- Diámetro exterior del rollo	**A definir en el pedido**	mm
- Ancho de la rollo	**A definir en el pedido**	mm
- Peso del rollo	**A definir en el pedido**	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 11 40 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 11 40 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	40 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	40 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	40,4 mm	
- Ovalación máxima	1,4 mm	
- Serie SDR	SDR 11	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	3,7 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	4,2 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud del rollo	**A definir en el pedido**	m
- Diámetro interior del rollo	**A definir en el pedido**	mm
- Diámetro exterior del rollo	**A definir en el pedido**	mm
- Ancho de la rollo	**A definir en el pedido**	mm
- Peso del rollo	**A definir en el pedido**	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 17 110 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 17 110 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	110 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	110 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	110,7 mm	
- Ovalación máxima	2,2 mm	
- Serie SDR	SDR 17	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	6,6 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	7,4 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m	
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante**	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 11 110 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 11 110 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	110 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	110 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	110,7 mm	
- Ovalación máxima	2,2 mm	
- Serie SDR	SDR 11	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	10 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	11,1 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m	
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante**	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 17 125 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 17 125 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	125 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	125 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	125,8 mm	
- Ovalación máxima	2,5 mm	
- Serie SDR	SDR 17	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	7,4 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	8,3 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 11 125 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 11 125 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	125 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	125 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	125,8 mm	
- Ovalación máxima	2,5 mm	
- Serie SDR	SDR 11	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	11,4 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	12,7 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 17 160 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 17 160 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	160 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	160 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	161 mm	
- Ovalación máxima	3,2 mm	
- Serie SDR	SDR 17	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	9,5 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	10,6 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 11 160 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 11 160 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	160 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	160 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	161 mm	
- Ovalación máxima	3,2 mm	
- Serie SDR	SDR 11	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	14,6 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	16,2 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 7,4 160 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 7,4 160 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	160 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	160 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	161 mm	
- Ovalación máxima	3,2 mm	
- Serie SDR	SDR 7,4	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	21,9 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	24,2 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m	
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante**	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 17 200 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 17 200 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	200 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	200 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	201,2 mm	
- Ovalación máxima	4 mm	
- Serie SDR	SDR 17	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	11,9 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	13,2 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 11 200 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 11 200 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	200 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	200 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	201,2 mm	
- Ovalación máxima	4 mm	
- Serie SDR	SDR 11	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	18,2 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	20,2 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 7,4 200 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 7,4 200 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	200 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	200 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	201,2 mm	
- Ovalación máxima	4 mm	
- Serie SDR	SDR 7,4	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	27,4 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	30,3 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 17 250 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 17 250 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	250 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	250 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	251,5 mm	
- Ovalación máxima	5 mm	
- Serie SDR	SDR 17	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	14,8 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	16,4 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 11 250 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 11 250 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	250 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	250 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	251,5 mm	
- Ovalación máxima	5 mm	
- Serie SDR	SDR 11	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	22,7 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	25,1 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m	
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante**	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 7,4 250 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 7,4 250 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	250 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	250 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	251,5 mm	
- Ovalación máxima	5 mm	
- Serie SDR	SDR 7,4	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	34,2 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	37,8 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 17 315 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 17 315 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	315 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	315 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	316,9 mm	
- Ovalación máxima	11,1 mm	
- Serie SDR	SDR 17	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	18,7 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	20,7 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 11 315 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 11 315 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	315 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	315 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	316,9 mm	
- Ovalación máxima	11,1 mm	
- Serie SDR	SDR 11	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	28,6 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	31,6 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 7,4 315 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 7,4 315 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	315 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	315 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	316,9 mm	
- Ovalación máxima	11,1 mm	
- Serie SDR	SDR 7,4	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	43,1 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	47,6 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** / **Dato fabricante**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 17 500 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 17 500 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	500 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	500 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	503 mm	
- Ovalación máxima	17,5 mm	
- Serie SDR	SDR 17	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	29,7 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	32,8 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m	
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante**	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 11 500 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 11 500 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	500 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	500 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	503 mm	
- Ovalación máxima	17,5 mm	
- Serie SDR	SDR 11	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	45,4 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	50,1 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 17 560 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 17 560 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	560 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	560 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	563,4 mm	
- Ovalación máxima	19,6 mm	
- Serie SDR	SDR 17	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	33,2 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	36,7 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 11 560 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 11 560 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	560 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	560 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	563,4 mm	
- Ovalación máxima	19,6 mm	
- Serie SDR	SDR 11	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	50,8 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	56 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 17 630 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 17 630 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	630 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	630 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	633,8 mm	
- Ovalación máxima	22,1 mm	
- Serie SDR	SDR 17	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	37,4 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	41,3 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m	
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante**	kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 11 630 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 11 630 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	630 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	630 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	633,8 mm	
- Ovalación máxima	22,1 mm	
- Serie SDR	SDR 11	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	57,2 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	63,1 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TUBO LISO PE 100 SDR 17 710 MM

1. Designación:

- Designación REE	**TUBO LISO PE 100 SDR 17 710 MM**
- Designación fabricante	**Dato fabricante**

2. Características constructivas:

- Diámetro exterior nominal	710 mm	
- Diámetro exterior medio mínimo	710 mm	
- Diámetro exterior medio máximo	716,4 mm	
- Ovalación máxima	24,9 mm	
- Serie SDR	SDR 17	
- Espesor de pared mínimo en cualquier punto	42,1 mm	
- Espesor de pare máximo en cualquier punto	46,5 mm	
- Superficie interior	Lisa	
- Color	Negro con bandas rojas	
- Alargamiento a la rotura	>350%	
- Índice de Fluidez Masa (IFM)	± 20% materia prima	
- Temperatura VICAT	≥ 110 ºC	
- Tiempo inducción a oxidación	≥ 20 min	
- Radio mínimo de curvatura	**Dato fabricante**	mm
- Peso	**Dato fabricante**	kg/m
- Marcado según fabricante	**Dato fabricante**	

3. Características de suministro:

- Longitud tubo en barra	13 m
- Peso bruto de la barra	**Dato fabricante** kg

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TÍTULO:

Tendido de cables de líneas eléctricas subterráneas de transporte en banco de tubos

DATOS DE CONTROL:

Código:	Edición:	Cancela a:
ET154	**3/ 17.10.11**	**ET154 Ed. 2/ 18.12.09**

Unidades Implicadas: **Dirección de Construcción**

GESTIÓN DE LA NORMA:

Responsabilidad:	Aprobación:	Difusión y control:
Dirección de Construcción	**Dirección de Construcción**	**Dirección de Responsabilidad Corporativa y Relaciones Institucionales**
Firma:	Firma:	Firma y fecha: **19.12.11**

OBJETO

Describir las condiciones que han de cumplirse en los trabajos de tendido de los cables de las líneas eléctricas subterráneas de transporte en banco de tubos, así como el transporte y acopio de los materiales necesarios para la realización de estos trabajos.

El alcance de los servicios a los que hace referencia este documento, comprende todos o parte de los siguientes apartados:

- Suministro de materiales, maquinaria, útiles, herramientas y equipos de inspección, medición y ensayo (EIME).
- Gestión de accesos a fincas de particulares.
- Montaje y desmontaje de los accesorios de tendido.
- Descarga y transporte de bobinas.
- Tendido de los cables de potencia, tierra y telecomunicaciones.
- Ensayo de tensión de cubierta al finalizar el tendido de los conductores.
- Colocación de accesorios.
- Conexionado y medición de puesta a tierra.
- Operaciones complementarías.

ACTIVIDADES Y TAREAS

PASO	UNIDAD RESPONSABLE	ACTIVIDADES
10	Departamento de Apoyo a la Construcción	▪ Enviar la documentación constructiva al/los contratista/as adjudicatario/os de la instalación y a la dirección técnica.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

20	Contratista adjudicatario	▪ Proporcionar los materiales para el desarrollo de la actividad. ▪ Solicitar al Departamento de Apoyo a la Construcción, en los casos en los que sea preciso, los materiales para el desarrollo de la actividad.
30	Departamento de Apoyo a la Construcción	▪ Autorizar la salida de los materiales solicitados, en los casos en los que sea preciso.
40	Contratista adjudicatario	▪ Trasladar los materiales a la obra. ▪ Trasladar los materiales desde los centros logísticos de Red Electrica, en los casos en los que sea preciso, y transportarlos a la obra.
50	Contratista adjudicatario	▪ Solicitar las autorizaciones correspondientes para realizar el acopio de bobinas y enviar al Departamento de Apoyo a la Construcción la información relativa al plan de tendido y ubicación máquina de tiro.
60	Departamento de Apoyo a la Construcción	▪ Enviar al contratista las autorizaciones necesarias para dar comienzo a los trabajos de acopio de materiales y tendido de conductores.
70	Contratista adjudicatario / Dirección técnica y supervisión	▪ Realizar una revisión de todas las herramientas, útiles, maquinaria y EIME a utilizar en el desarrollo de la actividad.
80	Contratista adjudicatario	▪ Realizar el acopio de materiales, ubicar la máquina de tiro, rodillos y accesorios así como el mandrilado de la canalización.
90	Contratista adjudicatario	▪ Tender la serie de conductores conforme a la documentación constructiva.
100	Dirección técnica y supervisión	▪ Comprobar que el tendido de los conductores

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

		cumple con la normativa de Red Electrica.
110	Contratista adjudicatario	▪ Cortar y llevar los conductores a su posición final.
120	Contratista adjudicatario	▪ Colocar soportes, estructuras y accesorios así como alguna tarea complementaria para dar por finalizada esta actividad.
130	Dirección técnica y supervisión	▪ Ratificar que el programa de puntos de inspección (PPI) y los registros generados por el contratista adjudicatario son correctos.
140	Dirección técnica y supervisión	▪ Enviar al Departamento de Apoyo a la Construcción el PPI y los registros generados en el proceso de construcción.

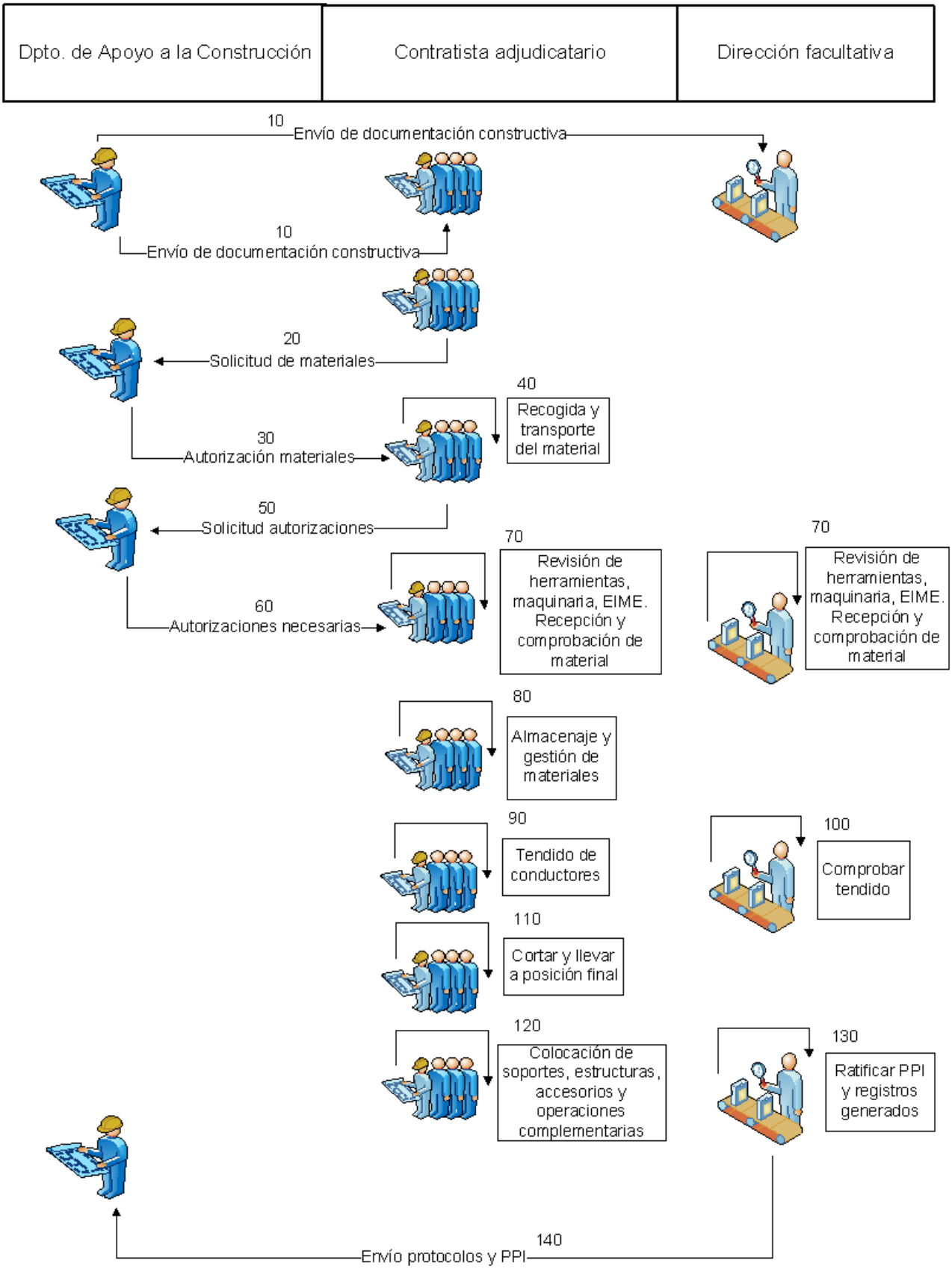
ANEXOS

1. **FLUJOGRAMA**
2. **CONSIDERACIONES PREVIAS Y DE SEGURIDAD**
3. **TRANSPORTE Y GESTIÓN DE MATERIALES**
4. **MEDIOS MECÁNICOS Y HERRAMIENTAS**
5. **ACOPIO DE MATERIALES**
6. **TENDIDO DE LOS CABLES**
7. **OPERACIONES COMPLEMENTARIAS**
8. **DOCUMENTACIÓN DE OBRA**
9. **EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y ENSAYO (EIME)**
10. **PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS**
11. **OTROS REQUISITOS**
12. **NORMATIVA APLICABLE**
13. **T185. PROTOCOLO DE INSTALACIÓN DE CABLES EN LÍNEAS SUBTERRÁNEAS**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Flujograma

Código:	Edición:	Cancela a:
ET154	**3/ 17.10.11**	**Ed. 2/ 18.12.09**



COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Consideraciones previas y de seguridad

Código:	Edición:	Cancela a:
ET154	**3/ 17.10.11**	**Ed. 2/ 18.12.09**

Cualquier comunicación que se realice al Departamento de Apoyo a la Construcción debe realizarse a través de construccion@ree.es o de las herramientas corporativas de seguimiento y control de avance de obras.

El contratista adjudicatario está obligado a cumplir y hacer cumplir el procedimiento o plan de seguridad según R.D. 1627/97.

El contratista adjudicatario deberá adoptar las precauciones necesarias para garantizar la seguridad de las personas que transiten por la zona de obras y sus proximidades. Prestará especial atención a la seguridad del tráfico rodado, a las líneas eléctricas provisionales y a las grúas y máquinas cuyo vuelo afecte a vías de comunicación.

Se aplicarán las defensas necesarias contra desprendimientos en laderas, pozos o zanjas.

Todos los equipos de trabajo, propios o alquilados, que el contratista adjudicatario introduzca en la obra tendrán certificado de conformidad con el R.D. 1644/08 (marcado CE) o adecuación según RD 1215/97.

Cualquier modificación del programa de obra de los trabajos tanto en medios humanos como materiales deberá ser autorizada por escrito por el Departamento de Apoyo a la Construcción.

Red Electrica no se responsabilizará de los daños ocasionados a terceros, que excedan de los considerados normales en este tipo de trabajos, los cuales serán responsabilidad y por cuenta del contratista adjudicatario.

Todas las grúas que se utilicen deberán disponer de limitador de carga.

Se interrumpirán los trabajos cuando exista riesgo de tormenta eléctrica en la zona.

El contratista adjudicatario es responsable de orden, limpieza y limitación de uso de suelo de las obras objeto del contrato. Deberá adoptar a este respecto, a su cargo y responsabilidad, las medidas que le sean señaladas por las autoridades competentes y por la representación de Red Electrica para causar los mínimos daños, así como el menor impacto en:

- Caminos, acequias, canales de riesgo y, en general, a todas las obras civiles que cruce la línea o que sea necesaria cruzar y/o utilizar para acceder a las obras.
- Plantaciones agrícolas, pastizales y cualquier masa arbórea o arbustiva.
- Formaciones geológicas, monumentos, yacimientos, reservas naturales, etc.
- Cerramiento de propiedades ya sea natural o de obra, manteniéndolas en todo momento según las instrucciones del propietario, en evitación de la entrada o salida de ganado.

La subcontratación de actividades deberá tener siempre la aprobación previa y por escrito de Red Electrica y seguirá el proceso establecido en la normativa interna de Red Electrica.

El proceso de certificación de los trabajos realizados por el contratista adjudicatario se efectuará según las indicaciones en las guías de cumplimentación del programa de puntos de inspección vigentes.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Transporte y gestión de materiales

Código:	Edición:	Cancela a:
ET154	**3/ 17.10.11**	**ET154 Ed. 2/ 18.12.09**

Las características del conductor a instalar serán las especificadas en la documentación constructiva.

El contratista adjudicatario será responsable del transporte y acopio de los materiales.

Se cuidará que el material transportado, tanto en la carga como en la descarga, no sufra arañazos o golpes que puedan deteriorarlo. Se tendrá especial cuidado de que los materiales acopiados no estén en contacto con tierras o materias orgánicas.

A requerimiento de Red Electrica, el contratista adjudicatario comunicará al Departamento de Apoyo a la Construcción el material colocado en obra, el inutilizado y el material sobrante.

El material sobrante será gestionado según indicaciones de Red Electrica, siendo por cuenta del contratista adjudicatario, dado el caso, la entrega en los almacenes de Red Electrica que el Departamento de Apoyo a la Construcciónle indique, siendo por cuenta del contratista la carga, transporte y descarga.

En el caso de las bobinas de conductor subterráneo, el contratista adjudicatario deberá retirar la bobina vacía a la finalización del tendido, siendo por cuenta de éste la carga, transporte y gestión de la misma.

Se comunicará al Departamento de Apoyo a la Construcción la cantidad del cable sobrante en el plazo máximo de 3 días hábiles desde la finalización del tendido. El Departamento de Apoyo a la Construcción coordinará con el departamento de logística y con el departamento de ingeniería de líneas si el cable sobrante se debe achatarrar o deben ser transportadas al almacén de Red Electrica que determine el departamento de logística.

Si Red Electrica suministrara los materiales, se entregará al contratista adjudicatario una relación de las bobinas a tender, con antelación suficiente, para prever su envío a obra y la aprobación de los planes de tendido correspondientes.

Cualquier diferencia en longitud que el contratista adjudicatario hallara al ser extendido el cable de la bobina, deberá ponerlo en conocimiento del Departamento de Apoyo a la Construcción por escrito de forma inmediata.

El transporte, carga, descarga y manipulación de botellas terminales exteriores, terminales GIS, empalmes, manguitos de empalme, descargadores, elementos de conexión de las puestas a tierra y demás accesorios deberá deberá realizarse según las indicaciones del fabricante, prestando especial atención al peso y dimensiones de los mismos, de forma que se realice con personal suficiente y con medios adecuadamente dimensionados.

La gestión para conseguir el permiso de los propietarios o responsables en el acceso a las zonas de trabajo será responsabilidad del contratista adjudicatario con independencia del apoyo que pueda prestarle Red Eléctrica.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

El contratista adjudicatario deberá atender las exigencias que impongan los organismos competentes o propietarios en cuanto a horarios y sistemas de seguridad exigidos por éstos, entendiéndose como mínimos los recomendados por el estudio de seguridad de Red Eléctrica para la instalación en cuestión y sin que ello conlleve extra costes para Red Eléctrica. En cualquier caso, éstos deberán estar recogidos en el plan o procedimiento de seguridad.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Medios mecánicos y herramientas

Código:	Edición:	Cancela a:
ET154	**3/ 17.10.11**	**ET154 Ed. 2/ 18.12.09**

El contratista adjudicatario aportará toda la herramienta necesaria, que estará suficientemente dimensionada, adecuada para el tipo de trabajo a realizar, en previsión de rotura y accidente. El equipo estará compuesto por máquina de frenado, rodillos, cables piloto, cabrestante, mordazas, tiraderas, etc.

El Departamento de Apoyo a la Construcción podrá exigir el cambio de cualquier tipo de herramienta, por no considerarla en buenas condiciones, poco segura o inadecuada para la realización del trabajo a que estén destinadas.

Cabrestantes

Los cabrestantes se utilizarán para tirar de los cables por medio de pilotos auxiliares y estarán accionados por un motor autónomo que deberá permitir el control de la velocidad de tendido y del esfuerzo de tiro. En la placa de características se indicará su fuerza de tracción. Dispondrá de rebobinadora para los cables piloto. También deberá disponer de dispositivo de parada automática e indicador de tiro. Deberá cumplir con lo estipulado en el RD 1215/97, marcado CE o la legislación correspondiente en vigor.

Antes del inicio de los trabajos, se procederá al calibrado del limitador de tiro, el cual se realizará en función de las tracciones a realizar.

Máquina de frenado

La máquina de frenado estará compuesta por un sistema de gatos hidráulicos, eje soporte de bobina y dispositivo hidráulico de frenado.

Los pies de soporte del eje deben estar dimensionados para asegurar la estabilidad de la bobina durante su rotación.

Todos los elementos estarán dimensionados conforme al trabajo a realizar.

El cable, al salir de la bobina, se mantendrá a la tensión mecánica suficiente para que no se produzcan flojedades y para que el cable no pueda adoptar radios de curvaturas inferiores el mínimo permitido. Deberá disponer de dinamómetro y el sistema de frenado deberá ser adecuado a la bobina a tender. Deberá cumplir con lo estipulado en el RD 1215/97, marcado C1644/08 (marcado CE) o adecuación según RD 1215/97 o la legislación correspondiente en vigor.

El dispositivo de frenado deberá ser reversible y actuar de cabrestante en caso de necesidad.

Rodillos

Los rodillos se utilizarán para favorecer el deslizamiento del cable durante el tendido.

La superficie de los rodillos será lisa, exenta de porosidades, rugosidades y canaladuras.

El diámetro del rodillo será como mínimo 2/3 partes del diámetro del conductor.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Cada rodillo estará montado sobre rodamientos blindados y auto lubricados. Si no es así, llevarán dispositivos adecuados para engrase.

Los rodillos deberán tener una base conveniente que impida su vuelco durante el tendido y una garganta apropiada que permita el deslizamiento del cable sin riesgo de su salida o caída.

Las armaduras estarán dispuestas de forma que no puedan existir rozamientos entre éstas y los rodillos y dispondrán de protecciones que eviten daños en el cable por descarrilamiento.

El sistema estará compuesto por tres rodillos, uno principal y dos laterales (perpendiculares al anterior, formando una U), de forma que se evite el posible descarrilamiento del cable.

La ubicación de los rodillos se hará a una distancia que se ajuste a las características del cable (según peso y rigidez axial), evitando vanos significativos que puedan originar flexiones dañinas al cable. Adicionalmente se asegurará que la colocación de rodillos respeta el radio mínimo de curvatura del cable.

Cables piloto

Deberán ser flexibles y anti giratorios, montando además, sobre ellos bulones de rotación para evitar la transmisión de esfuerzos de torsión al cable.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Manipulación de bobinas

Las bobinas de cable se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre uno de los platos laterales. Este transporte se realizará sobre vehículo.

Las bobinas estarán inmovilizadas por medio de cuñas adecuadas para evitar el desplazamiento lateral. Tanto las trabas como las cuñas es conveniente que estén clavadas en el suelo de la plataforma de transporte. El eje de la bobina se dispondrá preferentemente perpendicular al sentido de la marcha.

En el caso de que la bobina esté protegida con duelas de madera, debe cuidarse la integridad de las mismas, ya que las roturas suelen producir astillas hacia el interior, con el consiguiente peligro para el cable.

La bobina se suspenderá mediante una barra de dimensiones suficientes que pase por los agujeros centrales de los platos. Las cadenas o sirgas de izado tendrán un separador por encima de la bobina que impida que se apoyen directamente sobre los platos.

Queda terminantemente prohibido rodar las bobinas, ya que deberán ser siempre manipuladas mediante grúas.

Queda terminantemente prohibido el apilamiento de bobinas.

El almacenamiento no debe hacerse sobre suelo blando, y debe evitarse que la parte inferior de la bobina esté permanentemente en contacto con agua. En lugares húmedos es aconsejable disponer de una aireación adecuada, separando las bobinas entre sí.

Si las bobinas han de estar almacenadas durante un período largo, es aconsejable cubrirlas para que no estén expuestas directamente a la intemperie.

Manipulación de materiales

El acopio de botellas terminales exteriores, terminales GIS, empalmes, manguitos de empalme, descargadores, elementos de conexión de las puestas a tierra y demás accesorios se realizará de acuerdo a las siguientes indicaciones:

- Se evitará en la medida de lo posible, apilar los materiales, aún cuando se encuentren embalados. En caso de ser necesario dicho apilamiento, se realizará en lugar acorde a las dimensiones y resistencia de los embalajes. En ningún caso deberá realizarse un acopio de material apilado de forma inestable o que pueda generar riesgo alguno para las personas o para los propios materiales.
- El almacenamiento no debe hacerse sobre suelo blando, y debe evitarse que los materiales, aún estando embalados, entren en contacto con agua. En lugares húmedos es aconsejable disponer de una aireación adecuada, separando los materiales entre sí.
- Si los materiales se encuentran acopiados en intemperie, deberán tomarse las medidas oportunas frente a las inclemencias metereológicas, de forma que se evite cualquier daño por este motivo.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Acciones previas

Antes de iniciar la instalación del cable hay que limpiar el interior del tubo para evitar la presencia de cuerpos extraños, asegurar que no haya cantos vivos, aristas y que los tubos estén sin taponamientos. Con este fin se repetirá la operación de mandrilado de tubos descrita en la normativa interna de Red Electrica vigente.

El contratista adjudicatario emplazará los equipos de tendido y de las bobinas, según la planificación de tendido aprobada. Este emplazamiento deberá ser conocido por el departamento de medio ambiente y el departamento de tramitaciones.

Tendido de los cables de potencia

El tendido de los cables consiste en desplegar los mismos a lo largo de la línea, pasándolos por los rodillos o tubos situados en la canalización. Las bobinas se ubicarán en obra de tal manera que se favorezca a la alineación de tendido.

En el caso de trazado con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente.

Si existen curvas o puntos de paso dificultoso, próximos a uno de los extremos de la canalización, es preferible colocar la bobina en el otro extremo a fin de que durante el tendido quede afectada la menor longitud del cable posible.

Tanto el cabrestante como el freno deberán ser anclados sólidamente para que no se desplacen ni se muevan en las peores condiciones de funcionamiento.

Cuando la bobina esté suspendida por el eje, de forma que pueda hacerse rodar (con la suficiente elevación) se quitarán las duelas de protección, de forma que ni ellas ni el útil empleado para desclavarlas puedan dañar al cable, y se inspeccionará la superficie interior de las tapas para eliminar cualquier elemento saliente que pudiera dañar al cable (clavos, astillas, etc.).

Durante el tendido, en todos los puntos estratégicos, se situarán los operarios necesarios provistos de los medios necesarios para asegurar una comunicación permanente y en disposición de poder realizar maniobras de manera inmediata.

A la salida de la bobina es recomendable colocar un rodillo de mayor anchura con protección lateral para abarcar las distintas posiciones del cable a lo ancho de la bobina.

Si se presentan curvas más pronunciadas es conveniente instalar un mayor número de elementos de rodadura para repartir la presión lateral sobre el mayor número de puntos posibles y evitar concentraciones puntuales perjudiciales para el cable. Adicionalmente y siempre que sea posible, es recomendable utilizar un cabrestante auxiliar a la salida de la curva que reduzca el incremento del esfuerzo de tiro del cabrestante principal.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La extracción del cable se realizará por la parte superior de la bobina mediante la rotación de la misma alrededor de su eje y en el sentido indicado por el fabricante.

Durante el tendido hay que proteger el cable de las bocas del tubo para evitar daños en la cubierta. Para conseguirlo se coloca un rodillo a la entrada del tubo, que conduzca el cable por el centro del mismo, o mediante boquillas protectoras.

Deberá comprobarse que en todo momento los cables se deslizan suavemente sobre los rodillos y tubos.

El desenrollado ha de ser lento, para evitar que las capas superiores penetren entre las inferiores debido a la presión con el consiguiente trabado del cable.

La extracción del cable, tirando del mismo, debe estar perfectamente sincronizada con el frenado de la bobina. Al dejar de tirar del cable hay que frenar inmediatamente la bobina, ya que de lo contrario la inercia de la bobina hace que ésta siga desenrollando cable, lo que lleva a la formación de un bucle.

Queda terminantemente prohibido someter al cable a esfuerzos de flexión que pueden provocar la deformación permanente del cable, con formación de oquedades en el aislamiento y la rotura o pérdida de sección en las pantallas.

Cualquier deformación en el cable, deberá ser comunicada al Departamento de Apoyo a la Construcción inmediatamente con el fin de tomar las medidas oportunas.

Las bobinas deberán siempre ser tendidas en su totalidad dentro de la jornada de trabajo.

Se observará el estado de los cables a medida que vayan saliendo de la bobina con objeto de detectar los posibles deterioros.

Los valores de tracción y la velocidad del tendido serán los indicados por el fabricante, y no podrán ser rebasados bajo ninguna circunstancia. Será preciso vigilar en todo momento que no se produzcan esfuerzos laterales importantes con las aletas de las bobinas.

La máxima tracción de tendido de los conductores será la especificada por el fabricante y como mínimo la necesaria para que, venciendo la resistencia en la máquina de frenado, puedan desplegarse los cables, debiendo mantenerse constante durante el tendido de estos.

La unión del cable con el piloto se realizará por medio de cabezal de tiro y manguito giratorio. El cabezal será suministrado por el contratista adjudicatario y este deberá ser aprobado por el Departamento de Apoyo a la Construcción.

El cabrestante dispondrá de un mecanismo que interrumpa la tracción automáticamente cuando ésta sobrepase el esfuerzo programado.

Puede disminuirse el rozamiento, y por tanto el esfuerzo de tiro, poniendo grasa neutra en la cubierta exterior del cable, siguiendo las instrucciones del fabricante, antes de introducirlo en el tubo.

Se deberá tener especial cuidado cuando el tendido de la bobina llegue a su final, ya que se deberá tener previsto un sistema, que sujete la cola del cable y a la vez mantenga la tensión de tendido.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

En el caso de temperaturas inferiores a 5ºC el aislamiento de los cables adquiere una cierta rigidez que no permite su manipulación. Así pues, cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5ºC no se permitirá hacer el tendido del cable.

Una vez instalado el cable, deben taparse las bocas de los tubos para evitar la entrada de gases, aguas o roedores, mediante:

- La aplicación de un sellado impermeable con clasificación de resistencia al fuego EI-180 según norma UNE EN 13501-2 (placa de poliestireno extruido de 50 mm + mortero ignífugo en una profundidad de 150 mm tipo Novasit + perfiles de bentonita sódica en una profundidad de 15 mm + sellado final con masilla de poliuretano en una profundidad de 65 mm, previa unión de puente de unión epoxídico).
- Colocación de sistemas pasa muros tipo Roxtec o similar.

La elección de un sistema de sellado u otro deberá ser aprobado por Red Eléctrica.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja, zonas de empalme y terminales, sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos. Lo mismo es aplicable al extremo de cable que haya quedado en la bobina. Para este cometido, se deberán usar manguitos termo retráctiles.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 2,50 m, ya que al haber sido sometido a mayor esfuerzo, puede presentarse desplazamiento de la cubierta en relación con el resto del cable.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

A medida que se vayan terminando el tendido de los conductores, se irá retirando el material sobrante, así como las bobinas vacías, de manera que estorben el menor tiempo posible al propietario del terreno. Igualmente se procederá a realizar una limpieza a fondo de la zona.

Se taparán todos los hoyos que se hayan realizado en cualquiera de las fases del trabajo.

Se restablecerán las condiciones del entorno a la situación del comienzo de los trabajos.

Paso de aéreo a subterráneo

En el tendido de los cables a lo largo del apoyo, estos irán grapados al mismo, con una separación entre los puntos de fijación tal que garantice la ausencia de desplazamientos de los cables por efectos electromagnéticos. Los cables irán protegidos hasta una altura mínima de 3 metros sobre el suelo mediante una protección de chapa que cubra perfectamente todos los cables.

Tendido de cables de telecomunicaciones

El tendido de este cable se realizará por los tubos previstos a tal efecto en el prisma de tubos y se tendrán presentes en todo momento las especificaciones del fabricante del mismo.

Tendido del cable de tierra y sistema de puestas a tierra

En el caso de conexión a tierra de las pantallas “Single-Point”, se tenderá uno o dos cables de cobre aislado de 0,6/1 kV, paralelo a la línea, como unión equipotencial entre los distintos electrodos de puesta a tierra, de forma que garantice el correcto funcionamiento de la instalación. Para el tendido de dicho cable, se han instalado 2 tubos para las líneas de 220 kV y un tubo para las líneas de 66 y 132 kV. Los tubos son de polietileno de alta densidad de doble pared (corrugada la externa y lisa la interna) de 110 mm de diámetro exterior, según la disposición indicada en los planos de Ingeniería de la obra, embridado a los tubos de fase mediante separadores.

La sección del cable será como mínimo igual a la pantalla del cable de potencia. Los electrodos de puesta a tierra estarán constituidos, bien por picas de acero-cobre, bien por conductores de cobre desnudo enterrados horizontalmente, o bien por combinación de ambos.

En las terminaciones en subestaciones o apoyos de paso de aéreo a subterráneo, se conectará la pantalla del cable de potencia al sistema de puesta a tierra de la instalación existente.

Trascanado y bobinado de conductores

Por indicación de Red Eléctrica el sobrante de conductor tras haber finalizado la operación de tendido será arrollado en una sola bobina.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Documentación en obra

Código:	Edición:	Cancela a:
ET154	**3/ 17.10.11**	**ET154 Ed. 2/ 18.12.09**

El Departamento de Apoyo a la Construcción entregará al contratista adjudicatario y a la dirección técnica antes del inicio de los trabajos, al menos los siguientes documentos:

- Traza 1:50.000.
- Perfil longitudinal y planta parcelaria.
- Sección tipo de la canalización.
- Características y parámetros de tendido para los cables a tender.
- Estudio de seguridad.
- Especificación técnica de las condiciones medioambientales.
- Programa de puntos de inspección personalizado para la actividad.
- Normativa interna de Red Electrica aplicable.

Documentación a entregar por el contratista adjudicatario:

- Programa de puntos de inspección y registros generados, completados y firmados:
- Parte de instalación de cables subterráneos según modelo vigente.
- Certificados de calibración de los EIME empleados.
- Protocolo de instalación de cables en líneas subterráneas según modelo T185.
- Programa de obra actualizado.
- Datos para las herramientas corporativas de seguimiento y control de avance de obra.

La documentación generada durante la ejecución de los trabajos se enviará en formato electrónico.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Equipos de inspección medición y ensayo

Código:	Edición:	Cancela a:
ET154	**3/ 17.10.11**	**ET154 Ed. 2/ 18.12.09**

Los equipos de inspección medición y ensayo necesarios para esta actividad son:

- Termómetro:
  - Resolución de 0.1 ºC.
  - Rango: -50 -70ºC.

Todos los EIME deberán de ser calibrados anualmente salvo que el periodo de validez de la calibración sea inferior a un año, en cuyo caso se calibrará tantas veces como sea necesario.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Programación de los trabajos

Código:	Edición:	Cancela a:
ET154	**3/ 17.10.11**	**ET154 Ed. 2/ 18.12.09**

Previamente al inicio de los trabajos, el contratista adjudicatario deberá preparar una programación de los trabajos a realizar. Esta programación recogerá los medios humanos y materiales a emplear en los trabajos, entregándose al Departamento de Apoyo a la Construcción y a la dirección técnica y supervisión de obra.

Dicha programación deberá recoger como mínimo la duración de las siguientes tareas:

- Trabajos previos.
- Tendido de cable piloto.
- Tendido de conductores y cables.
- Confección de accesorios.

Ante cualquier eventualidad que comprometa la programación de trabajos acordada el contratista adjudicatario enviará al Departamento de Apoyo a la Construcción y a la dirección técnica y supervisión una actualización de esta programación.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Otros requisitos

Código:	Edición:	Cancela a:
ET154	**3/ 17.10.11**	**ET154 Ed. 2/ 18.12.09**

Además de las garantías previstas en el vigente ordenamiento jurídico, el contratista adjudicatario garantizará todo su trabajo y suministros realizados, por un período de 5 años a partir de la fecha de finalización de los ensayos del cable subterráneo.

La garantía que cubra cualquiera de las partes de la instalación que sea reemplazada o reparada por el contratista adjudicatario bajo las condiciones anteriores, se hará efectiva nuevamente desde la fecha de restitución por el período establecido en las condiciones contractuales del suministro.

La obligación del instalador bajo estas garantías será subsanar, en el menor tiempo posible, todos los defectos de las instalaciones realizadas que produzcan dentro de los 5 primeros años desde la fecha de su puesta en marcha, con tal de que Red Electrica mande al contratista adjudicatario notificación por escrito y pruebas satisfactorias de tal defecto. Si parte de la instalación después de ser ensayada resultase ser defectuosa, el contratista adjudicatario asumirá todos los gastos que origine la reparación del defecto.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Normativa aplicable

Código:	Edición:	Cancela a:
ET154	**3/ 17.10.11**	**ET154 Ed. 2/ 18.12.09**

Será de aplicación al menos, la siguiente normativa siempre referida a su última edición:

- Real Decreto 1627/97 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción
- R.D. 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- Estudio de seguridad y salud del proyecto
- Procedimiento o plan de seguridad y salud de la obra
- Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación
- Real Decreto 3275/1982 de 12 noviembre, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas y centros de transformación
- Real Decreto 223/2008 de 15 febrero, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09

La prevención de riesgos laborales en las obras de construcción se regulará conforme a lo establecido en la normativa interna vigente de Red Eléctrica.

Normativa de Red Eléctrica aplicable, en su última edición en vigor.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

T185. Protocolo de instalación de cables en líneas subterráneas

Código:	Edición:	Cancela a:
ET154	**3/ 17.10.11**	**ET154 Ed. 2/ 18.12.09**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS1619596222MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

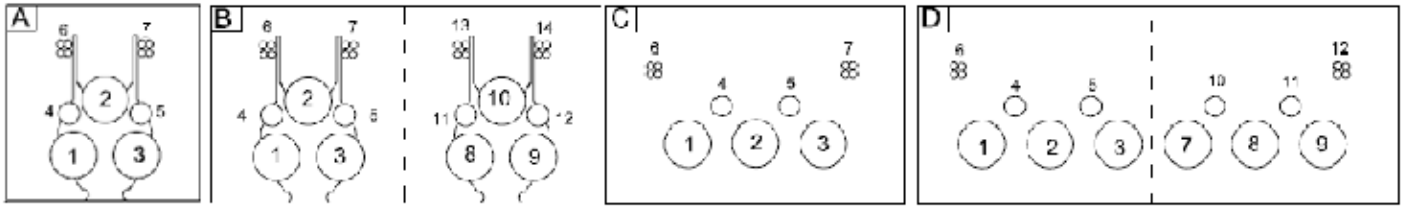
RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

T185. Protocolo de instalación de cables en líneas subterráneas

Ed.2 Fecha: 17.10.11

Línea:		**REE/ROP:**	
Proyecto:		**Director Técnico:**	
Grafo:		**Contratista:**	

Instalación de cables entre Pk. inicial **y Pk. Final.** Se rellenará un protocolo como mínimo cada 50 metros.



Canalización Nº	Disposición (A,B,C,D)	Matrícula	Longitud	Fecha Tendido	Tensión Tendido (kN)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

Canalización Nº	Disposición (A,B,C,D)	Matrícula	Longitud	Fecha Tendido	Tensión Tendido (kN)
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					

Contratista (Nombre y firma) **VºBº** **Director Técnico** (Nombre y Firma) **Aprobado por:** **REE/ROP** (Nombre y Firma)

Fecha: **Fecha:** **Fecha:**

TÍTULO:

Obra civil de líneas eléctricas subterráneas de transporte en banco de tubos en actividades de construcción

DATOS DE CONTROL:

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed 2/18.12.09**

Unidades Implicadas: **Dirección de Construcción**

GESTIÓN DE LA NORMA:

Responsabilidad:	Aprobación:	Difusión y control:
Dirección de Construcción	**Dirección de Construcción**	**Dirección de Responsabilidad Corporativa y Relaciones Institucionales**
Firma:	Firma:	Firma y fecha: **19.12.11**

OBJETO

Describir las condiciones que han de cumplirse en los trabajos de obra civil de líneas eléctricas subterráneas de transporte en banco de tubos, así como el transporte y acopio de los materiales necesarios para la realización de estos trabajos.

El alcance de los servicios a los que hace referencia este documento, comprende todos o parte de los siguientes apartados:

- Suministro de materiales, maquinaria, útiles, herramientas y equipos de inspección, medición y ensayo EIME.
- Gestión de accesos a fincas de particulares.
- Ejecución de accesos.
- Transporte, descarga y acopio de los elementos suministrados.
- Montaje y desmontaje de los elementos suministrados.
- Replanteo, excavación y tapado de zanjas.
- Replanteo, colocación y ejecución de cámaras de empalme y de comunicaciones.
- Reposición de firmes y elementos existentes.
- Operaciones complementarias.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Obra civil de líneas eléctricas subterráneas de transporte en banco de tubos en actividades de construcción

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/ 18.12.09**

ACTIVIDADES Y TAREAS

PASO	UNIDAD RESPONSABLE	ACTIVIDADES
10	Departamento de Apoyo a la Construcción	▪ Enviar la documentación constructiva al contratista adjudicatario de la instalación y a la dirección técnica y supervisión.
20	Contratista adjudicatario	▪ Proporcionar los materiales para el desarrollo de la actividad. ▪ Solicitar al Departamento de Apoyo a la Construcción, en los casos en los que sea preciso, los materiales para el desarrollo de la actividad.
30	Departamento de Apoyo a la Construcción	▪ Autorizar la salida de los materiales solicitados, en los casos en los que sea preciso.
40	Contratista adjudicatario	▪ Trasladar los materiales a la obra. ▪ Trasladar los materiales desde los centros logísticos de Red Eléctrica, en los casos en los que sea preciso, y transportarlos a la obra. ▪ Solicitar las autorizaciones correspondientes para realizar el acopio de materiales.
50	Departamento de Apoyo a la Construcción	▪ Enviar al contratista las autorizaciones necesarias para dar comienzo a los trabajos.
60	Contratista adjudicatario / Dirección técnica y supervisión	▪ Realizar una revisión de todas las herramientas, útiles, maquinaria y EIME a utilizar en el desarrollo de la actividad.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

70	Contratista adjudicatario	▪ Realizar sobre el terreno el replanteo de la canalización en banco de tubos así como la ubicación de cámaras y arquetas conforme a la normativa de Red Eléctrica.
80	Dirección técnica y supervisión	▪ Comprobar que el replanteo de la canalización así como la ubicación de las cámaras y arquetas cumple con la documentación constructiva y la normativa de Red Eléctrica.
90	Contratista adjudicatario	▪ Efectuar la excavación de la canalización conforme a la documentación constructiva y la normativa de Red Eléctrica, utilizando y acondicionando los accesos diseñados o autorizados por Red Eléctrica. ▪ Ejecutar la canalización colocando los tubos, soportes, cámaras de empalme y de comunicaciones conforme a la documentación constructiva entregada y a la normativa de Red Eléctrica. ▪ Hormigonar la canalización conforme a la documentación constructiva entregada y a la normativa de Red Eléctrica. ▪ Realizar el relleno de la zanja, colocación de cintas de señalización y reposición de suelos y pavimentos conforme a la normativa de Red Eléctrica y documentación constructiva. ▪ Efectuar el mandrilado de la canalización conforme a la normativa de Red Eléctrica, comprobando la longitud definitiva de la canalización y que la secuencia de fases se corresponde con la documentación constructiva entregada.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

100	Dirección técnica y supervisión	▪ Ratificar que el programa de puntos de inspección PPI y los registros generados por el contratista adjudicatario son correctos.
110	Dirección técnica y supervisión	▪ Enviar al Departamento de Apoyo a la Construcción el PPI y los registros generados en el proceso de construcción.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Obra civil de líneas eléctricas subterráneas de transporte en banco de tubos en actividades de construcción

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/ 18.12.09**

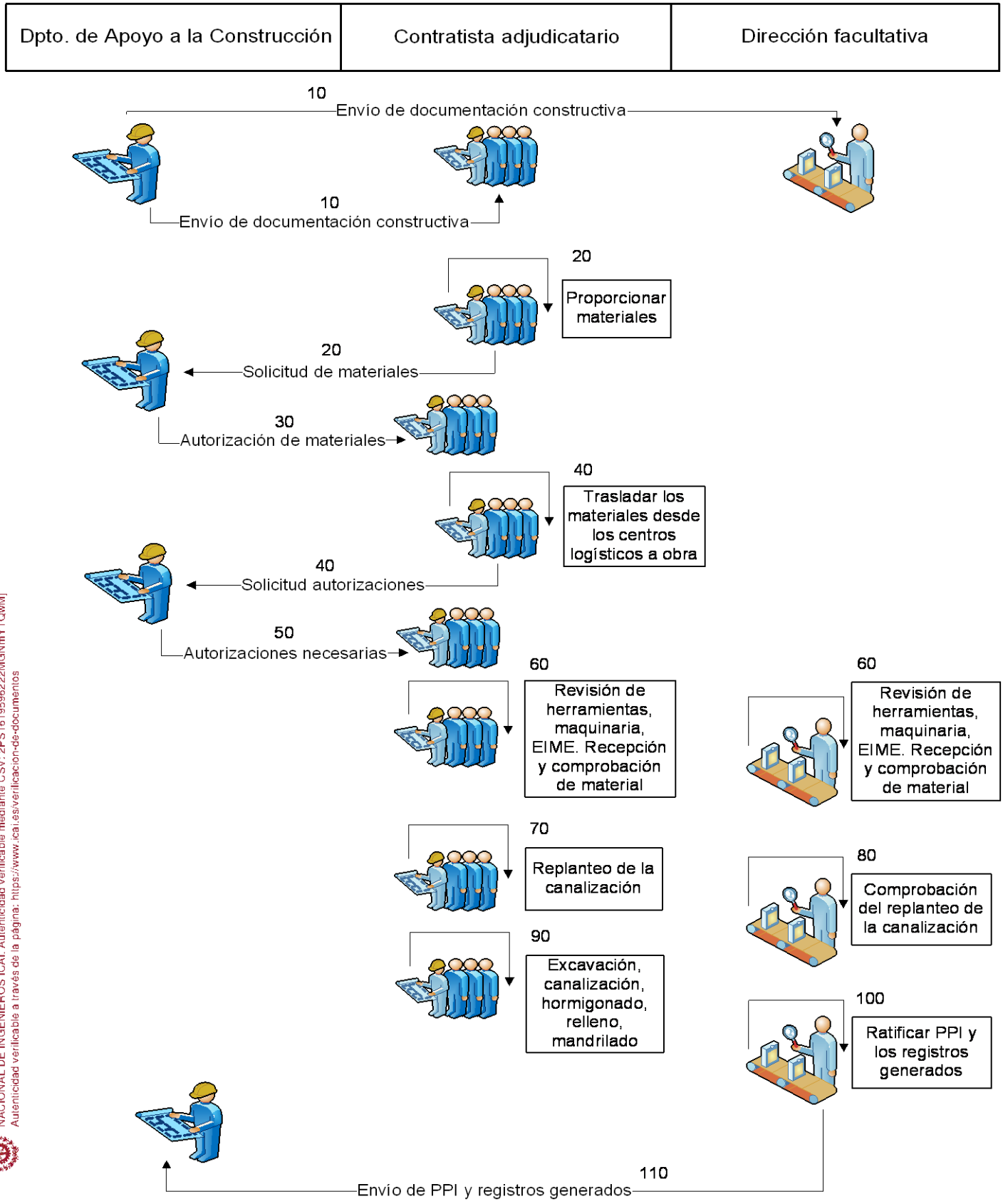
ANEXOS

1. **FLUJOGRAMA**
2. **CONSIDERACIONES PREVIAS Y DE SEGURIDAD**
3. **TRANSPORTE, GESTIÓN Y ACOPIO DE MATERIALES**
4. **MEDIOS MECÁNICOS Y HERRAMIENTAS**
5. **REPLANTEO Y ACCESOS**
6. **EXCAVACIÓN**
7. **COLOCACIÓN DE TUBOS**
8. **RELLENO Y HORMIGONADO DE ZANJAS**
9. **REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS Y SUPERFICIES**
10. **COLOCACIÓN DE CÁMARAS DE EMPALME**
11. **COLOCACIÓN DE ARQUETAS DE TELECOMUNICACIONES**
12. **MANDRILADO DE TUBOS**
13. **OPERACIONES COMPLEMENTARIAS**
14. **DOCUMENTACIÓN DE OBRA**
15. **EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y ENSAYO**
16. **PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS**
17. **OTROS REQUISITOS**
18. **NORMATIVA APLICABLE**
19. **T183. PROTOCOLO DE DISPOSICIÓN DE TUBOS EN PRISMA DE HORMIGÓN**
20. **T184. PROTOCOLO DE MANDRILADO DE CANALIZACIÓN**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Flujograma

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**



COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Consideraciones previas y de seguridad

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Cualquier comunicación que se realice al Departamento de Apoyo a la Construcción debe realizarse a través de construccion@ree.es o de las herramientas corporativas de seguimiento y control de avance de obras.

El contratista adjudicatario está obligado a cumplir y hacer cumplir el procedimiento o plan de seguridad según R.D. 1627/97.

El contratista adjudicatario deberá adoptar las precauciones necesarias para garantizar la seguridad de las personas que transiten por la zona de obras y sus proximidades. Prestará especial atención a la seguridad del tráfico rodado, a las líneas eléctricas provisionales y a las grúas y máquinas cuyo vuelo afecte a vías de comunicación.

Se aplicarán las defensas necesarias contra desprendimientos en laderas, pozos o zanjas.

Todos los equipos de trabajo, propios o alquilados, que el contratista adjudicatario introduzca en la obra tendrán certificado de conformidad con el R.D. 1644/08 (marcado CE) o adecuación según RD 1215/97.

Cualquier modificación del programa de obra de los trabajos tanto en medios humanos como materiales deberá ser autorizada por escrito por el Departamento de Apoyo a la Construcción.

Red Eléctrica no se responsabilizará de los daños ocasionados a terceros, que excedan de los considerados normales en este tipo de trabajos, los cuales serán responsabilidad y por cuenta del contratista adjudicatario.

Todas las grúas que se utilicen deberán disponer de limitador de carga.

Se interrumpirán los trabajos cuando exista riesgo de tormenta eléctrica en la zona.

Al final de la jornada se retirarán todos los materiales, maquinaria y útiles que sean posibles, por tanto, no deberán existir en obra estos elementos si no van a ser usados durante la jornada de trabajo.

Cuando sea necesario, se designarán vigilantes diurnos y nocturnos.

Se evitará en la medida de lo posible apilar elementos pesados cerca de las excavaciones, que puedan provocar desprendimientos por sobrecarga. Los productos de excavación, así como los materiales que hayan de acopiarse en las inmediaciones, se colocarán lo más distantes posibles del borde de la zanja y como mínimo a una distancia igual a la profundidad de la misma, y siempre superior a 2 m del borde de la zanja.

Deberá señalizarse convenientemente la presencia de las obras para organizar de manera adecuada la circulación de vehículos, maquinaria y personas. Esto se realizará por medio de vallas, banderolas, conos, luces reflectantes, señalización horizontal y vertical, regulación de semáforos, etc. y atendiendo a las indicaciones de los organismos y servicios afectados y de Red Eléctrica.

La gestión de las afecciones con los organismos y servicios afectados será por cuenta del contratista adjudicatario, siendo responsabilidad de Red Eléctrica la tramitación de las autorizaciones necesarias.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

En los pasos de vehículos o personas se instalarán sobre la zanjas “pasos” de suficiente resistencia debidamente señalizados y asegurados según se indique en el plan de seguridad de la instalación. Si las obras se realizan en instalaciones en servicio, se debe garantizar el libre acceso a todas las zonas de la instalación en las que existan elementos en servicio.

Si las obras obstruyen desagües, se construirán unos provisionales y estos se mantendrán limpios en todo momento.

Los mínimos anchos para las vías de circulación serán de 3.000 mm para sentido único y 6.000 mm para sentido doble.

Las bocas de riego, hidrantes, tapas de arquetas de servicios, etc., deberán quedar libres en un radio de 3.000 mm.

El contratista adjudicatario es responsable de orden, limpieza y limitación de uso de suelo de las obras objeto del contrato. Deberá adoptar a este respecto, a su cargo y responsabilidad, las medidas que le sean señaladas por las autoridades competentes y por la representación de Red Eléctrica para causar los mínimos daños, así como el menor impacto en:

- Caminos, acequias, canales de riesgo y, en general, a todas las obras civiles que cruce la línea o que sea necesaria cruzar y/o utilizar para acceder a las obras.
- Plantaciones agrícolas, pastizales y cualquier masa arbórea o arbustiva.
- Formaciones geológicas, monumentos, yacimientos, reservas naturales, etc.
- Cerramiento de propiedades ya sea natural o de obra, manteniéndolas en todo momento según las instrucciones del propietario, en evitación de la entrada o salida de ganado.

La subcontratación de actividades deberá tener siempre la aprobación previa y por escrito de Red Eléctrica y seguirá el proceso establecido en la normativa interna de Red Eléctrica.

El proceso de certificación de los trabajos realizados por el contratista adjudicatario se efectuará según las indicaciones en las guías de cumplimentación del programa de puntos de inspección vigentes.

La gestión para conseguir el permiso de los propietarios o responsables en el acceso a las zonas de trabajo será responsabilidad del contratista adjudicatario con independencia del apoyo que pueda prestarle Red Eléctrica.

El Contratista adjudicatario deberá atender las exigencias que impongan los Organismos competentes o propietarios en cuanto a horarios y sistemas de seguridad exigidos por éstos, entendiéndose como mínimos los recomendados por el Estudio de Seguridad de Red Eléctrica para la instalación en cuestión y sin que ello conlleve extra costes para Red Eléctrica. En cualquier caso, éstos deberán estar recogidos en el Plan de Seguridad.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Transporte, gestión y acopio de materiales

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/17.10.11.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

El contratista adjudicatario será responsable del transporte y acopio de los materiales.

Se cuidará que el material transportado, tanto en la carga como en la descarga, no sufra arañazos o golpes que puedan deteriorarlo. Se tendrá especial cuidado de que los materiales acopiados no estén en contacto con tierras o materias orgánicas.

A requerimiento de Red Eléctrica, el contratista adjudicatario comunicará al Departamento de Apoyo a la Construcción el material colocado en obra y el inutilizado

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Medios mecánicos y herramientas

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

El contratista adjudicatario aportará toda la herramienta necesaria, que estará suficientemente dimensionada para el tipo de trabajo a realizar en previsión de rotura y accidente. El equipo estará compuesto por máquina de frenado, rodillos, cables piloto, cabrestante, mordazas, tiraderas, etc.

El Departamento de Apoyo a la Construcción podrá exigir el cambio de cualquier tipo de herramienta, por no considerarla en buenas condiciones, poco segura o inadecuada para la realización del trabajo a que estén destinadas.

Cabrestantes

Los cabrestantes se utilizarán para tirar del mandril por medio de pilotos auxiliares y estarán accionados por motor autónomo. En la placa de características se indicará su fuerza de tracción. Dispondrá de rebobinadora para los cables piloto. También deberá disponer de dispositivo de parada automática e indicador de tiro. Deberá cumplir con lo estipulado en el RD 1215/97, marcado CE o la legislación correspondiente en vigor.

Antes del inicio de los trabajos, se procederá al calibrado del limitador de tiro, el cual se realizará en función de las tracciones a realizar. Los valores de tracción y la velocidad de paso del madril, serán los indicados por el fabricante, y no podrán ser rebasados bajo ninguna circunstancia.

Grúas

Las grúas deberán ser autopropulsadas, con capacidad y altura suficiente para realizar con corrección las maniobras. Deberán llevar en lugar visible, la placa de características y marcado CE.

Se comprobará el estado de las grúas cada vez que vayan a usarse.

Equipos y medios de excavación

Los equipos y medios de excavación cuando se requiera deberán ser autopropulsados

Cuando sea necesario, el contratista adjudicatario dispondrá de equipos de excavación como martillos, compresores, grupos electrógenos y todos aquellos que fueran necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.

Todos los equipos y medios mecánicos y eléctricos empleados deberán llevar en lugar visible, la placa de características y marcado CE.

Se comprobará el estado de los equipos y medios empleados cada vez que vayan a usarse.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Replanteo y accesos

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Replanteo

Se procederá a realizar el replanteo de la obra según la documentación constructiva entregada y la normativa de Red Eléctrica, comprobando las coordenadas que definen el trazado de la instalación, comprobando los servicios afectados y las posibles interferencias.

Para verificar la existencia de servicios el contratista adjudicatario realizará un estudio georadar a lo largo de toda la traza y realizará las calas que sean necesarias.

Se realizarán obligatoriamente calas, como mínimo en todos los emplazamientos de cámaras de empalme, conducciones de aguas, gas, electricidad y servicios telefónicos.

Las dimensiones mínimas de las calicatas serán 700x1.500x1.500mm.

Accesos

Todos los accesos necesarios para la ejecución de los trabajos, serán realizados de forma que se ocasionen los menores daños posibles. En estos trabajos se considerarán incluidos las talas y desbroces necesarios para la correcta ejecución de la instalación.

Se deberá reponer el terreno a su estado original al finalizar los trabajos, salvo indicación por escrito del Departamento de Apoyo a la Construcción.

El acceso a la zanja se realizará atendiendo a las indicaciones de los organismos y servicios afectados y de Red Eléctrica.

Para aquellos trazados ubicados en fincas de cultivo, prados, pinares, etc., o que resulte necesario atravesar dichos lugares para acceder a la zona de realización de los trabajos, el contratista adjudicatario deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Señalización del acceso por medio de cintas, de manera que todos los vehículos realicen su entrada y salida por un mismo lugar y utilizando una sola rodadura.
- Causar los mínimos daños en la propiedad, ajustándose en todo momento a lo acordado entre los propietarios afectados, Red Eléctrica y el contratista adjudicatario.
- Mantener cerrados en todo momento las propiedades atravesadas cuando sea preciso, a fin de evitar la entrada y salida de ganado.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Excavación

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Se procederá a realizar la limpieza, talas, desbroce incluida la retirada de tocones del terreno, retirada de vallas y demás impedimentos encontrados para hacer la obra. La capa de tierra vegetal que se vaya a usar en la reposición de terreno, deberá ser cuidadosamente apilada para su posterior uso. Se pondrá especial cuidado en no mezclarla con materiales extraños que la puedan contaminar.

La excavación será realizada por medios mecánicos o manuales, siguiendo las instrucciones del Departamento de Apoyo a la Construcción.

Las dimensiones de las excavaciones serán las especificadas en los planos y, en cualquier caso, las indicadas por el Departamento de Apoyo a la Construcción. Estas dimensiones tendrán la consideración de mínimas.

Las demoliciones de pavimentos, actuaciones en zonas verdes o ajardinadas se realizarán de acuerdo con las normativas de los organismos y servicios afectados y de Red Eléctrica.

Se prohíbe de forma expresa el empleo de maquinaria y herramientas que causen contaminación acústica por sobrepasar los niveles especificados en la legislación vigente.

En el caso de ser necesario el corte de pavimento asfaltado para la ejecución de la zanja, este corte será realizado mediante cortadora disco, procediendo a la demolición del pavimento por los medios habituales.

Todos los adoquines, bordillos, piezas de hormigón y demás elementos susceptibles de ser reutilizados serán apilados con el mayor cuidado posible dentro de la zona señalizada de obras.

En el caso de atravesar jardines, se intentará aprovechar al máximo la vegetación afectada.

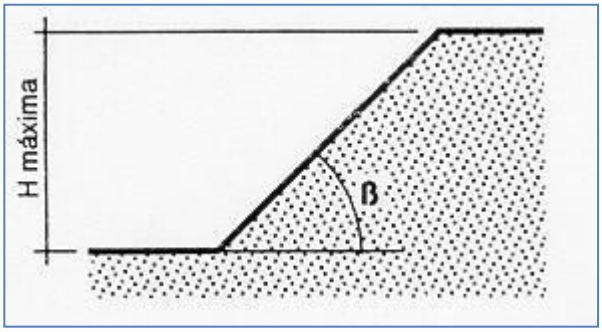
Todos los materiales extraídos y que no vayan a ser reutilizados, serán trasportados a un vertedero autorizado.

Se deberá entibar toda excavación que tenga una profundidad igual o superior a 1,30 m y aquellas que aún teniendo una profundidad menor se realicen en terrenos no consolidados o de relleno, según se indica en el plan de seguridad de la instalación empleando el tipo de entibación adecuado a las cargas que deba de soportar, de tal manera que garantice la integridad de las personas y objetos que se encuentren en la obra y en sus alrededores.

En toda excavación que tenga una profundidad igual o superior a 1.30 m, en la que haya operarios trabajando en su interior, se mantendrá uno de retén en el exterior, que podrá actuar como ayudante de trabajo y dará la alarma en caso de producirse alguna emergencia.

Se podrá sustituir la entibación por un talud, si se realizase un estudio detallado de la capacidad portante del terreno, así como su composición y plasticidad, para definir las características del talud necesario según cuadro Fig.2. Dichas medidas deberán ser incluidas en el plan de seguridad y salud de la instalación.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos



Ángulo de talud

Tipo de terreno	Angulo de talud β	Resistencia a compresión simple Ru en kg/cm²				
		0,250	0,375	0,500	0,625	≥ 0,750
Arcilla y limos muy plásticos	30	2,40	4,60	6,80	7,00	7,00
	45	2,40	4,00	5,70	7,00	7,00
	60	2,40	3,60	4,90	6,20	7,00
Arcilla y limos de plasticidad media	30	2,40	4,90	7,00	7,00	7,00
	45	2,40	4,10	5,90	7,00	7,00
	60	2,40	3,60	4,90	6,30	7,00
Arcilla y limos poco plásticos, arcillas arenosas y arenas arcillosas	30	4,50	7,00	7,00	7,00	7,00
	45	3,20	5,40	7,00	7,00	7,00
	60	2,50	3,90	5,30	6,80	7,00
		(H máx. en m)*				

Profundidad máxima permitida

Durante la realización de los trabajos en presencia de agua, se instalarán y mantendrán los achiques necesarios para la correcta ejecución de los trabajos. En caso de situaciones especiales se recurrirá al empleo de sistemas de drenaje especiales. No se dispondrán drenajes definitivos sin la aprobación del Departamento de Apoyo a la Construcción.

Para el paso de carreteras, autovías y ferrocarriles de procederá a realizar la excavación mediante perforación dirigida u otros métodos, siempre que esto sea técnicamente posible, definiendo en cada caso la actuación a realizar y los medios necesarios. Este procedimiento deberá ser aprobado por Red Eléctrica.

Todos los servicios descubiertos deberán de quedar perfectamente identificados y soportados para evitar todos los daños posibles. Si durante los trabajos se ocasionan averías en canalizaciones ajenas, se repararán de forma provisional y con carácter urgente, para luego, y siguiendo las instrucciones de la compañía propietaria, proceder a la reparación definitiva.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Cualquier daño producido a terceros será comunicado por escrito y de inmediato al propietario de la instalación y al Departamento de Apoyo a la Construcción.

En el caso de que durante el proceso de excavación surgiera cualquier anomalía no prevista se comunicará al Departamento de Apoyo a la Construcción y deberá ser definida por Red Eléctrica una nueva excavación, vía solicitud de modificación del diseño (SMD).

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Colocación de tubos

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Previo a la colocación de los tubos, se realizará la comprobación y corrección de la rasante del fondo de la zanja así como las dimensiones de la misma. No se admitirán desviaciones superiores al 3%.

Los tubos en los que se alojarán los conductores, cables de tierra y telecomunicaciones, serán dispuestos en la zanja según la documentación constructiva de la obra, colocando un separador con la frecuencia indicada. Los separadores deberán quedar verticales de forma que el testigo del hormigón quede en su posición más elevada.

Las características de los tubos y de sus empalmes están definidas en la documentación constructiva de la obra y normativa vigente de Red Eléctrica.

Los tubos serán unidos entre sí con los empalmes definidos a tal efecto, asegurándose antes de colocar el empalme que no existe ningún objeto extraño en su interior.

Al terminar la jornada de trabajo se deberán dejar los extremos de los tubos tapados con el fin de evitar la entrada de elementos extraños.

Durante el montaje de los tubos y siempre antes del hormigonado, se irá colocando en el interior de cada uno de ellos una cuerda guía de nylon continua entre cámaras de empalme, es decir, sin ningún tipo de nudo o unión. Esta cuerda será de diámetro 10 mm y como mínimo 10 kN de carga de rotura para tubos destinados a conductores y de diámetro 6 mm como mínimo 7,5 kN de carga de rotura para cables de tierra y telecomunicaciones.

No se colocará alrededor del tubo ningún elemento metálico que pueda conformar una espira cerrada alrededor del mismo. En caso de ser imprescindible y previa autorización de Red Eléctrica, se colocará de tal manera que recoja en su interior a todos los conductores del circuito eléctrico con objeto de minimizar las pérdidas por corrientes inducidas, adoptándose las medidas adicionales de protección y puesta a tierra que Red Eléctrica considere necesarias.

No se deberá colocar ningún tubo que presente fisuras, aplastamiento o cualquier tipo de deterioro. Todos los tubos deberán ir sellados en sus correspondientes entradas y salidas de las cámaras de empalme con mortero de cemento. En aquellos casos que se requiera un sellado estanco se elaborará un procedimiento específico.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos.

Relleno y hormigonado de zanjas

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

El hormigón a utilizar será el indicado en la documentación constructiva correspondiente a la zanja ejecutada.

El vertido del hormigón se realizará evitando en todo momento que los tubos sean dañados por esta operación y respetando cronológicamente las siguientes fases:

1. Primera fase. Se verterá una solera de hormigón en el fondo de la zanja, de forma que los separadores queden sujetos en posición vertical de trabajo, dispuestos espacialmente alineados y dejando la terna de tubos corrugados para los conductores y cables de tierra separados según documentación de construcción.

   A continuación, se verterá un tocón de hormigón sobre las juntas y manguitos de empalme de los tubos, de forma que queden cubiertos totalmente.

2. Segunda fase. Transcurridas 24 horas tras la ejecución de la primera fase, se procederá a cubrir por completo con hormigón el banco de tubos. Durante el vertido del hormigón se emplearán los medios o herramientas necesarios para que el hormigón penetre totalmente dentro del haz de tubos, dejando un prisma de hormigón sin bolsas de aire o coqueras, evitando emplear en la medida de lo posible vibradores mecánicos.

   Se deberá prestar especial atención de no verter el hormigón directamente sobre los tubos para evitar deformarlos por efecto del impacto que causa el hormigón al caer desde el camión hormigonera o medio similar empleado para este fin.

3. Tercera fase. Una vez fraguado el hormigón de las fases anteriores se colocarán los tubos destinados a los servicios de telecomunicaciones para hormigonarlos en una tercera y última tongada.

   Se evitará pisar los tubos durante las labores de instalación y hormigonado de los mismos. Se evitará sujetar los tubos al suelo o entre ellos con alambre o cable metálico, estando permitido el empleo de cuerda de nylon para este cometido.

El hormigón cumplirá las características indicadas en la documentación de construcción, adecuándose estas características a los terrenos por los que discurra el trazado. Si fuera necesario añadir aditivos al hormigón, deberá ser autorizado expresamente por Red Eléctrica.

El relleno de zanja habrá de esperar, al menos, 24 horas tras haberse finalizado la tercera fase, salvo autorización de Red Eléctrica.

En función de las características de las tierras excavadas y cuando éstas permitan alcanzar el grado de compactación requerido, se usarán para el relleno de la zanja, retirando a vertedero las tierras sobrantes.

Las tongadas de relleno, no serán superiores a 250 mm y el índice de compactación será el especificado en la documentación constructiva correspondiente, realizándose pruebas de compactación con una frecuencia mínima de un ensayo cada 50 m de zanja.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Si las tierras extraídas no son aptas para el relleno y compactación, se procederá a traer tierra de préstamo para realizar el trabajo.

Los resultados de los ensayos de compactación formarán parte de los registros de calidad del PPI y serán remitidos al Departamento de Apoyo a la Construcción directamente por el laboratorio homologado.

En caso de que alguno de los ensayos de compactación no arrojen los valores requeridos en la documentación constructiva de la obra o no se pudiese constatar la existencia de los citados ensayos, Red Eléctrica determinará las acciones a llevar a cabo, incluido el picado del tramo de canalización que estime pueda estar ejecutado de forma deficiente, siendo responsabilidad del contratista adjudicatario.

No se permitirá el relleno con tierra excesivamente húmeda que impida una correcta compactación.

El hormigonado se suspenderá cuando aparezcan temperaturas inferiores a 4 ºC, salvo autorización del Departamento de Apoyo a la Construcción, haciendo uso de los aditivos adecuados.

Se realizará la señalización de la posición del prisma colocando las cintas de señalización normalizadas para cables subterráneos según se indique en la documentación constructiva

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Reposición de pavimentos y superficies

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

La reposición de pavimentos y superficies no pavimentadas se realizará según las normas de los organismos, servicios afectados y de Red Eléctrica, empleando material nuevo de las mismas características que el existente antes de realizar el trabajo.

Con carácter general la reposición de la capa asfáltica será como mínimo de 70 mm, salvo que los organismos, servicios y Red Eléctrica indiquen lo contrario.

Las losas, losetas, mosaicos, etc. a reponer, serán iguales a las existentes antes del inicio de los trabajos.

No se autorizará la existencia de desniveles entre lo ejecutado y lo existente.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Colocación de cámaras de empalme

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Las características y calidades de las cámaras de empalme serán las indicadas en la documentación constructiva.

Las cámaras de empalme deberán ir colocadas sobre una losa de hormigón armado, incluida malla electrosoldada, con las características definidas en la documentación constructiva, debiendo estar correctamente niveladas. Asimismo, sobre la solera deberá disponerse de una cama de arena fina nivelada y compactada, de acuerdo con la documentación constructiva.

El terreno de los hastiales no deberá contener elementos que puedan dañar el revestimiento exterior de la cámara

La colocación de la cámara se deberá efectuar con una grúa adecuada, ésta se estrobará en los lugares destinados para ello.

Debe tenerse en cuenta que la maniobra de relleno se debe realizar a la mayor brevedad posible, para evitar acumulaciones de agua en el interior de la excavación.

El relleno se hará en una primera fase hasta la parte inferior de los pasamuros, para a continuación realizar el emboquille de los tubos. Una vez terminada esta maniobra, se podrá finalizar el relleno utilizando los materiales definidos en la documentación constructiva.

Para finalizar estas tareas se rellenará el espacio entre la cámara y el terreno, con un espesor mínimo y una capa con grava drenante según se indica en la documentación constructiva.

Las cámaras de empalme estarán diseñadas según se indique en la documentación constructiva, siguiendo los criterios marcados por la EHE-Hormigón Estructural para la clase de exposición ambiental existente en cada caso. Con este objetivo dentro de la documentación constructiva se deberá incluir un estudio geotécnico del terreno para cada cámara a ubicar que permita obtener los siguientes datos:

- Determinación de la agresividad del suelo al hormigón
- Análisis químico del agua comprendiendo las determinaciones indicadas en la vigente instrucción EHE-Hormigón Estructural
- Nivel Freático en el momento de la medida, realizando un sondeo o alternativamente una cala de 4 metros de profundidad, y estimación del nivel freático a futuro

Con el objetivo de que en el proceso de fabricación de las cámaras se empleen los aditivos y tipos de hormigón que mejor se adapten a las características concretas del entorno, deberá emplearse dicha información.

Las cámaras deberán ser estancas, pudiendo emplearse cámaras de diseño constructivo estanco o cámaras convencionales modulares impermeabilizadas, según indique la documentación constructiva.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Colocación de cámaras de empalme

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Se deberá prestar especial atención al sellado de los diferentes módulos prefabricados así como el sellado de todo el conjunto mediante juntas de perfil, cubre juntas y mantas de lámina de polietileno de alta densidad, evitando de este modo la entrada de agua en las mismas.

Una vez colocada la cámara en su sitio se procederá a la conexión de los distintos tubos de la canalización con la cámara. Una vez embocados los tubos se procederá a su sellado.

Las cámaras de empalme dispondrán de una boca de entrada de hombre accesible desde el exterior y dos bocas de ayuda al tendido con sus correspondientes tapas de fundición homologadas con el logotipo de Red Eléctrica, según se trate de instalación en calzada o acera, según se indica en la documentación constructiva.

La entibación, relleno y reposición está sujeta a los mismos condicionados que la zanja de la canalización

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Colocación de arquetas de telecomunicaciones

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Para los cables de telecomunicaciones, se colocarán arquetas intermedias dispuestas conforme a la documentación constructiva.

Los cables de telecomunicaciones no se deberán introducir en las cámaras de empalme de los conductores o cables de tierra para lo cual se realizará un desvío por fuera de la cámara de empalme.

Dentro de los trabajos a realizar para la colocación de cada arqueta se encuentran: la nivelación y rasanteo del fondo de la excavación, relleno de laterales, colocación de la arqueta y acoplamiento de los tubos de la canalización.

Los conductos destinados a telecomunicaciones serán cuatritubos de diámetro 40 mm de color exterior verde, siliconado y estriado en su interior de espesor 3 mm, presión nominal 10 bar y coeficiente de rozamiento menor de 0,08.

La arquetas sencillas se emplearán para facilitar el tendido de los cables de telecomunicaciones y tener puntos intermedios en el caso de averías.

Las arquetas sencillas se instalarán según la tabla adjunta:

INSTALACIÓN ARQUETAS SENCILLAS TELECOMUNICACIONES	
DISTANCIA (M) ENTRE CÁMARAS DE EMPALME / CÁMARA DE EMPALME Y SUBESTACIÓN O CÁMARA DE EMPALME Y APOYO TRANSICIÓN AÉREO-SUBTERRÁNEO	**Nº ARQUETAS SENCILLAS**
≤ 250	**0**
250 < X ≤ 500	**1**
500 < X ≤ 750	**2**
750 < X ≤ 1000	**3**

Las arquetas dobles servirán para albergar las cajas de empalme de los cables de fibra óptica en el caso que sean necesarias y servir de ayuda al tendido.

Se instalarán habitualmente arquetas dobles de telecomunicaciones en cada cámara de empalme, en el inicio y final de la perforación dirigida o hinca, en los apoyos de paso aéreo subterráneo, en las proximidades de los soportes metálicos de los parques tipo intemperie y en los puntos singulares del trazado según la documentación constructiva.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Colocación de arquetas de telecomunicaciones

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Las arquetas de telecomunicaciones se emplearán como “encofrado perdido” rellenado sus laterales tanto paredes como solera con el hormigón indicado en la documentación constructiva. La pared de hormigón deberá ser continua desde el suelo hasta recoger el cerco de la tapa de fundición.

En la base de cada arqueta se dispondrá un hueco sumidero con forma circular para facilitar el drenaje de las aguas que pueda recoger el conjunto.

Debajo de la arqueta se dispondrá una capa de árido para facilitar el drenaje. Entre la base de hormigón de la arqueta y la capa de árido se colocará una lámina de geotéxtil.

Las arquetas dispondrán de las correspondientes tapas de fundición homologadas con el logotipo de Red Eléctrica, según se trate de instalación en calzada o acera, según se indica en la documentación constructiva.

Los cuatritubos destinados a los cables de telecomunicaciones entrarán en las arquetas en el punto medio de la cara menor y de forma perpendicular a ella, a una altura de 250 mm desde el suelo de la arqueta. El corte del prefabricado de fibra para la entrada de los tubos se realizará mediante corona de corte circular. En ningún caso se permitirá romper el prefabricado de fibra a golpes o por cualquier otro medio que no sea el anteriormente descrito.

Los cuatritubos de telecomunicaciones no se cortarán en las arquetas sencillas y se dejarán en paso. El corte del cuatritubo de telecomunicaciones en el interior de las arquetas dobles se efectuará de tal manera que queden 30 cm de tubo sobrante dentro de la arqueta.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Mandrilado de tubos

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Una vez hormigonada la zanja se procederá al mandrilado de todos los tubos en los dos sentidos. El mandril será suministrado por el contratista adjudicatario y se ajustará a la documentación constructiva para cada instalación.

Esta operación se deberá realizar obligatoriamente en presencia del representante de Red Eléctrica en la obra.

El mandril deberá recorrer la totalidad de los tubos y deslizarse por ellos sin aparente dificultad. El mandril deberá arrastrar una cuerda guía que sirva para el tendido del futuro piloto del cable.

Para tirar del mandril se empleará siempre un cable de tipo 6 x 37 +1 de acero galvanizado con una resistencia específica de alambre de 180 kg/mm^2 con un diámetro de 16 mm y una carga de rotura mínima de 136 kN.

El mandrilado se realizará con un cabrestante accionado por motor autónomo o de forma manual.

En ningún caso de empleará una tracción superior a 20 kN para las operaciones de mandrilado.

Para la canalización de potencia, el mandrilado deberá de hacerse en tramos completos de canalización, es decir, entre cámaras de empalme o desde cámara de empalme a subestación.

En el caso de conductos de telecomunicaciones, el mandrilado se hará entre arquetas consecutivas.

En caso de que no se consiga pasar el mandril cumpliendo estas premisas, se comunicará a Red Eléctrica, para que determine las acciones a llevar a cabo que juzgue convenientes, incluido el picado del tramo de canalización que estime pueda estar ejecutado de forma deficiente.

Después del mandrilado se procederá a tapar el tubo para evitar la entrada de cuerpos extraños.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Operaciones complementarias

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Colocación de hitos de señalización

Si la canalización discurre por un entorno rural o periurbano se colocarán en la traza de la línea los hitos de señalización establecidos tal y como se estipula en la normativa interna de Red Eléctrica en vigor.

Apoyos de transición aéreo-subterráneo

A la llegada de la canalización a los apoyos de transición paso aéreo-subterráneo, se realizará un foso debajo de la llegada de la bajante de los cables, de una profundidad igual al radio mínimo de curvatura del cable instalado y una longitud de 5 m medidos a partir de la proyección sobre el terreno de la parte más baja de la bajante y hacia el exterior del apoyo.

Una vez entubados los cables, se rellenará el foso con tierra de relleno seleccionada libre de piedras, cascotes, tierras orgánicas, etc. A una distancia de 700 mm por encima de la rasante de los tubos corrugados se hormigonará una solera armada de 250 mm de espesor con HA 20/P/20 con una cuadrícula de 250 mm x 250 mm con redondos del 4mm, para seguir reponiendo tierras sobre ésta hasta finalizar en la cota final de reposición. La cinta de señalización se colocará siempre por encima de la solera de protección mecánica y como mínimo a 500 mm de la cota final de reposición.

Se realizará una peana en la base de la bajante del apoyo con los tubos embebidos de una altura aproximada de 400 mm sobre el nivel del terreno con hormigón HM 20/P/20. Los tubos de polietileno corrugados sobresaldrán 40 mm por encima de la peana.

Los tubos para cables de acompañamiento, cables de puesta a tierra y de telecomunicaciones se colocarán en la parte interior de cada una de las peanas de la cimentación del apoyo y/o en las arquetas definidas para ello siguiendo la distribución fijada en la documentación constructiva. En el caso de las peanas sobresaldrán 25 cm por encima de ésta y para el caso de las arquetas se seguirá el mismo criterio que en las arquetas dobles de telecomunicaciones.

Una vez realizado el tendido de todos los conductores y cables de fibra óptica, se cortará cada uno de los tubos a 2 cm por encima de la peana y se aplicará un sellador elástico en su parte superior para evitar la entrada de agua.

Los tubos de los conductores que recogen la bajante del apoyo, serán sellados mediante un mortero de baja retracción.

Parque de intemperie

A la llegada de la canalización a los soportes de las botellas terminales, se realizará un foso de similares características al descrito para apoyos de transición aéreo-subterráneo, con la diferencia de que los cables llegarán cada uno a un soporte distinto, lo que condicionará las dimensiones del foso. Éste tendrá una profundidad igual al radio mínimo de curvatura para el conductor instalado y una longitud suficiente

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

que permita separar cada uno de los conductores de cada circuito para enfrentarlos a los soportes de forma adecuada.

En función del ángulo con que se enfrente la canalización a los soportes, se valorará la posibilidad de no realizar un único foso, sino una zanja de similar profundidad para cada uno de los conductores.

Se repondrán las excavaciones de forma idéntica a la descrita para los apoyos de transición aéreo-subterráneo.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Documentación de obra

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

El Departamento de Apoyo a la Construcción entregará al contratista adjudicatario y a la dirección técnica antes del inicio de los trabajos, al menos los siguientes documentos:

- Traza 1:50.000.
- Perfil longitudinal y planta parcelaria.
- Secciones tipo de la canalización.
- Plano de mandriles.
- Plano de separadores.
- Plano de cámaras de empalme.
- Plano de arquetas de comunicaciones.
- Plano de arquetas de ayuda al tendido (si fueran necesarias).
- Planos de detalle de distribución de arquetas y tubos de acompañamiento y telecomunicaciones bajo apoyo de transición aéreo a subterráneo.
- Estudio de seguridad.
- Especificación técnica de las condiciones medioambientales.
- Programa de puntos de inspección personalizado para la obra.
- Normativa interna de Red Eléctrica aplicable.

Documentación a entregar por el contratista adjudicatario:

- Programa de puntos de inspección y registros generados, completados y firmados.
- Certificados de calibración de los EIME empleados.
- Protocolo de disposición de tubos en prisma de hormigín según modelo T183.
- Protocolo de mandrilado de canalización según modelo T184.
- Programa de obra actualizado.
- Datos para las herramientas corporativas de seguimiento y control de avance de obra.
- Planos as-built de planta y perfil longitudinal de la línea subterránea indicando al menos la siguiente información: la ubicación de las cámaras de empalmes, ubicación y profundidad de todos los servicios cruzados, la ubicación de las arquetas de telecomunicaciones, ubicación del apoyo de paso aéreo-subterráneo y disposición de los tubos en la base del apoyo de transición aéreo-subterráneo.

La documentación generada durante la ejecución de los trabajos se enviará en formato electrónico.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Equipos de inspección, medición y ensayo

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Los Equipos de Inspección Medición y Ensayo necesarios para esta actividad son:

- Estación total:
  - Precisión angular horizontal: +/- 2,0 mgon
  - Precisión angular vertical: +/- 2,0 mgon
  - Lectura mínima: 0,5
  - Precisión en distancia: 3 mm+3ppm
- Termómetro:
  - Resolución de 0.1 ºC.
  - Rango: -50 -70ºC.
- Telurómetro:
  - Resolución: 0.5 ohmios

El contratista adjudicatario proporcionará a la obra todos los equipos, maquinaria, útiles, herramientas y EIME para realizar la correcta ejecución y comprobación de los trabajos contratados.

Todos los EIME empleados en la obra deberán estar calibrados y presentar el correspondiente certificado oficial de calibración en obra.

Todos los EIME deberán de ser calibrados anualmente salvo que el periodo de validez de la calibración sea inferior a un año, en cuyo caso se calibrará tantas veces como sea necesario.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Programación de los trabajos

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Previamente al inicio de los trabajos, el contratista adjudicatario deberá preparar una programación de los trabajos a realizar. Esta programación recogerá los medios humanos y materiales a emplear en los trabajos, entregándose al Departamento de Apoyo a la Construcción y a la dirección técnica y supervisión de obra.

Dicha programación deberá recoger como mínimo la duración de las siguientes tareas:

- Trabajos previos.
- Acceso.
- Excavación.
- Colocación de tubos.
- Hormigonado.
- Reposición superficial.
- Cámaras de empalme.

Ante cualquier eventualidad que comprometa la programación de trabajos acordada el contratista adjudicatario enviará al Departamento de Apoyo a la Construcción y a la dirección técnica y supervisión una actualización de esta programación.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Otros requisitos

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Además de las garantías previstas en el vigente ordenamiento jurídico, el contratista adjudicatario garantizará todo su trabajo y suministros realizados, por un período de 12 meses.

La garantía que cubra cualquiera de las partes de la instalación que sea reemplazada o reparada por el contratista adjudicatario bajo las condiciones anteriores, se hará efectiva nuevamente desde la fecha de restitución por el período establecido en las condiciones contractuales del suministro.

La obligación del instalador bajo estas garantías será subsanar, en el menor tiempo posible, todos los defectos de las instalaciones realizadas que produzcan dentro de los 12 meses desde la fecha de su puesta en marcha, con tal de que Red Eléctrica mande al contratista adjudicatario notificación por escrito y pruebas satisfactorias de tal defecto. Si parte de la instalación después de ser investigada resulta ser prueba defectuosa, el contratista adjudicatario cargará con todos los gastos que origine la reparación del defecto.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Normativa aplicable

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

Será de aplicación al menos, la siguiente normativa siempre referida a su última edición:

- Real Decreto 1627/97 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción
- R.D. 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- Estudio de seguridad y salud del proyecto
- Procedimiento o plan de seguridad y salud de la obra
- Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación
- PG-3 Pliego de prescripciones generales para obras de carreteras y puentes
- EHE Instrucción de hormigón estructural
- Real Decreto 3275/1982 de 12 noviembre, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas y centros de transformación
- Real Decreto 223/2008 de 15 febrero, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09

La prevención de riesgos laborales en las obras de construcción se regulará conforme a lo establecido en la normativa interna vigente de Red Eléctrica.

Normativa de Red Eléctrica aplicable, en su última edición en vigor.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

T183. Protocolo de disposición de tubos en prisma de hormigón

Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS1619596222MG3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

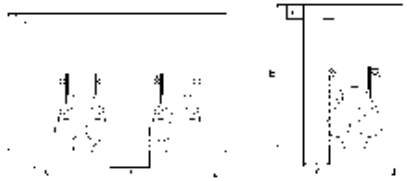
T183.Protocolo de disposición de tubos en prisma de hormigón

Ed.2 Fecha: 17.10.11

Línea:		**REE/ROP:**	
Proyecto:		**Director Técnico:**	
Grafo:		**Contratista:**	

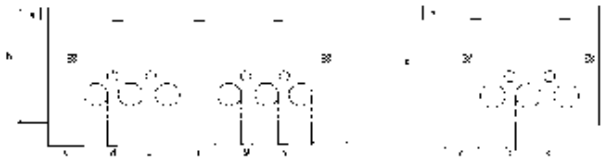
Instalación de cables entre Pk. Y Pk.

Se rellenará un protocolo como mínimo cada 50 metros.



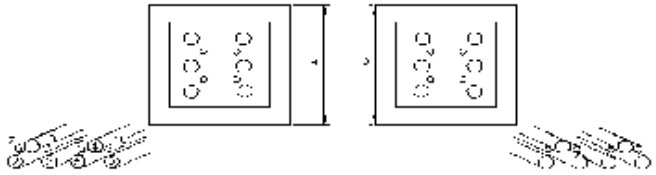
Doble cto. Tresbolillo ☐ Simple cto. Tresbolillo ☐

a	b(máx.)	c(mín.)	d(mín.)	e(mín.)



Doble cto. Capa ☐ Simple cto. Capa ☐

a(mín.)	b(máx.)	c(mín.)	d(mín.)	e(mín.)	f(mín.)	g(mín.)	h(mín.)	i(mín.)



CAMARAS DE EMPALME			
a	b	Espesor solera	Armado solera

Contratista **VºBº** **Director Técnico** **Aprobado por:** **REE/ROP**

(Nombre y firma) (Nombre y Firma) (Nombre y Firma)

Fecha: **Fecha:** **Fecha:**

T184. Protocolo de mandrilado de canalización

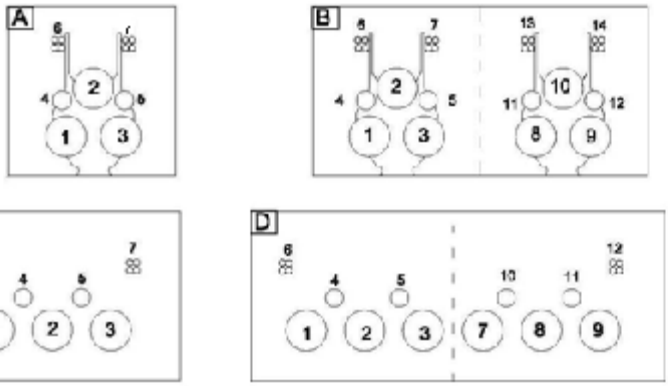
Código:	Edición:	Cancela a:
ET157	**3/ 17.10.11**	**ET157 Ed. 2/18.12.09**

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

T184. Protocolo de mandrilado de canalización

Línea:		**REE/ROP:**	
Proyecto:		**Director Técnico:**	
Grafo:		**Contratista:**	

Mandrilado de canalización entre Pk. inicial y Pk. final



Nº	Disposición (A,B,C,D)	Fecha mandrilado	Tensión* [kN]	Cámara inicial	Cámara final	Nº	Disposición (A,B,C,D)	Fecha mandrilado	Tensión* [kN]	Cámara inicial	Cámara final
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					

** Colocar los KN de la máquina de tiro, y en el caso de mandrilado manual, poner Hombre*

		Tubo potencia	Tubo acompañamiento	Tubo comunicaciones
Dimensiones del mandril (mm)	Longitud			
	Diámetro cabeza anterior (mm)			
	Diámetro cabeza posterior (mm)			

Contratista (Nombre y firma)	**VºBº**	**Director Técnico** (Nombre y Firma)	**Aprobado por:**	**REE/ROP** (Nombre y Firma)
Fecha:		**Fecha:**		**Fecha:**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TÍTULO:

Ensayos de puesta en servicio de líneas eléctricas subterráneas de transporte en actividades de construcción

DATOS DE CONTROL:

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

Unidades Implicadas: **Dirección de Construcción**

GESTIÓN DE LA NORMA:

Responsabilidad:	Aprobación:	Difusión y control:
Dirección de Construcción	**Dirección de Construcción**	**Dirección de Responsabilidad Corporativa y Relaciones Institucionales**
Firma:	Firma:	Firma y fecha: **19.12.11**

OBJETO

Describir las condiciones que han de cumplirse en los ensayos de puesta en servicio de las líneas subterráneas con cables aislados, los cuales se realizarán en la instalación y su finalidad será comprobar que el orden de fases, el tendido del cable, la confección de los accesorios (empalmes y terminales) y el sistema de conexionado de las pantallas se ha realizado correctamente, así como realizar la medición de las impedancias de secuencia directa y homopolar del cable en sus condiciones reales de funcionamiento, la medida de la capacidad y la tan δ del aislamiento.

El alcance de los servicios a los que hace referencia este documento, comprende todos o parte de los siguientes apartados:

- Suministro de materiales, maquinaria, útiles, herramientas y equipos de inspección, medición y ensayo (EIME).
- Gestión de accesos a fincas de particulares.
- Ejecución de accesos.
- Transporte y descarga de los equipos de ensayo.
- Montaje y desmontaje de los equipos de ensayo.
- Elaboración de los protocolos de ensayo.
- Operaciones complementarias.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Ensayos de puesta en servicio de líneas eléctricas subterráneas de transporte en actividades de construcción

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

ACTIVIDADES Y TAREAS

PASO	UNIDAD RESPONSABLE	ACTIVIDADES
10	Departamento de Apoyo a la Construcción	▪ Coordinar con el contratista adjudicatario la tipología de ensayos a realizar en cada instalación.
20	Contratista adjudicatario	▪ Solicitar las autorizaciones para la ubicación de los equipos de ensayo.
30	Departamento de Apoyo a la Construcción	▪ Enviar al contratista las autorizaciones necesarias para dar comienzo a los trabajos.
40	Contratista adjudicatario / dirección técnica y supervisión	▪ Realizar una revisión de todas las herramientas, útiles, maquinaria y EIME a utilizar en el desarrollo de la actividad.
50	Contratista adjudicatario	▪ Ejecutar los ensayos previos a la puesta en servicio acordados, cumplimentando las actas de ensayo conforme indica la normativa de Red Electrica.
60	Dirección técnica y supervisión	▪ Comprobar que todos los trabajos que se realizan cumplen con la normativa de Red Electrica y se ejecutan los trabajos de acuerdo con el plan de seguridad y salud laboral. ▪ Ratificar que las actas de ensayo y documentación generada por el contratista adjudicatario cumplen con la normativa de Red Electrica.
70	Contratista adjudicatario	▪ Retirar los equipos de ensayo autorizados.
80	Contratista adjudicatario	▪ Enviar al Departamento de Apoyo a la Construcción las actas de ensayo según indica la normativa interna de Red Eléctrica.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ANEXOS

1. **FLUJOGRAMA**
2. **CONSIDERACIONES PREVIAS Y DE SEGURIDAD**
3. **PRUEBAS Y ENSAYOS**
4. **DOCUMENTACIÓN DE OBRA**
5. **EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y ENSAYO (EIME)**
6. **PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS**
7. **NORMATIVA APLICABLE**
8. **T285. ACTA DE ENSAYO DE VERIFICACIÓN DEL ORDEN DE FASES**
9. **T286. ACTA DE ENSAYO DE MEDIDA DE RESISTENCIA DEL CONDUCTOR**
10. **T287. ACTA DE ENSAYO DE MEDIDA DE RESISTENCIA DE LA PANTALLA**
11. **T288. ACTA DE ENSAYO DE RIGIDEZ DIELÉCTRICA DE LA CUBIERTA EXTERIOR DEL CABLE**
12. **T289. ACTA DE ENSAYO DE DESCARGAS PARCIALES**
13. **T290. ACTA DE ENSAYO DE TENSIÓN SOBRE AISLAMIENTO**
14. **T291. ACTA DE ENSAYO DE MEDIDA DE LA CAPACIDAD Y MEDIDA DE LA TAN (DELTA)**
15. **T292. ACTA DE ENSAYO DE MEDIDA DE IMPEDANCIAS**
16. **T293. ACTA DE ENSAYO DE VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

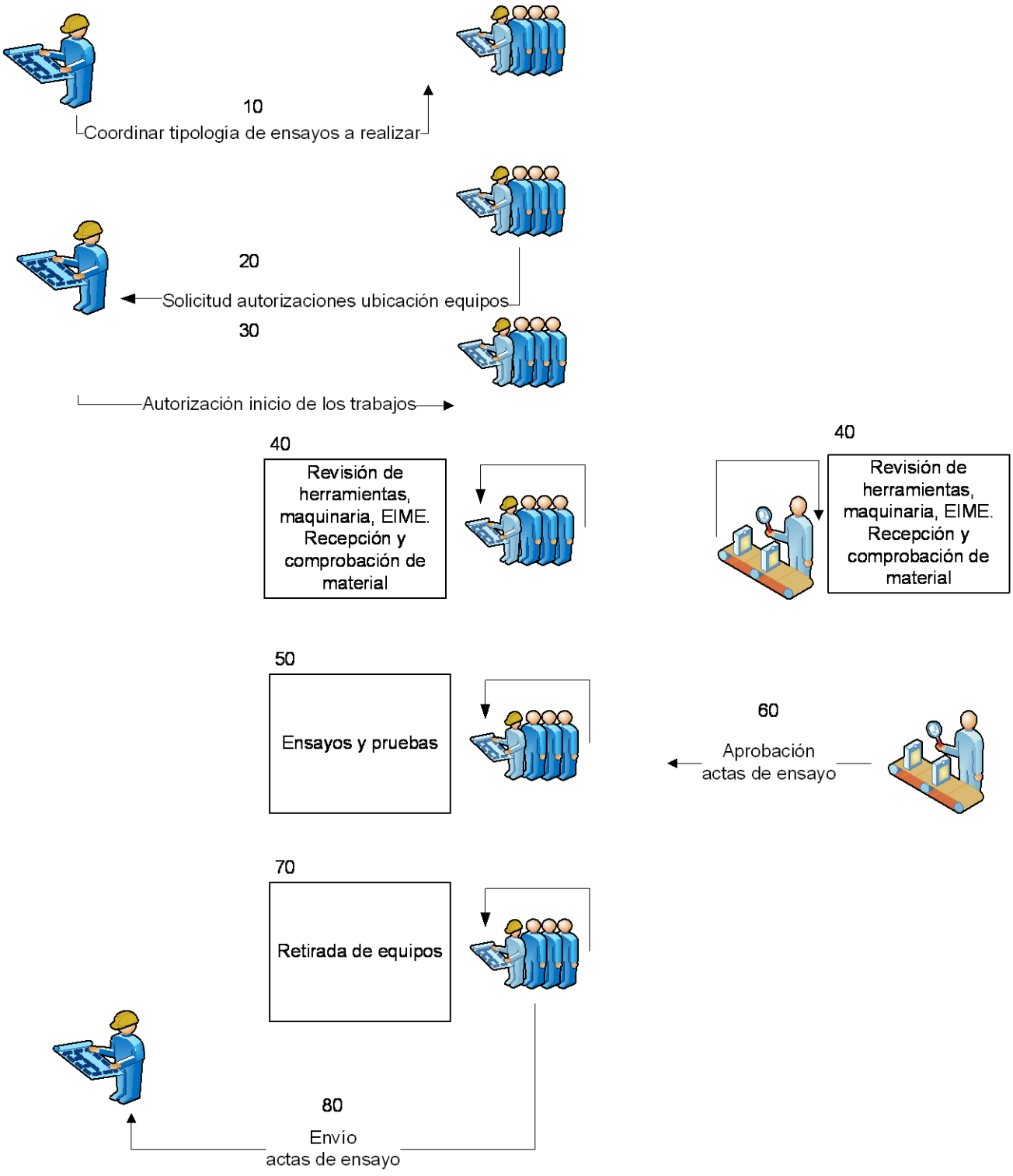
ANEXO 1

DATOS DE CONTROL:

Flujograma

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10..11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

Dpto. de Apoyo a la Construcción	Contratista adjudicatario	Dirección facultativa



COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Consideraciones previas y de seguridad

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

Cualquier comunicación que se realice al Departamento de Apoyo a la Construcción debe realizarse a través de construccion@ree.es o de las herramientas corporativas de seguimiento y control de avance de obras.

El contratista adjudicatario está obligado a cumplir y hacer cumplir el procedimiento o plan de seguridad según R.D. 1627/97.

El contratista adjudicatario deberá adoptar las precauciones necesarias para garantizar la seguridad de las personas que transiten por la zona de obras y sus proximidades. Prestará especial atención a la seguridad del tráfico rodado, a las líneas eléctricas provisionales y a las grúas y máquinas cuyo vuelo afecte a vías de comunicación.

Se aplicarán las defensas necesarias contra desprendimientos en laderas, pozos o zanjas.

El contratista adjudicatario proporcionará a la obra todos los equipos, maquinaria, útiles, herramientas y EIME para realizar la correcta ejecución y comprobación de los trabajos contratados.

Todos los EIME utilizados en la realización de los ensayos deberán estar calibrados y presentar el correspondiente certificado oficial. La selección de dichos equipos asegurará que la tolerancia de la medida será al menos tres veces superior a la incertidumbre del equipo.

Todos los equipos de trabajo, propios o alquilados, que el contratista adjudicatario introduzca en la obra tendrán certificado de conformidad con el 1644/08 (marcado CE) o adecuación según RD 1215/97.

Cualquier modificación del programa de obra de los trabajos tanto en medios humanos como materiales deberá ser autorizada por escrito por el Departamento de Apoyo a la Construcción.

Red Electrica no se responsabilizará de los daños ocasionados a terceros, que excedan de los considerados normales en este tipo de trabajos, los cuales serán responsabilidad y por cuenta del contratista adjudicatario.

Todas las grúas que se utilicen deberán disponer de limitador de carga.

Se interrumpirán los trabajos cuando exista riesgo de tormenta eléctrica en la zona.

Cuando sea necesario, se designarán vigilantes diurnos y nocturnos.

Deberá señalizarse convenientemente el posicionamiento de los equipos de ensayo para organizar de manera adecuada la circulación de vehículos, maquinaria y personas. Esto se realizará por medio de vallas, banderolas, conos, luces reflectantes, señalización horizontal y vertical, regulación de semáforos, etc. y atendiendo a las indicaciones de los organismos y servicios afectados y de Red Electrica.

La gestión de las afecciones con los organismos y servicios afectados será por cuenta del contratista adjudicatario, siendo responsabilidad de Red Electrica la tramitación de las autorizaciones necesarias.

En los pasos de vehículos o personas se instalarán sobre la zanjas “pasos” de suficiente resistencia debidamente señalizados y asegurados según se indique en el plan de seguridad de la instalación. Si las obras se realizan en instalaciones en servicio, se debe garantizar el libre acceso a todas las zonas de la instalación en las que existan elementos en servicio.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Si los equipos de ensayo obstruyen desagües, se construirán unos provisionales y estos se mantendrán limpios en todo momento.

Los mínimos anchos para las vías de circulación serán de 3.000 mm para sentido único y 6.000 mm para setido doble.

Las bocas de riego, hidrantes, tapas de arquetas de servicios, etc., deberán de quedar libres en un radio de 3.000 mm.

El contratista adjudicatario es responsable de orden, limpieza y limitación de uso de suelo de las obras objeto del contrato. Deberá adoptar a este respecto, a su cargo y responsabilidad, las medidas que le sean señaladas por las autoridades competentes y por la representación de Red Electrica para causar los mínimos daños, así como el menor impacto en:

- Caminos, acequias, canales de riesgo y, en general, a todas las obras civiles que cruce la línea o que sea necesaria cruzar y/o utilizar para acceder a las obras.
- Plantaciones agrícolas, pastizales y cualquier masa arbórea o arbustiva.
- Formaciones geológicas, monumentos, yacimientos, reservas naturales, etc.
- Cerramiento de propiedades ya sea natural o de obra, manteniéndolas en todo momento según las instrucciones del propietario, en evitación de la entrada o salida de ganado.

La subcontratación de actividades deberá tener siempre la aprobación previa y por escrito de Red Electrica y seguirá el proceso establecido en la normativa interna de Red Electrica.

El proceso de certificación de los trabajos realizados por el contratista adjudicatario se efectuará según las indicaciones en las guías de cumplimentación del programa de puntos de inspección vigentes.

El contratista adjudicatario deberá realizar todas las conexiones necesarias entre los equipos de medida y la instalación a ensayar.

Si fuese necesaria la realización de trabajos en altura para la colocación de sensores, equipos de medida y cualquier equipo necesario, el contratista adjudicatario deberá aportar los medios y materiales necesarios.

Los ensayos se realizarán sobre el cable con todos sus accesorios instalados debiéndose tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las autoválvulas y los descargadores se deberán desconectar durante la ejecución de los ensayos. Una vez finalizados los ensayos se restituirán las conexiones a su estado inicial.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- En el caso de que la instalación tenga en alguno de sus extremos una subestación eléctrica tipo GIS, previamente a la realización de los ensayos se deberá quitar la conexión interna de la GIS con el cable. Una vez finalizados los ensayos se deberá colocar la conexión interna de la GIS con el cable.
- Red Eléctrica proporcionará el esquema de conexionado de las pantallas de la instalación antes del inicio de las pruebas. Una vez finalizadas éstas y restablecidas las conexiones iniciales, se deberá comprobar que las conexiones realizadas se corresponden con el esquema proporcionado.
- En el caso de que el sistema de conexionado de las pantallas de la instalación fuese tipo “cross-bonding”, se deberá actuar en las cajas de cruzamiento de pantallas (cajas cross-bonding) realizándose una conexión continua de las pantallas a lo largo de toda la longitud de la instalación, no se realizándose transposición de las pantallas.
- La manipulación de las cajas de puesta a tierra del sistema de conexión de las pantallas deberá realizarse por personal cualificado.

Red Eléctrica se reserva la facultad de modificar la planificación en función de los condicionamientos que puedan afectar a los ensayos por causas ajenas.

La gestión para conseguir el permiso de los propietarios o responsables en el acceso a las zonas de trabajo será responsabilidad del contratista adjudicatario con independencia del apoyo que pueda prestarle Red Eléctrica.

El contratista adjudicatario deberá atender las exigencias que impongan los organismos competentes o propietarios en cuanto a horarios y sistemas de seguridad exigidos por éstos, entendiéndose como mínimos los recomendados por el Estudio de Seguridad de Red Eléctrica para la instalación en cuestión y sin que ello conlleve extra costes para Red Eléctrica. En cualquier caso, éstos deberán estar recogidos en el Plan de Seguridad.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Los ensayos a realizar y el orden de los mismos, antes de la puesta en servicio de la instalación, serán los siguientes:

1.- Ensayo de verificación del orden de fases

2.- Ensayo de medida de la resistencia del conductor

3.- Ensayo de medida de la resistencia de la pantalla

4.- Ensayo de rigidez dieléctrica de la cubierta exterior del cable

5.- Ensayo de descargas parciales

6.- Ensayo de tensión sobre el aislamiento

7.- Ensayo de medida de la capacidad

8.- Ensayo de medida de impedancias

9.- Verificación de las conexiones del sistema de puesta a tierra.

Cualquier cambio en el orden indicado de los ensayos deberá ser autorizado por Red Eléctrica.

1. ENSAYO DE VERIFICACIÓN DEL ORDEN DE FASES

El objeto de este ensayo es realizar la comprobación y el timbrado de las fases para asegurar que no ha habido ningún cruzamiento de las mismas durante el tendido o durante la confección de los accesorios.

Red Eléctrica proporcionará al contratista adjudicatario el orden de fases en los extremos de la instalación.

El método para identificar las fases será el siguiente:

- En uno de los extremos de la instalación se conectará a tierra una fase.
- En el otro extremo de la instalación se conecta el megóhmetro entre una de las fases y tierra. Se aplicará una tensión mínima de 500 Vcc y se realizará la medida. Esta misma medida se repetirá con las otras dos fases.
- La menor de las tres medidas corresponderá con la misma fase que se conectó a tierra en el otro extremo de la instalación.
- Este mismo proceso se repetirá poniendo a tierra de las otras dos fases.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

El procedimiento descrito anteriormente no se podrá realizar en el caso de que la instalación tenga en alguno de sus extremos una subestación eléctrica tipo GIS, ya que en los terminales tipo GIS estará quitada la conexión interna de la GIS con el cable, por lo que en este extremo no se podrá conectar a tierra la fase.

En este caso, el método para identificar las fases será el siguiente:

- En el caso de que el sistema de conexionado de las pantallas de la instalación fuese tipo “cross-bonding”, se deberá actuar en las cajas de cruzamiento de pantallas (cajas cross-bonding) realizándose una conexión continua de las pantallas a lo largo de toda la longitud de la instalación, no realizándose la transposición de las pantallas.
- En uno de los extremos de la instalación se conectará a tierra la pantalla correspondiente a una de las fases.
- En el otro extremo de la instalación se conecta el megóhmetro entre la pantalla de una de las fases y tierra. Se aplicará una tensión mínima de 500 Vcc y se realizará la medida. Esta misma medida se repetirá con las pantallas de las otras dos fases.
- La menor de las tres medidas corresponderá con la misma fase que se conectó a tierra su pantalla en el otro extremo de la instalación.
- Este mismo proceso se repetirá poniendo a tierra la pantalla de las otras dos fases.

En el caso de líneas con empalmes, se realizará la identificación del orden de fases (0, 4, 8) siguiendo el mismo método descrito anteriormente entre los extremos de cada tramo de línea comprendido entre dos empalmes, de tal forma que quede comprobada la identificación de las fases tanto en los extremos de la instalación como en todas las cámaras de empalme.

Como parte de este ensayo se deberá comprobar la identificación de los cables concéntricos que van desde los empalmes hasta las cajas de conexionado de las pantallas, comprobando la fase del empalme del que proceden y el extremo de la instalación al que corresponden el conductor exterior y el interior del cable concéntrico.

En el caso de detectarse cualquier error en el orden de fases preestablecido:

- Se localizará el punto de cruzamiento de las fases y se analizarán las causas que ocasionaron dicho cruzamiento.
- Se tomarán las medidas necesarias para restablecer el orden de fases correcto realizándose la reapertura de la canalización, realización de otro cruzamiento o cualquier operación que se precise.
- Se realizará el ensayo nuevamente.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2. ENSAYO DE MEDIDA DE LA RESISTENCIA DEL CONDUCTOR

El objeto de este ensayo es verificar la continuidad del cable y realizar la medida de su resistencia.

Este ensayo no se podrá realizar en el caso de que la instalación tenga en alguno de sus extremos una subestación tipo GIS, ya que en este caso no se podrá realizar la conexión de dos fases entre sí.

El valor de la resistencia del conductor es necesario para realizar el tarado de las protecciones según las condiciones reales de funcionamiento de la instalación.

La metodología para realizar este ensayo será la siguiente:

- En uno de los extremos de la instalación se conectarán dos fases entre sí (fases “0” y “4”).
- En el otro extremo de la instalación entre las dos mismas fases se conecta un miliohmímetro con resolución suficiente como para obtener una medida de al menos la décima de miliohmio.
- Se aplicará una intensidad de al menos 10 A y se realizará la medida.
- Esta misma medida se repetirá otras dos veces: una vez puenteando las fases “4” y “8” y otra puenteando las fases “8” y “0”.
- Denominando A, B y C a los tres valores en ohmios obtenidos de las correspondientes mediciones de resistencia.

A = valor medido de la resistencia de las fases “0” + “4”.

B = valor medido de la resistencia de las fases “4” + “8”.

C = valor medido de la resistencia de las fases “8” + “0”.

Los resultados de la resistencia correspondiente a cada fase, se obtendrán de las expresiones.

R fase “0” = (a + c - b) / 2

R fase “4” = (b + a - c) / 2

R fase “8” = (c + b - a) / 2

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/validacion-de-documentos

En la realización de este ensayo se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En las líneas subterráneas el tipo de instalación de los cables es muy variable: zanja entubada hormigonada, galería, sótanos de subestaciones GIS, extremos de las instalaciones con los cables al aire, por ejemplo en la subida de los cables a la torre de paso aéreo-subterráneo, etc…

  Esta circunstancia dificulta el que la temperatura sea uniforme a lo largo de toda la línea y como norma general se adoptará como temperatura de medida la temperatura ambiente salvo que se disponga de información más precisa.
- La conexión para realizar el puente entre las dos fases deberá realizarse con cable de cobre adecuado a los ensayos. Se deberá realizar la medida de la resistencia óhmica de dicha conexión en cada medida y restarla al valor obtenido. Esto es especialmente importante en tramos de cables cortos.

Criterio de aceptación

La continuidad del cable se considerará aceptable si en ninguna de las tres medidas se obtiene un resultado de impedancia que difiera en más de un 10% con respecto al valor especificado por el fabricante.

En el informe final de ensayos se deberá indicar para cada una de las fases el valor medido en mΩ y mΩ/km de la resistencia del conductor en corriente continua a 20 ºC. Dicho valor se deberá comparar con la resistencia del conductor en corriente continua a 20 ºC según especificación del fabricante indicándose el porcentaje en % de diferencia entre ambos valores.

El valor medido de la resistencia del conductor de cada una de las fases no deberá exceder del 10% del valor especificado por el fabricante.

En el informe final de ensayos se deberá indicar el método empleado para obtener la resistencia del conductor en corriente continua a 20 ºC. Será necesario indicar cómo se ha realizado la corrección por temperatura y cómo se ha tenido en cuenta la resistencia de los cables empleados en las conexiones.

En el caso de detectarse alguna discontinuidad en el cable:

- Se localizará el punto de la discontinuidad, descubriendo el cable en este punto o cualquier operación que se precise.
- Se analizarán las causas y se reparará si fuera posible. Si no fuera posible se establecerán las medidas adecuadas.
- Se realizará el ensayo nuevamente.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3. ENSAYO DE MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE LA PANTALLA

Este ensayo se realizará de forma análoga al realizado para medir la resistencia del conductor, diferenciándose en que se puentearán las pantallas metálicas de dos fases entre sí, en lugar de puentear el conductor.

Criterio de aceptación

La continuidad de las pantallas metálicas se considerará aceptable si en ninguna de las tres medidas se obtiene un resultado de impedancia que difiera en más de un 10% con respecto al valor especificado por el fabricante.

En el informe final de ensayos se deberá indicar para cada una de las fases el valor medido en mΩ y mΩ/km de la resistencia de la pantalla en corriente continua a 20 ºC. Dicho valor se deberá comparar con la resistencia de la pantalla en corriente continua a 20 ºC según especificación del fabricante indicándose el porcentaje en % de diferencia entre ambos valores.

El valor medido de la resistencia de la pantalla de cada una de las fases no deberá exceder del 10% del valor especificado por el fabricante.

En el informe final de ensayos se deberá indicar el método empleado para obtener la resistencia de la pantalla en corriente continua a 20 ºC, indicándose cómo se ha realizado la corrección por temperatura y cómo se ha tenido en cuenta la resistencia de los cables empleados en las conexiones.

En el caso de detectarse alguna discontinuidad en la pantalla:

- Se localizará el punto de la discontinuidad, descubriendo el cable en este punto o cualquier operación que se precise.
- Se analizarán las causas y se reparará si fuera posible. Si no fuera posible se establecerán las medidas adecuadas.
- Se realizará el ensayo nuevamente.

4. ENSAYO DE RIGIDEZ DIELÉCTRICA DE LA CUBIERTA EXTERIOR DEL CABLE

El objeto de este ensayo es comprobar que la cubierta exterior del cable no ha sido dañada accidentalmente durante el transporte, almacenamiento, manipulación o tendido del cable.

Los tipos de cubierta DME 1, DMZ 1 y DMZ 2 que serán en las que se aplique este tipo de ensayo, están definidos en la norma UNE 211 632.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Este ensayo se realizará siempre después de realizar cualquier reparación sobre el cable, cuando se considere que haya podido producirse cualquier deterioro del cable por alguna obra cercana o cuando se sospeche que puede haber presencia de roedores.

Para que este ensayo sea efectivo es necesario que la cubierta exterior tenga un electrodo externo que proporcione un buen contacto de toda la superficie exterior de la cubierta con tierra. Por este motivo, en instalaciones bajo tubo es necesario que la cubierta exterior del cable esté recubierta de una capa de grafito o disponga de una capa exterior semiconductora extruida conjuntamente con la cubierta.

Previamente a la realización del ensayo, en los dos extremos de la instalación, las pantallas metálicas se deberán desconectar y separar de las tomas de tierra. En el caso de que el sistema de conexionado de las pantallas de la instalación fuese tipo “cross-bonding”, se deberá actuar en las cajas de cruzamiento de pantallas (cajas cross-bonding) realizándose una conexión continua de las pantallas a lo largo de toda la longitud de la instalación, es decir, no se realizará la transposición de las pantallas.

Este ensayo se realiza según el apartado 5 de la Norma CEI 60229: mediante un generador portátil, se aplicará una tensión continua de 10 kV entre la pantalla metálica y tierra. La tensión se incrementará de forma progresiva hasta llegar al valor indicado y se mantendrá durante un minuto. En el caso de que la cubierta exterior del cable tenga un espesor inferior a 2,5 mm se aplicará una tensión de 4 kV por mm de espesor, hasta llegar a un máximo de 10 kV.

En el caso de líneas con empalmes, se realizará el ensayo de rigidez dieléctrica de la cubierta exterior del cable siguiendo el mismo método descrito anteriormente entre los extremos de cada tramo de línea comprendido entre dos empalmes.

Es condición indispensable, antes de acceder a las terminaciones de los cables, descargar los mismos de las cargas estáticas almacenadas en el condensador que forma cada conductor activo con los demás y con las envueltas metálicas o pantallas. El procedimiento es poner en cortocircuito y a tierra, las terminaciones de los conductores activos y las envolventes metálicas, antes de cada actuación, o bien mediante la utilización de resistencias de descarga.

Criterio de aceptación.

Durante el período de aplicación de la tensión no debe producirse perforación en la cubierta y la corriente de fuga por fase no debe superar:

- el valor de 2 mA por km de longitud de la línea para cables con cubierta DME 1 y DMZ 1
- el valor de 5 mA para cables con cubierta DMZ 2

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

En el caso de producirse una perforación en la cubierta del cable o la corriente de fuga supera el valor establecido:

- Se localizará el punto de la discontinuidad, descubriendo el cable en este punto o cualquier operación que se precise.
- Se analizarán las causas y se reparará si fuera posible. Si no fuera posible se establecerán las medidas adecuadas.
- Se realizará el ensayo nuevamente.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5. ENSAYO DE DESCARGAS PARCIALES

El ensayo de descargas parciales es una técnica de detección de defectos y fenómenos de deterioro en el seno del aislamiento que, en función de la magnitud que tengan pueden provocar a la tensión de servicio o ante sobretensiones en la red:

- La perforación del aislamiento.
- La perforación del aislamiento como resultado de un proceso progresivo de deterioro y envejecimiento en servicio.

Existen dos sistemas para realizar el ensayo de descargas parciales:

- El sistema convencional de medida de descargas parciales, basado íntegramente en la norma UNE-EN 60270 y consistente en la conexión de un condensador de acoplamiento en serie con una impedancia de medida o cuadripolo en uno de los extremos de la línea, únicamente proporcionará buena sensibilidad de medida en caso de líneas de poca longitud (inferior a 2 km) y en condiciones favorables de ruido externo.

  Mediante este sistema es posible detectar las descargas parciales originadas en cualquier elemento de la línea, bien sea cable, empalme o terminal, cuya localización puede ser determinada mediante sistemas expertos disponibles en el propio sistema de medida.
- El segundo sistema consiste en asumir que las descargas parciales sólo pueden proceder del montaje de los accesorios puesto que todos los elementos han sido ya probados en fábrica y centrar la medida en ellos. Con este objetivo, se colocan sensores individuales en cada uno de los accesorios y se realiza la medida local.

  Las señales de descargas parciales se pueden detectar a altas frecuencias VHF (desde 1 MHz hasta 20 MHz) mediante sensores inductivos instalados en los cables que conectan la pantalla del cable objeto de ensayo con tierra, ya sea en los empalmes como en los terminales. La componente de alta frecuencia de las descargas medidas sufre una atenuación a tener en cuenta cuando el aislamiento es sólido o líquido, lo que permite una localización más precisa del origen de la descarga dependiendo de la frecuencia utilizada en la medida.

  La sensibilidad del método por VHF es comparable a la que se tiene por el método convencional. La razón de utilizar frecuencias altas es porque mejora así la relación señal/ruido tan crítica en las medidas in situ.

De manera previa a la realización del ensayo se realizará la calibración indirecta del sistema de medida mediante inyección de pulsos con calibrador de referencia.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Para la calibración de los terminales se colocará el sensor en la pantalla cerca del terminal y mediante la unidad de calibración se inyectará al sensor, cuya salida estará conectada al equipo de medida, generando un pulso de calibración de 10 pC, obteniéndose la constante de calibración asociada a cada unidad de medida con su sensor asociado. Para la calibración de los empalmes se procederá de manera similar.

Se deberá comprobar el rango de frecuencias en el que la constante de calibración se mantiene invariable. Éste será el rango de frecuencia que se podrá utilizar durante las medidas.

Las medidas de las descargas parciales en campo, se realizan tomando como base las normas UNE-EN 60270, UNE EN 60885-2 y UNE EN 60885-3.

El procedimiento para realizar el ensayo tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- La generación de la tensión de ensayo para la medida de las descargas parciales se realizará mediante un generador resonante de frecuencia variable en corriente alterna.
- La onda de tensión será prácticamente sinusoidal y de frecuencia comprendida entre 20 y 300 Hz.
- La tensión de ensayo se elevará escalonadamente hasta la tensión de pre-stress que se mantendrá durante 10 segundos. A continuación se reducirá lentamente el nivel de tensión hasta la tensión de ensayo a la que se realizará la medida de las descargas parciales.

  En la siguiente tabla se muestran los valores de las tensiones en función de la tensión del cable:

Tensión del cable (U_0/U)	Tensión de pre-stress (kV)		Tensión de ensayo (kV)	
36/66 kV	1,75 xU_0	63	1,5 x U_0	54
76/132 kV	1,75 x U_0	133	1,5 x U_0	114
127/220 kV	1,5 x U_0	190	1,4 x U_0	178
220/400 kV	1,5 x U_0	330	1,4 x U_0	308

- La duración del ensayo será la mínima necesaria para cada medida, teniendo en cuenta que será necesario repetir el proceso tantas veces como accesorios haya en la línea.
- Tras la aplicación de tensión de ensayo se detectará el rango de frecuencias en el que se consiga optimizar la relación señal/ruido, normalmente entre 1 y 10 MHz, rango de mayor actividad de las descargas parciales.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Se identificarán señales externas tales como el efecto corona o los pulsos generados por el convertidor de frecuencia del sistema resonante teniendo en cuenta que las señales de origen remoto se observan a bajas frecuencias ya que llegan al sensor atenuadas en su desplazamiento a lo largo del cable.
- Se podrán utilizar, en la medida de lo posible, antenas o filtros para la eliminación de perturbaciones externas.
- Si aparecen valores de descargas parciales significativos, una vez superado el valor de tensión de servicio de la línea se deberá bajar este hasta obtener el valor en el cual desaparecen las descargas (punto de tensión de apagado de las descargas). Este valor de tensión se consignará en el informe del ensayo.

Criterio de aceptación

Las medidas de descargas parciales no deberán superar el nivel máximo admisible de 10 pC o en su defecto, el mínimo umbral de ruido existente durante las medidas.

Si se detectan niveles de descargas parciales superiores a los admitidos, se procederá a la detección más exacta posible del tipo y foco de descargas, para se pueda proceder a subsanar el defecto que las provoca. Tras la reparación se repetirá de nuevo el ensayo.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6. ENSAYO DE TENSIÓN SOBRE EL AISLAMIENTO

El objeto de este ensayo es examinar el aislamiento del cable y de los accesorios.

En este ensayo es necesario aportar una elevada potencia reactiva, circunstancia que obliga a utilizar sistemas alternativos a los empleados habitualmente en los laboratorios, que permitan compensar eléctricamente la capacidad del cable.

Dichos sistemas son los denominados sistemas resonantes, basados en buscar el estado de resonancia en el circuito de ensayo en el que la parte capacitiva del circuito es el cable.

Los sistemas resonantes que se pueden emplear son:

- Sistemas de compensación por medio de reactancias de alta tensión
- Sistemas de compensación por medio de reactancia variable
- Sistemas de compensación por medio de frecuencia variable (frecuencia de resonancia)

Este ensayo se realiza de la siguiente forma:

- Mediante un generador resonante de frecuencia variable en corriente alterna se aplicará un valor eficaz de tensión según la tabla siguiente:

Tensión del cable (u_0/u)	Tensión de ensayo (kV)	
36/66 kV	2,0 x u_0	72
76/132 kV	1,7 x u_0	130
127/220 kV	180	
220/400 kV	260	

- La tensión se incrementará de forma progresiva hasta llegar al valor indicado y se mantendrá durante una hora.
- La onda de tensión será sinusoidal y de frecuencia comprendida entre 20 y 300 Hz.
- La fluctuación de la tensión de ensayo durante el tiempo de aplicación no deberá ser superior al 5%, según se indica en la norma UNE-EN 60060-3, con respecto al valor especificado.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La longitud máxima de cable que se puede ensayar depende de la capacidad del cable, reactancia del equipo de ensayo, tensión de ensayo y frecuencia de ensayo.

Si debido a la longitud de cable a ensayar no fuera posible la realización del ensayo con un solo generador, el ensayo se realizará acoplando otros generadores resonantes en serie o en paralelo. Para cada caso concreto, el contratista adjudicatario informará a Red Eléctrica sobre la manera más adecuada de realizar el ensayo.

En función de la capacidad de los cables a ensayar, el contratista adjudicatario estudiará la posibilidad de realizar el ensayo simultáneamente sobre las tres fases de un circuito, o secuencialmente fase a fase.

Este ensayo se podrá realizar conectando la instalación a la tensión de la red, sin carga, durante 24 horas. Este método alternativo deberá ser aprobado por Red Eléctrica.

En el caso de que se tenga que realizar este ensayo sobre cables que hubieran estado en servicio previamente, los valores de tensión a aplicar podrían reducirse. En este caso el valor de tensión a aplicar deberá ser aprobado previamente por Red Eléctrica.

Criterio de aceptación

Para que el resultado del ensayo sea válido no deberá producirse ninguna perforación en el cable ni en los accesorios.

En el caso de producirse una perforación del cable:

- Se localizará el punto de la discontinuidad, descubriendo el cable en este punto o cualquier operación que se precise.
- Se analizarán las causas y se reparará si fuera posible. Si no fuera posible se establecerán las medidas adecuadas.
- Se realizará el ensayo nuevamente.

7. ENSAYO DE MEDIDA DE LA CAPACIDAD Y TAN δ

Para cada una de las fases se deberá medir la capacidad entre el conductor y la pantalla metálica y la tan(δ).

Este ensayo se deberá realizar a la tensión de fase U_0 con una frecuencia lo más próxima posible a 50 Hz. La tensión de ensayo se aplicará mediante un generador resonante de frecuencia variable en corriente alterna y con objeto de conseguir una frecuencia lo más próxima a 50 Hz, se podrán emplear bobinas adicionales.

El valor medido de la capacidad es necesario para realizar el tarado de las protecciones según las condiciones reales de funcionamiento de la instalación.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

En el informe final de ensayos, se deberá indicar para cada una de las fases, el valor medido en μF y $\mu F/km$ de la capacidad de cada fase. Dicho valor se deberá comparar con la capacidad y tan(δ) según especificación del fabricante indicándose el porcentaje en % de diferencia entre ambos valores.

8. ENSAYO DE MEDIDA DE IMPEDANCIAS

El objeto de este ensayo es realizar una serie de medida de impedancias que nos permita obtener la impedancia en secuencia directa y la impedancia homopolar de la instalación.

El valor medido de las impedancias es necesario para realizar el tarado de las protecciones según las condiciones reales de funcionamiento de la instalación así como para diferentes estudios de operación y de planificación.

En el caso de que la instalación tenga en alguno de sus extremos una subestación tipo GIS, con objeto de poder poner a tierra cada una de las fases, se deberá instalar la conexión interna de la GIS con el cable. Como dicha conexión interna debe estar desinstalada en la realización del ensayo de descargas parciales, del ensayo de tensión sobre el aislamiento y del ensayo de medida de la capacidad, este ensayo se deberá realizar después de los ensayos anteriores.

Este ensayo se realizará con el esquema de conexionado de las pantallas previsto para la instalación en servicio.

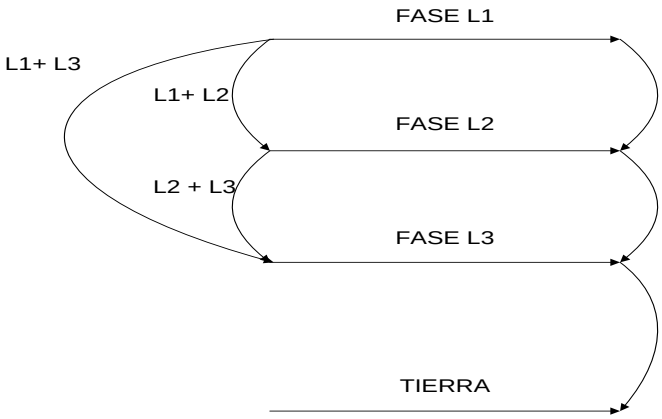
En el caso de instalaciones con un sistema de conexionado de las pantallas tipo “cross-bonding”, en el que previamente a la realización de los ensayos de los apartados anteriores ha sido necesario realizar una conexión continua de las pantallas a lo largo de toda la longitud del cable, se deberán restablecer las conexiones del sistema de conexionado de las pantallas.

La metodología para realizar este ensayo será la siguiente:

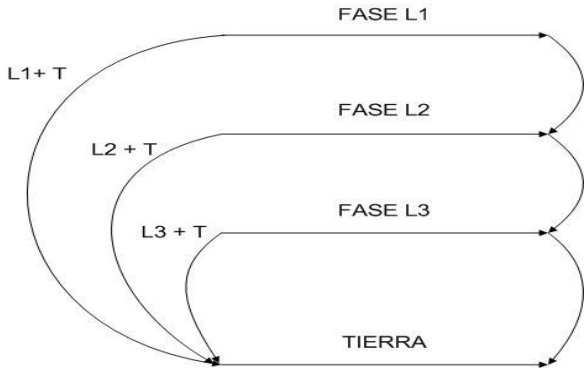
- En uno de los extremos de la instalación se conectará a tierra cada una de las fases.
- En el otro extremo de la instalación se aplicará corriente alterna con una fuente regulable y se realizarán las siguientes medidas:

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado nº: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

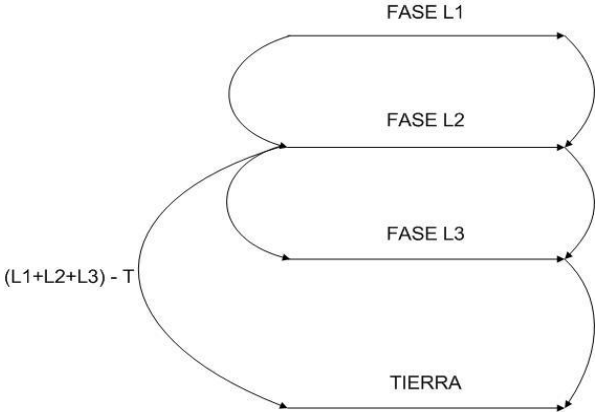
1. Impedancia l1-l2 ($z_{l1}+z_{l2}$), impedancia l2-l3 ($z_{l2}+z_{l3}$) e impedancia l1-l3 ($z_{l1}+z_{l3}$)



2. Impedancia l1-t (zl1+zt), impedancia l2-t (zl2+ze) e impedancia l3-t (zl3+ze).



3. Impedancia l1+l2+l3-t (zl1//zl2//zl3+zt)



COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Todas las medidas se realizarán con una fuente de intensidad alterna a diversas frecuencias próximas a 50 Hz y después se realizará la extrapolación a la frecuencia de 50 Hz. La extrapolación de la parte inductiva se deberá realizar en mH, nunca en mΩ.
- De todas las impedancias medidas se deberá indicar el valor de la parte resistiva y de la parte inductiva en mΩ.

A partir de las medidas anteriores se podrá obtener:

- Impedancia de secuencia directa z_1

$$Z_1 = \frac{1}{2} \times \frac{medida(L_1 + L_2) + medida(L_2 + L_3) + medida(L_1 + L_3)}{3}$$

- Impedancia homopolar z_0

$$Z_0 = 3 \times medida(L_1 + L_2 + L_3 - T)$$

En la realización de este ensayo se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En las líneas subterráneas el tipo de instalación de los cables es muy variable: zanja entubada hormigonada, galería, sótanos de subestaciones GIS, extremos de las instalaciones con los cables al aire, por ejemplo en la subida de los cables a la torre de paso aéreo-subterráneo, etc…

  Esta circunstancia dificulta el que la temperatura sea uniforme a lo largo de toda la línea y como norma general se adoptará como temperatura de medida la temperatura ambiente salvo que se disponga de información más precisa.
- La conexión para realizar el puente entre las fases y tierra y entre fases deberá realizarse con cable de cobre adecuado a los ensayos. Se deberá realizar la medida de la resistencia óhmica de dicha conexión en cada medida y restarla al valor obtenido. Esto es especialmente importante en tramos de cables cortos.

En el informe final de ensayos se deberá indicar el valor calculado de la impedancia en secuencia directa y de la impedancia homopolar de la instalación en mΩ a 25 ºC. Se deberá indicar el método empleado para obtener dichos valores, indicando cómo se ha realizado al valor medido la corrección por temperatura y cómo se ha tenido en cuenta la impedancia de los cables empleados en las conexiones.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

9. VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Una vez realizados todos los ensayos se verificará que las conexiones del sistema de puesta a tierra de la instalación en cajas de puesta a tierra, puesta a tierra de terminales y empalmes, conexión de auto válvulas y otros elementos se corresponde con la información proporcionada por Red Eléctrica

La manipulación de las cajas de puesta a tierra del sistema de conexión de las pantallas deberá realizarse por personal de la empresa encargada de realizar el montaje de la instalación.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Documentación de obra

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

El Departamento de Apoyo a la Construcción entregará al contratista adjudicatario y a la dirección técnica antes del inicio de los trabajos, al menos los siguientes documentos:

- Traza 1:50.000.
- Perfil longitudinal y planta parcelaria.
- Sección tipo de la canalización.
- Orden de fases en los extremos de la instalación.
- Esquema de conexionado de las pantallas metálicas de los cables de la línea.
- Planos de detalle de las cajas de puesta a tierra.
- Ficha técnica del cable
- Ficha técnica de los accesorios (empalmes y terminales).
- Estudio de seguridad.
- Especificación técnica de las condiciones medioambientales.
- Programa de puntos de inspección personalizado para la actividad.
- Normativa interna de Red Electrica aplicable.

Documentación a entregar por el contratista adjudicatario:

- Programa de puntos de inspección y registros generados, completados y firmados.
- Actas de realización de ensayos, indicando el orden de realización de los ensayos según modelos T285, T286, T287, T288, T289, T290, T291, T292 y T293.
- Certificados de calibración de los EIME empleados.
- Programa de obra actualizado.
- Datos para las herramientas corporativas de seguimiento y control de avance de obra.

La documentación generada durante la ejecución de los trabajos se enviará en formato electrónico.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Equipos de inspección, medición y ensayo

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

Los equipos de inspección medición y ensayo necesarios para esta actividad son:

- Camión con sistema generador resonante de frecuencia variable y sistema de medida de alta tensión alterna asociado.
- Instrumento para el ensayo dieléctrico de la cubierta con generador de tensión continua de 10 kV y sistema de medida asociado.
- Equipo de medida de las impedancias.

El contratista adjudicatario proporcionará a la obra todos los equipos, maquinaria, útiles, herramientas y EIME para realizar la correcta ejecución y comprobación de los trabajos contratados.

Todos los EIME empleados en la obra deberán estar calibrados y presentar el correspondiente certificado oficial de calibración en obra.

Todos los EIME deberán de ser calibrados anualmente salvo que el periodo de validez de la calibración sea inferior a un año, en cuyo caso se calibrará tantas veces como sea necesario.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Programación de los trabajos

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

Previamente al inicio de los trabajos, el contratista adjudicatario deberá preparar una programación de los trabajos a realizar. Esta programación recogerá los medios humanos y materiales a emplear en los trabajos, entregándose al Departamento de Apoyo a la Construcción y a la dirección técnica y supervisión de obra.

Dicha programación deberá recoger como mínimo la duración de las siguientes tareas:

- Montaje y desmontaje del sistema generador
- Montaje del vallado de seguridad.
- Conexionado del grupo electrógeno al sistema generador.
- Conexionado de puesta a tierra del generador a la toma de tierra de la subestación.
- Medida de aislamiento, resistencia y capacidad:
  - Conexionado de cables del generador a los terminales del cable en uno de sus extremos
  - Colocación de electrodos en ambos extremos del cable.
- Medida de rigidez dieléctrica de la cubierta del cable:
  - Desconexión de tierra de las pantallas del cable por los extremos.
  - Se aplican 10 kV de tensión entre la pantalla y la toma de tierra.
- Medida de descargas parciales:
  - Colocación de sensores toroidales en las pantallas de los cables.
  - Puesta a tierra de las partes activas del cable y de la cubierta.
- Retirada de materiales.

Ante cualquier eventualidad que comprometa la programación de trabajos acordada el contratista adjudicatario enviará al Departamento de Apoyo a la Construcción y a la dirección técnica y supervisión una actualización de esta programación.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Normativa aplicable

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

Será de aplicación al menos, la siguiente normativa siempre referida a su última edición:

- Real Decreto 1627/97 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción
- R.D. 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- Estudio de seguridad y salud del proyecto
- Procedimiento o plan de seguridad y salud de la obra
- Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación
- Real Decreto 3275/1982 de 12 noviembre, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas y centros de transformación
- Real Decreto 223/2008 de 15 febrero, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09

La prevención de riesgos laborales en las obras de construcción se regulará conforme a lo establecido en la normativa interna vigente de Red Eléctrica.

Normativa de Red Eléctrica aplicable, en su última edición en vigor.

Normativa internacional en vigor:

Normas CEI/UNE	Título de la norma
CEI 62067/UNE 211004	Power cables with extruded insulation and their accesories for rated voltages above 150 kV (Um=170 kV) up to 500 kV ((Um=550 kV) – Test methods and requirements
CEI 60840	Power cables with extruded insulation and their accesories for rated voltages above 30 kV (Um=36 kV) up to 150 kV ((Um=170 kV) – Test methods and requirements
CEI 60229	Tests on extruded oversheaths with a special protective function
UNE 211006	Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna
UNE 211632	Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones asignadas superiores a 36 kV (Um=42 kV) hasta 150 kV (Um= 170 kV)
UNE-EN 60060-2/CEI 60060-2	Técnicas de ensayos de Alta tensión. Parte 2. Sistema de medidas
UNE-EN 60060-3/CEI 60060-3	Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Normativa aplicable

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

UNE-EN 60270/CEI 60270	Técnicas de ensayo en Alta Tensión. Medidas de las Descargas Parciales
Normas CEI/UNE	**Título de la norma**
UNE-EN 60885-2/CEI 60885-2	Métodos de ensayo eléctricos para los cables eléctricos. Parte 2: Ensayo de descargas parciales
UNE-EN 60885-3/CEI 60885-3	Métodos de ensayo eléctricos para los cables eléctricos. Parte 3: Métodos de ensayo para medidas de descargas parciales sobre longitudes de cables de potencia extruidos

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622M3NmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

T285. Acta de ensayo de verificación del orden de fases

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

T285. Acta de ensayo de verificación del orden de fases

Ed.2 Fecha: 17.10.11

Línea:		**REE/ROP:**	
Proyecto:		**Director Técnico:**	
Grafo:		**Contratista:**	

Orden ensayo Nº _____

PEDIDO Nº:	
INSTALACIÓN:	
Circuito:	
Realizado por:	**Lugar ensayo:**
Responsable Ensayo:	**Representante REE:**

EQUIPO DE ENSAYO	
Tipo, modelo y precisión (%):	**Fecha Calibración** ___/___/____

RESULTADOS DEL ENSAYO

Tipo de cable:

Fases EXTREMO ____ conectadas a tierra	**Medidas en EXTREMO ____ entre cada una de las fases y tierra**		
Timbrado FASE "0"	**Medida 1 FASE "0"**	**Medida 2 FASE "4"**	**Medida 3 FASE "8"**
Resultado (MΩ):			
Timbrado FASE "4"	**Medida 1 FASE "0"**	**Medida 2 FASE "4"**	**Medida 3 FASE "8"**
Resultado (MΩ):			
Timbrado FASE "8"	**Medida 1 FASE "0"**	**Medida 2 FASE "4"**	**Medida 3 FASE "8"**
Resultado (MΩ):			

Esquema identificativo de las fases:

EXTREMO _____ **EXTREMO _____**

Contratista	**VºBº**	**Director Técnico**	**Aprobado por:**	**REE/ROP**
(Nombre y firma)		(Nombre y Firma)		(Nombre y Firma)
Fecha:		**Fecha:**		**Fecha:**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

T286. Acta de ensayo de medida de la resistencia del conductor

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

T286. Acta de ensayo de medida de la resistencia del conductor

Ed.2 Fecha: 17.10.11

Línea:		**REE/ROP:**	
Proyecto:		**Director Técnico:**	
Grafo:		**Contratista:**	

Orden ensayo Nº _____

PEDIDO Nº:	
INSTALACION:	
Circuito:	
Realizado por:	**Lugar ensayo:**
Responsable Ensayo:	**Representante REE:**

EQUIPO DE ENSAYO	
Tipo, modelo y precisión (%):	**Fecha Calibración:** ___/___/____

RESULTADOS DEL ENSAYO

Tipo de cable:

Medidas	**Medida A** Fases "0" + "4"	**Medida B** Fases "4" + "8"	**Medida C** Fases "8" + "0"
Temperatura de medida (°C):			
Resultado (mΩ):			

Observaciones:

Contratista	**VºBº**	**Director Técnico**	**Aprobado por:**	**REE/ROP**
(Nombre y firma)		(Nombre y Firma)		(Nombre y Firma)
Fecha:		**Fecha:**		**Fecha:**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

T287. Acta de ensayo de medida de la resistencia de la pantalla

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

T287. Acta de ensayo de medida de la resistencia de la pantalla

Ed.2 Fecha: 17.10.11

Línea:		**REE/ROP:**	
Proyecto:		**Director Técnico:**	
Grafo:		**Contratista:**	

Orden ensayo Nº _____

PEDIDO Nº:	
INSTALACION:	
Circuito:	
Realizado por:	**Lugar ensayo:**
Responsable Ensayo:	**Representante REE:**

EQUIPO DE ENSAYO	
Tipo, modelo y precisión (%):	**Fecha Calibración:** ___/___/____

RESULTADOS DEL ENSAYO			
Tipo de cable:			
Medidas	**Medida A** Fases "0" + "4"	**Medida B** Fases "4" + "8"	**Medida C** Fases "8" + "0"
Temperatura de medida (°C):			
Resultado (mΩ):			
Observaciones:			

Contratista	**VºBº**	**Director Técnico**	**Aprobado por:**	**REE/ROP**
(Nombre y firma)		(Nombre y Firma)		(Nombre y Firma)
Fecha:		**Fecha:**		**Fecha:**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

T288. Acta de ensayo de rigidez dieléctrica de la cubierta exterior del cable

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

T288. Acta de ensayo de rigidez dieléctrica de la cubierta exterior del cable

Ed.2 Fecha: 17.10.11

Línea:		**REE/ROP:**	
Proyecto:		**Director Técnico:**	
Grafo:		**Contratista:**	

Orden ensayo Nº _____

PEDIDO Nº:	
INSTALACIÓN:	
Circuito:	
Realizado por:	**Lugar ensayo:**
Responsable Ensayo:	**Representante REE:**

EQUIPO DE ENSAYO	
Tipo, modelo y precisión (%):	**Fecha Calibración:** ___/___/____

RESULTADOS DEL ENSAYO			
Tipo de cable:			
Fase	**0**	**4**	**8**
Tensión ensayo c.c.(kV):	**10 kV**	**10 kV**	**10 kV**
Duración (min):	**1 min**	**1 min**	**1 min**
Corriente de fuga (mA):			
Resultado satisfactorio	**SI / NO**	**SI / NO**	**SI / NO**
Observaciones:			

Contratista	**VºBº**	**Director Técnico**	**Aprobado por:**	**REE/ROP**
(Nombre y firma)		(Nombre y Firma)		(Nombre y Firma)
Fecha:		**Fecha:**		**Fecha:**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

T289. Acta de ensayo de descargas parciales

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

T289. Acta de ensayo de descargas parciales

Ed.2 Fecha: 17.10.11

Línea:		**REE/ROP:**	
Proyecto:		**Director Técnico:**	
Grafo:		**Contratista:**	

Orden ensayo Nº _____

PEDIDO Nº:
INSTALACIÓN:
Circuito:

Realizado por:	**Lugar ensayo:**
Responsable Ensayo:	**Representante REE:**

EQUIPO DE ENSAYO	
Tipo, modelo y precisión (%):	**Fecha Calibración:** ___/___/___

RESULTADOS DEL ENSAYO

Nº Empalmes/Tipo de Empalme: /		**Nº Terminales/Tipo de Terminal:** /	
Tensión ensayo durante medidas (kV):		**Tensión ensayo durante medidas (kV):**	
Frecuencia ensayo (Hz):		**Frecuencia ensayo (Hz):**	
Nivel de ruido de fondo (pC):		**Nivel de ruido de fondo (pC):**	
Amplitud descargas (pC):		**Amplitud descargas (pC):**	
Resultado satisfactorio:	**NO/SI**	**Resultado satisfactorio:**	**NO/SI**

Observaciones:

En el informe final de ensayos se adjuntan los gráficos de descargas parciales de cada empalme y terminal de la instalación.

Contratista	**VºBº**	**Director Técnico**	**Aprobado por:**	**REE/ROP**
(Nombre y firma)		(Nombre y Firma)		(Nombre y Firma)
Fecha:		**Fecha:**		**Fecha:**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

T290. Acta de ensayo de tensión sobre aislamiento

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

T290. Acta de ensayo de tensión sobre el aislamiento

Ed.2 Fecha: 17.10.11

Línea:		**REE/ROP:**	
Proyecto:		**Director Técnico:**	
Grafo:		**Contratista:**	

Orden ensayo Nº _____

PEDIDO Nº:	
INSTALACIÓN:	
Circuito:	
Realizado por:	**Lugar ensayo:**
Responsable Ensayo:	**Representante REE:**

EQUIPO DE ENSAYO	
Tipo, modelo y precisión (%):	**Fecha Calibración** ___/___/____

RESULTADOS DEL ENSAYO

Tipo de cable:			
Fase	**0**	**4**	**8**
Tensión ensayo (kV):			
Duración (min):	**60 min**	**60 min**	**60 min**
Frecuencia (Hz):			
Resultado satisfactorio:	**SI / NO**	**SI / NO**	**SI / NO**
Las tres fases ensayadas conjuntamente:	**SI / NO**		

Observaciones:

En el informe final de ensayos se adjunta la gráfica de evolución de la tensión durante el ensayo.

Contratista	**VºBº**	**Director Técnico**	**Aprobado por:**	**REE/ROP**
(Nombre y firma)		(Nombre y Firma)		(Nombre y Firma)
Fecha:		**Fecha:**		**Fecha:**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

T291. Acta de medida de la capacidad y tan(δ)

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA	**T291. Acta de ensayo de medida de la capacidad y tan(δ)** Ed.2 Fecha: 17.10.11			
	Línea:		**REE/ROP:**	
	Proyecto:		**Director Técnico:**	
	Grafo:		**Contratista:**	

Orden ensayo Nº _____

PEDIDO Nº:	
INSTALACIÓN:	
Circuito:	
Realizado por:	**Lugar ensayo:**
Responsable Ensayo:	**Representante REE:**

EQUIPO DE ENSAYO	
Tipo, modelo y precisión (%):	**Fecha Calibración:** ___/___/____

RESULTADOS DEL ENSAYO			
Tipo de cable:			
Fase	**0**	**4**	**8**
Tensión ensayo (kV):			
Frecuencia (Hz):			
Resultado Capacidad (nF):			
Resultado Tan(δ):			
Observaciones:			

Contratista	**VºBº**	**Director Técnico**	**Aprobado por:**	**REE/ROP**
(Nombre y firma)		(Nombre y Firma)		(Nombre y Firma)
Fecha:		**Fecha:**		**Fecha:**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

T292. Acta de ensayo de medida de impedancias

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

T292. Acta de ensayo de medida de impedancias

Ed.2 Fecha: 17.10.11

Línea:		**REE/ROP:**	
Proyecto:		**Director Técnico:**	
Grafo:		**Contratista:**	

Orden ensayo Nº _____

PEDIDO Nº:	
INSTALACIÓN:	
Circuito:	
Realizado por:	**Lugar ensayo:**
Responsable Ensayo:	**Representante REE:**

EQUIPO DE ENSAYO	
Tipo, modelo y precisión (%):	**Fecha Calibración:** ___/___/____

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Tipo de cable:		
Temperatura de medida (°C):		
Impedancia (50 Hz) L1-L2 ($Z_{L1}+Z_{L2}$):	**R (mΩ):**	**X (mΩ):**
Impedancia (50 Hz) L2-L3 ($Z_{L2}+Z_{L3}$):	**R (mΩ):**	**X (mΩ):**
Impedancia (50 Hz) L1-L3 ($Z_{L1}+Z_{L3}$):	**R (mΩ):**	**X (mΩ):**
Impedancia (50 Hz) L1-T ($Z_{L1}+Z_T$):	**R (mΩ):**	**X (mΩ):**
Impedancia (50 Hz) L2-T ($Z_{L2}+Z_T$):	**R (mΩ):**	**X (mΩ):**
Impedancia (50 Hz) L3-T ($Z_{L3}+Z_T$):	**R (mΩ):**	**X (mΩ):**
Impedancia L1+L2+L3-T ($Z_{L1}//Z_{L2}//Z_{L3}+Z_T$)	**R (mΩ):**	**X (mΩ):**
Observaciones:		

Contratista	**VºBº**	**Director Técnico**	**Aprobado por:**	**REE/ROP**
(Nombre y firma)		(Nombre y Firma)		(Nombre y Firma)
Fecha:		**Fecha:**		**Fecha:**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

T293. Acta de verificación del sistema de puesta a tierra

Código:	Edición:	Cancela a:
ET160	**2/ 17.10.11**	**ET160 Ed. 1/ 04.07.08**

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA	**T293. Acta de ensayo de verificación del sistema de puesta a tierra** Ed.2 Fecha: 17.10.11			
	Línea:		**REE/ROP:**	
	Proyecto:		**Director Técnico:**	
	Grafo:		**Contratista:**	

Orden ensayo Nº _____

PEDIDO Nº:	
INSTALACIÓN:	
Circuito:	
Realizado por:	**Lugar ensayo:**
Responsable Ensayo:	**Representante REE:**

RESULTADOS DEL ENSAYO
Después de la realización de todos los ensayos el técnico responsable del ensayo certifica que se ha comprobado que el sistema de puesta a tierra de la instalación se corresponde con el esquema adjunto.
Observaciones:

Contratista	**VºBº**	**Director Técnico**	**Aprobado por:**	**REE/ROP**
(Nombre y firma)		(Nombre y Firma)		(Nombre y Firma)
Fecha:		**Fecha:**		**Fecha:**

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

TÍTULO:

Ejecución de los trabajos de topografía y georradar de líneas eléctricas subterráneas

DATOS DE CONTROL:

Código:	Edición:	Cancela a:
ET224	**1 / 15.01.15**	

Unidades implicadas: **Departamento de Ingeniería de Líneas**

GESTIÓN DE LA NORMA:

Responsabilidad:	Aprobación:	Difusión y control:
Dirección de Ingeniería y Construcción	**Dirección de Ingeniería y Construcción**	**Dirección Corporativa de Comunicación y Responsabilidad Corporativa**
Firma:	Firma:	Firma y fecha:**17.03.15**

OBJETO

Describir las condiciones que deben cumplirse en la realización de los trabajos topográficos para el anteproyecto, proyecto y replanteo de una línea eléctrica subterránea de alta tensión.

DESCRIPCIÓN DEL SUMINISTRO

Comprende los trabajos de estudio de trazado, estudio de servicios afectados, levantamiento topográfico, detección de servicios mediante georradar y replanteo de zanja y cámaras de empalme.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

1. ESTUDIO DE TRAZADO

Se realizará un estudio de detalle de todos los trazados posibles. Para ello REE entregará las alternativas o áreas de estudio.

En el estudio trazado se analizarán los servicios afectados y las empresas o entidades responsables (servicios vistos en campo y consultados a los ayuntamientos, organismos y empresas afectadas, tanto existentes como proyectados). Para ello se solicitará por escrito a todas las empresas de servicios los planos de sus canalizaciones existentes y proyectadas. Se contrastarán los datos facilitados por dichas empresas con los que se puedan obtener mediante inspección visual en campo.

En caso de no existencia del servicio en la zona se presentará carta de dicha empresa manifestando la no existencia de los mismos en la zona de afección de línea subterránea.

En el estudio de trazado se tendrá en cuenta el ancho de las calzadas, el tráfico por ellas, pendientes de las mismas y radios de curvatura del trazado. Se tratará de minimizar la afección a particulares.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Como resultado de este estudio se determinará un trazado o área para realizar la localización de servicios mediante georradar, así como una distribución de cámaras de empalme y arquetas de telecomunicaciones. Se requerirá aprobación del mismo por el técnico de REE antes de proceder a la localización de servicios mediante georradar.

2. LOCALIZACIÓN DE SERVICIOS MEDIANTE GEORRADAR Y DETECTOR ELECTROMAGNÉTICO

Sobre el trazado o las áreas determinadas por el técnico de REE se procederá a realizar un estudio de servicios afectados mediante georradar y detector electromagnético.

El estudio a realizar deberá cumplir los siguientes requisitos técnicos:

La detección de servicios mediante georradar requiere un sistema que llegue a un compromiso entre resolución y penetración.

De esta forma se utilizará un sistema formado por antenas de doble frecuencia que permitan obtener imágenes del terreno de gran resolución superficial sin condicionar la penetración para las localizaciones más profundas.

- Alta frecuencia: Alta resolución superficial para la detección de servicios, estructuras y variaciones del terreno. Permite detecciones de servicios de tamaños muy reducidos (valor óptimo 600 Mhz).

- Baja frecuencia: Mayor penetración del impulso electromagnético posibilitando la detección de servicios y estructuras a más profundidad (valor óptimo 200 Mhz).

Los valores de las frecuencias elegidas se podrán modificar para obtener mejores resultados en función de las características del terreno sobre el que se está trabajando.

Asimismo, se precisa un sistema de dos antenas con una separación aproximada 40cm, cada una de las antenas deberá funcionar, al menos, a las frecuencias descritas anteriormente, con lo que se incrementa notablemente la capacidad de detección “in situ” de los servicios y se evitan posibles falsos positivos producidos por las diversas heterogeneidades del terreno.

El **detector electromagnético** es la principal técnica de detección de servicios metálicos (cables y tuberías). El equipo estará compuesto por un emisor (inductor) y un receptor que permite el seguimiento del servicio de una manera rápida y fiable. De esta forma, el equipo debe ser capaz de trabajar en modo pasivo (detección de líneas que transportan electricidad alterna) o en modo activo (tuberías metálicas o cables a los que se les induce o inyecta un corriente que es medida en superficie).

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Aéreas a investigar:

- Zona urbana: El área de investigación será todo el ancho de la calzada quedando limitada por los bordillos. De esta forma se procederá a la localización y cartografía de los servicios, estructuras y elementos con el fin de diseñar el trazado óptimo de la futura canalización.

Se realizarán perfiles con georradar según esquema mostrado en el anexo 2.

Consideraciones particulares:

- Calzada de doble sentido: Se estudiarán ambos sentidos de la calle.
- Calzada con carril de estacionamiento: Se estudiará la calzada y la zona de estacionamiento.
- Doble calzada: Se elegirá que lado de la calzada se estudiará

- Zona rural / No urbanizada: Zonas aparentemente sin servicios donde se realizará un doble perfil longitudinal (2 antenas paralelas). Se complementará con perfiles transversales cada 50 metros.

- Cámaras de empalme: Son áreas de especial interés debido al tamaño de estas estructuras. Se realizará una matriz de perfiles equidistantes cada 40 cm (perpendiculares y transversales) para tener una visualización 3D de los servicios con su geometría, objetos enterrados, etc. (ver esquema anexo 2)

- Zonas de instalación de arquetas para telecomunicaciones: El técnico de Ingeniería de Líneas de REE indicará si existe alguna zona en la que se vayan a instalar arquetas de telecomunicaciones fuera de la calzada, en este caso se ampliará el área de estudio a la acera. Se tomarán perfiles según esquema en Anexo 2.

Localización de servicios:

Previamente al inicio de los trabajos de campo se deberá disponer, de los planos de servicios afectados de las diferentes compañías y una base topográfica digital (aCad). Se habrán obtenido en la fase de “Estudio de trazado”

Para la localización de servicios se utilizará una combinación de georradar y detector electromagnético (activo y/o pasivo). Se realizaran perfiles paralelos georreferenciados cubriendo todo el ancho de la calzada investigada (doble antena con separación máxima de 0.6 m y separación máxima entre ejes de 1.5m). Perpendicularmente se realizaran perfiles cada 25 metros y en los cruces de calles se incrementará la densidad a una equidistancia de 5 metros. (ver anexo 2: Esquema perfiles georradar)

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Estos datos serán procesados e interpretados en gabinete.

Se procederá al mapeado de servicios “in situ” marcando el trazado de los servicios, profundidad, anomalías no asociadas sobre el terreno, etc.

Esta localización se combinará con el detector electromagnético para definir las líneas con tensión y seguir los servicios de naturaleza metálica.

3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Se realizará un levantamiento del perfil longitudinal y planta del trazado de proyecto incluyéndose todos los servicios afectados, vegetación, edificaciones, bordillos, viales, escolleras, escombros, taludes, se identificará el tipo de pavimento por el que discurre la canalización y las parcelas catastrales (además de las lindes de campo) en una franja de 25 m a ambos lados del eje de la línea (escalas V: 1/100 – H: 1/500 y formato A1). El perfil y planta se representará según se indica en el “Protocolo de dibujo para topografía de líneas subterráneas”.

Elaboración de secciones transversales de detalle de los cruzamientos y paralelismos más significativos y de la ubicación de las cámaras de empalme. En el caso de que el trazado de la línea interfiera con grandes infraestructuras (autovías, ferrocarriles, etc…) se deberá realizar un levantamiento taquimétrico de la zona afectada por el cruce con dichas infraestructuras, a escala 1/500, con curvas de nivel cada 0,25 m y altitudes geográficas reales. Incluirá al menos: el norte geográfico, vegetación, edificaciones, bordillos, desagües, carriles, viales, taludes, escolleras, escombros, etc.

Si fuera necesario, el técnico de REE indicará en que zonas se realizará un levantamiento taquimétrico, a escala 1/500, con curvas de nivel cada 0,25 m y altitudes geográficas reales. Incluirá al menos: el norte geográfico, vegetación, edificaciones, bordillos, desagües, carriles, viales, taludes, escolleras, escombros, etc

4. RELACIÓN DE PROPIETARIOS

El adjudicatario deberá proveerse de los planos catastrales vigentes, en formato .shp, ver “Protocolo para el tratamiento de ficheros catastrales .shp”.

Esta información se enviará a REE una vez verificada según el “Protocolo para el tratamiento de ficheros catastrales”.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5. REPLANTEO DE ZANJA Y CÁMARAS DE EMPALME

Marcado mediante clavos de acero, estacas de madera o pintura del eje del trazado, cámaras de empalme y cruzamientos más significativos

CONDICIONES DE SEGURIDAD

Se seguirá en todo momento lo indicado en el procedimiento técnico de REE que regula la organización de la Seguridad en los Trabajos en Instalaciones Eléctricas de alta tensión *(ver apartado de normativa aplicable)*, así como en las correspondientes instrucciones técnicas editadas por Red Eléctrica que sean de aplicación para los trabajos realizados.

En caso de ser necesario el acceso a instalaciones de REE, se seguirá lo dispuesto en la instrucción técnica que regula el control de acceso de personal y colaboradores y sus vehículos a las instalaciones de REE *(ver Anexo1: Normativa aplicable)*.

CONDICIONES DEL CONTRATO

Se seguirá lo indicado en el documento “Condiciones Generales de Contratación para la Prestación de Servicios de Red Eléctrica de España”, referencia C.G.C.-S., en cuanto a condiciones y forma de pago, penalidades, arbitraje y jurisdicción, validez de las ofertas, etc.

DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR

La documentación a entregar será la siguiente:

1. ESTUDIO DE TRAZADO

- Descripción del trazado para cada una de las alternativas incluyéndose como mínimo todos los cruzamientos y paralelismos junto con las empresas y entidades responsables, longitud, términos municipales y provincias afectadas. (Word)
- Fotografías descriptivas de los trazados propuestos con detalles de los servicios afectados.
- Trazados sobre ortofoto a escala 1/5000, sobre cartografía a escala 1/10.000 y sobre planimetría a escala 1/5000 con todos los servicios afectados. Todos ellos georreferenciados en coordenadas UTM según ETRS 89 y referidas al huso en el que estén contenidas.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

La traza deberá ser aprobada por Red Eléctrica antes de proceder al estudio con gerorradar y levantamiento topográfico.

2. LOCALIZACIÓN DE SERVICIOS MEDIANTE GEORRADAR Y DETECTOR ELECTROMAGNÉTICO

Una vez finalizados los trabajos de campo se elaborará un plano de planta donde se muestre las calles investigadas con los servicios localizados indicando el tipo de servicio y la profundidad en diversos puntos así como el diámetro estimado del servicio.

A partir de estos datos se diseñará el trazado óptimo de la canalización El plano se entregará georreferenciado en coordenadas absolutas, proyección UTM y sistema de referencia ETRS89. (WGS 84 para Canarias).

Los archivos de los planos entregados deberán contener:

- Sistema de referencia usado con sus especificaciones (elipsoide, modelo de geoide, cotas altimétricas de referencia).
- Indicación de bases físicas de referencia a lo largo del trazado investigado con sus coordenadas.
- Leyenda de las detecciones, trazas, zona de estudio. Simbología de los diversos servicios localizados.

3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO. LEVANTAMIENTO DE PERFIL Y PLANTA

- Planos de perfil y planta y secciones transversales de cruzamientos, paralelismos y cámaras de empalme. (Autocad). En el perfil se representarán todos los servicios cruzados con las profundidades de los mismos.
- Informe de verificación y control de los equipos de medición.

4. RELACIÓN DE PROPIETARIOS

- Fichero .shp de los planos catastrales. Según: “Protocolo de dibujo para topografía de líneas subterráneas”.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Normativa aplicable

Código:	Edición:	Cancela a:
ET224	**1 / 15.01.15**	

NORMATIVA APLICABLE

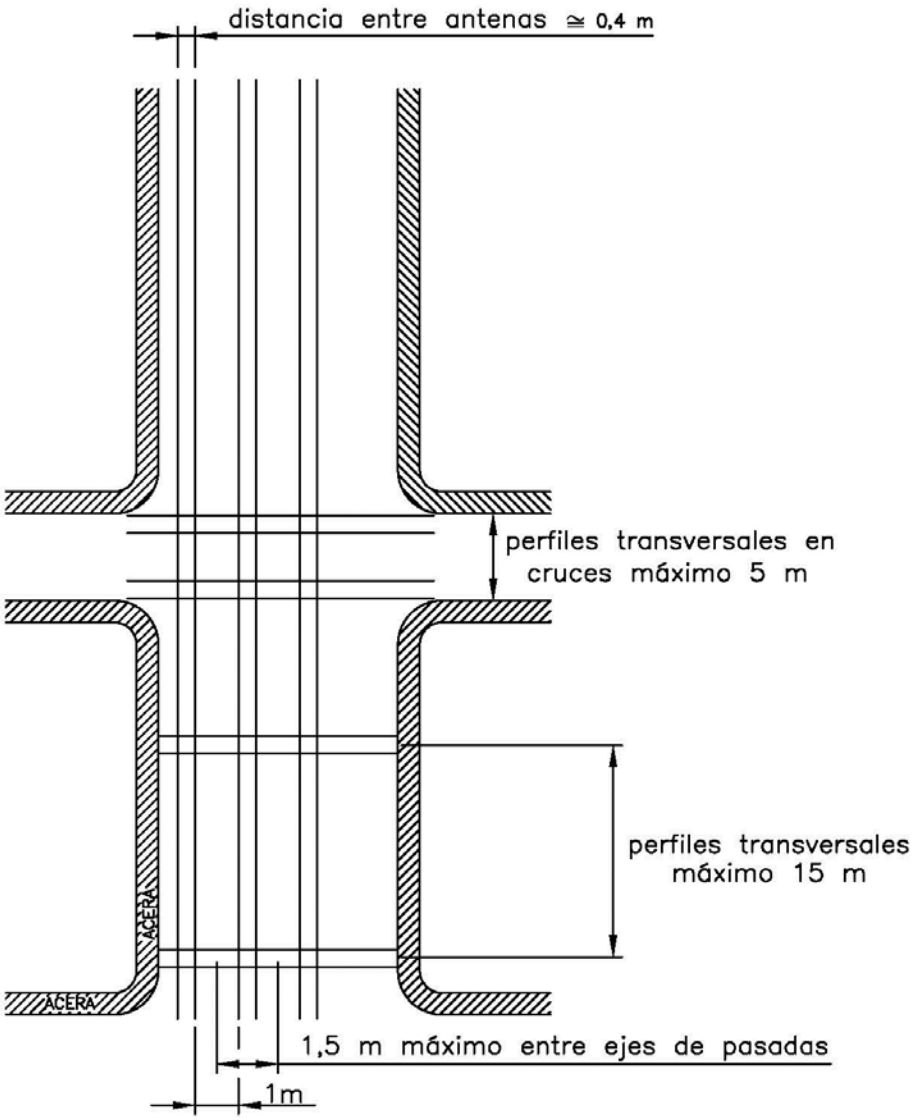
Código de la norma	Título de la norma
TM001	ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN
IM031	ACCESOS Y PERMANENCIA DE PERSONAS, VEHÍCULOS Y MERCANCÍAS EN INSTALACIONES DE RED ELÉCTRICA

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Normativa aplicable

Código:	Edición:	Cancela a:
ET224	**1 / 15.01.15**	

Esquema 1: Perfiles en zona urbana.

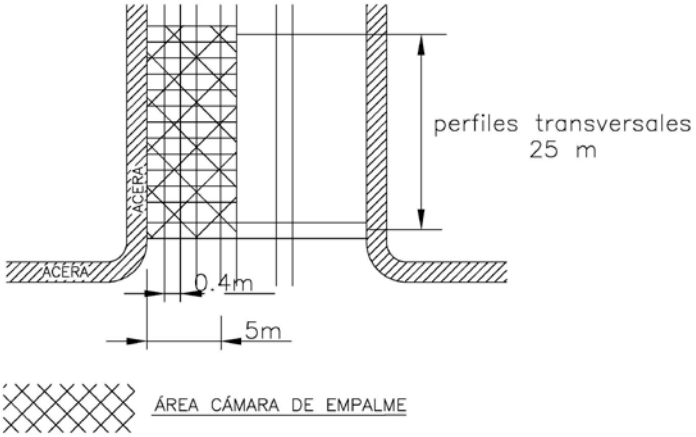


COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Normativa aplicable

Código:	Edición:	Cancela a:
ET224	**1 / 15.01.15**	

Esquema 2: Perfiles en cámara de empalme.



COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

ANTEPROYECTO

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA ESPAÑA - FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA

LÍNEA SUBTERRÁNEA - SUBMARINA EN CORRIENTE CONTINUA A ±400 kV GATIKA – FRONTERA FRANCESA

DOCUMENTO 7

ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

DOCUMENTO Nº 7

ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

1 ANTECEDENTES 3

1.1 OBJETO 3

1.2 SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ANTEPROYECTO 3

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TRABAJOS 3

2 ESTIMACIÓN DE RESIDUOS A GENERAR 4

3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS 5

3.1 TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN 5

4 MEDIDAS DE SEPARACIÓN, MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS EN OBRA. 8

4.1 SEGREGACIÓN 8

4.2 ALMACENAMIENTO 9

5 DESTINOS FINALES DE LOS RESIDUOS GENERADOS 11

5.1 RESIDUOS NO PELIGROSOS 11

5.2 RESIDUOS PELIGROSOS 12

6 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE GESTIÓN 14

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

1 ANTECEDENTES

1.1 OBJETO

El presente Estudio de Residuos se realiza para minimizar los impactos derivados de la generación de residuos en la construcción del presente anteproyecto, estableciendo las medidas y criterios a seguir para reducir al máximo la cantidad de residuos generados, segregarlos y almacenarlos correctamente y proceder a la gestión más adecuada para cada uno de ellos. El Estudio se lleva a cabo en cumplimiento del R.D. 105/2008, de 1 de Febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición y se ha redactado según los criterios contemplados en el artículo 4 de dicho Real Decreto.

1.2 SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ANTEPROYECTO

La situación y descripción general del anteproyecto está reflejado en el Documento 1: Memoria del presente Anteproyecto.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TRABAJOS

Las actividades, a llevar a cabo, que van a dar lugar a la generación de residuos van a ser las siguientes:

- ✓ Apertura/acondicionamiento de accesos y zonas de trabajo: desbroces/talas y movimientos de tierras.
- ✓ Obra civil: excavación y hormigonado de cimentaciones (Zanja en el caso de líneas subterráneas)
- ✓ Apertura de la calle de tendido. Apertura de calle de seguridad (talas y podas).
- ✓ Tendido de conductores y cables de tierra
- ✓ Limpieza y restauración de las zonas de obra

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

2 ESTIMACIÓN DE RESIDUOS A GENERAR

Durante los trabajos descritos se prevé generar los siguientes residuos, codificados de acuerdo a lo establecido en la Orden MAM/304/2002 (Lista europea de residuos):

TIPO RESIDUO	CÓDIGO LER
RESIDUOS NO PELIGROSOS	
Excedentes de excavación	170504
Restos de hormigón	170101
Papel y cartón	200101
Maderas	170201
Plásticos (envases y embalajes)	170203
Chatarras metálicas	170405/170407/170401/170402
Restos asimilables a urbanos	200301
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (si se segregan)	150102/150104/150105/150106
Residuos vegetales (podas y talas)	200201
RESIDUOS PELIGROSOS	
Trapos impregnados	150202*
Tierras contaminadas	170503*
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*/150111*

Es necesario aclarar que, en el Plan de gestión residuos (que se elabora en una etapa de anteproyecto posterior al presente estudio por los contratistas responsables de acometer los trabajos, poseedores de los residuos) e incluso durante la propia obra se podrá identificar algún otro residuo. Asimismo, la estimación de cantidades, que se incluye en el punto 6 del presente documento, es aproximada, teniendo en cuenta la información de la que se dispone en la etapa en la cual se elabora el anteproyecto de ejecución. Las cantidades, por tanto, también deberán ser ajustadas en los correspondientes Planes de gestión de residuos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS

3.1 TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN

Como norma general es importante separar aquellos productos sobrantes que pudieran ser reutilizables de modo que en ningún caso puedan enviarse a vertederos.

Además, es importante separar los residuos desde el origen, para evitar contaminaciones, facilitar su reciclado y evitar generar residuos derivados de la mezcla de otros.

Se exponen a continuación algunas buenas prácticas para evitar/minimizar la generación de algunos residuos:

- Tierras de excavación:
  - ✓ Separar y almacenar adecuadamente la tierra vegetal para utilizarla posteriormente en labores de restauración. La tierra vegetal se acumulará en zonas no afectadas por los movimientos de tierra hasta que se proceda a su disposición definitiva y la altura máxima de los acopios será de dos metros para que no pierda sus características.
  - ✓ Minimizar, desde la elección del trazado de la línea, la definición del tamaño de las campas y de accesos, los movimientos de tierras a llevar a cabo.
  - ✓ Utilizar las tierras sobrantes de excavación en la propia obra en la medida de lo posible.

- Lodos resultantes de las perforaciones: detritus
  - ✓ Dejar secar para su posterior reutilización como material de relleno o transporte a vertedero.

- Lodos bentoníticos resultantes de las perforaciones
  - ✓ Reutilizar en la obra
  - ✓ Secar mediante bomba centrífuga para obtener residuo seco que se puede reutilizar en la obra o trasladar a vertedero

- Medios auxiliares (palets de madera), envases y embalajes:
  - ✓ Utilizar materiales cuyos envases/embalajes procedan de material reciclado

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- ✓ No separar el embalaje hasta que no vayan a ser utilizados los materiales
- ✓ Guardar los embalajes que puedan ser reutilizados inmediatamente después de separarlos del producto. Gestionar la devolución al proveedor en el caso de ser este el procedimiento establecido.
- ✓ Los palets de madera se han de reutilizar cuantas veces sea posible

– Residuos metálicos:
  - ✓ Separarlos y almacenarlos adecuadamente para facilitar su reciclado

– Aceites y grasas:
  - ✓ Realizar el mantenimiento de la maquinaria y cambios de aceites en talleres autorizados.
  - ✓ Si es imprescindible llevar a cabo alguna operación de cambio de aceites y grasas en la obra, utilizar los accesorios necesarios para evitar posibles vertidos al suelo (recipiente de recogida de aceite y superficie impermeable).

– Tierras contaminadas:
  - ✓ Establecer las medidas preventivas para evitar derrames de sustancias peligrosas:
    - Mantener cerrados todos los recipientes que contengan sustancias peligrosas para el medio ambiente (desencofrante, aceites etc.)
    - Si fuera necesario el almacenamiento de combustibles, disponer de bandeja metálica.
    - Resguardar de la lluvia las zonas de almacenamiento (mediante techado o uso de lona impermeable), para evitar que las bandejas se llenen de agua.
    - Disponer de grupos electrógenos cuyo tanque de almacenamiento principal tenga doble pared y cuyas tuberías vayan encamisadas. Disponer de absorbentes hidrófobos para la retención de goteos y pequeñas fugas.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

- Residuos vegetales:
  - ✓ Respetar todos los ejemplares arbóreos que no sean incompatibles con el desarrollo del anteproyecto
  - ✓ Facilitar la entrega de los restos de podas/talas a sus propietarios
  - ✓ En los casos en los que sea posible (por su tamaño o después de haber sido triturados) los restos vegetales se incorporarán al terreno.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

4 MEDIDAS DE SEPARACIÓN, MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS EN OBRA.

Los requisitos en cuanto a la segregación, almacenamiento, manejo y gestión de los residuos en obra están incluidos en las especificaciones ambientales, formando así parte de las prescripciones técnicas del anteproyecto.

Para que se pueda desarrollar una correcta segregación y almacenamiento de residuos en la obra, todo el personal implicado deberá estar adecuadamente formado sobre cómo separar y almacenar cualquier tipo de residuos que pueda derivarse de los trabajos.

4.1 SEGREGACIÓN

Para una correcta valorización o eliminación se realizará una segregación previa de los residuos, separando aquellos que por su no peligrosidad (residuos urbanos y asimilables a urbanos) y por su cantidad puedan ser depositados en los contenedores específicos colocados por el correspondiente ayuntamiento, de los que deban ser llevados a vertedero controlado y de los que deban ser entregados a un gestor autorizado (residuos peligrosos). Para la segregación se utilizarán bolsas o contenedores que impidan o dificulten la alteración de las características de cada tipo de residuo.

La segregación de residuos en obra ha de ser la máxima posible, para facilitar la reutilización de los materiales y que el tratamiento final sea el más adecuado según el tipo de residuo.

En ningún caso se mezclarán residuos peligrosos y no peligrosos.

Si en algún caso no resultara técnicamente viable la segregación en origen, el poseedor (contratista) podrá encomendar la separación de fracciones de los distintos residuos no peligrosos a un gestor de residuos externo a la obra, teniendo que presentar en este caso, la correspondiente documentación acreditativa conforme el gestor ha realizado los trabajos.

Se procurará además segregar los RSU en las distintas fracciones (envases y embalajes, papel, vidrio y resto).

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

4.2 ALMACENAMIENTO

Desde la generación de los residuos hasta su eliminación o valorización final, los residuos peligrosos y no peligrosos se almacenarán de forma separada.

Según el tipo de residuos, se podrán almacenar en la propia obra y cuando no sea viable se podrán almacenar en una instalación propia del contratista (siempre y cuando cuente con todos los permisos necesarios) o contratar los servicios de almacenamiento a un gestor autorizado.

Para las zonas de almacenamiento se cumplirán los siguientes criterios:

- Serán seleccionadas, siempre que sea posible, de forma que no sean visibles desde carreteras o lugares de tránsito de personas, pero con facilidad de acceso para poder proceder a la recogida de los mismos.
- Estarán debidamente señalizadas mediante marcas en el suelo, carteles, etc. para que cualquier persona que trabaje en la obra sepa su ubicación.
- Los contenedores de residuos peligrosos estarán identificados según se indica en la legislación aplicable (RD 180/2015 y Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados), con etiquetas o carteles resistentes a las distintas condiciones meteorológicas, colocados en un lugar visible y que proporcionen la siguiente información: descripción del residuo, icono de riesgos, código del residuo, datos del productor y fecha de almacenamiento
- Las zonas de almacenamiento de residuos peligrosos estarán protegidas de la lluvia y contarán con suelo impermeabilizado o bandejas de recogida de derrames accidentales. (Normalmente no estarán ubicadas en obra)
- Los residuos que por sus características puedan ser arrastrados por el viento, como plásticos (embalajes, bolsas...), papeles (sacos de mortero...) etc. deberán ser almacenados en contenedores cerrados, a fin de evitar su diseminación por la zona de obra y el exterior del recinto.
- Se delimitará e identificará de forma clara una zona para la limpieza de las cubas de hormigonado para evitar vertidos de este tipo en las proximidades de la subestación. La zona será regenerada una vez finalizada la obra, llevándose los residuos a vertedero controlado y devolviéndola a su estado y forma inicial.
- Se evitará el almacenamiento de excedentes de excavación en cauces y sus zonas de policía.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Por las características de las actividades a llevar a cabo, lo habitual será almacenar pequeñas cantidades de residuos en las campas de trabajo siendo estos trasladados a un almacén propiedad del contratista. No procede, por tanto, la inclusión de un plano con las zonas destinadas al almacenamiento de los residuos. En los correspondientes Planes de Gestión de residuos de construcción y demolición que proporcionen los contratistas se deberá incluir la localización de los almacenes utilizados. En dichos planes también se incluirá la descripción de los contenedores que se prevé utilizar para los distintos residuos.

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MG3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

5 DESTINOS FINALES DE LOS RESIDUOS GENERADOS

La gestión de los residuos se realizará según lo establecido en la legislación específica vigente.

Siempre se favorecerá el reciclado y valoración de los residuos frente a la eliminación en vertedero controlado de los mismos.

5.1 RESIDUOS NO PELIGROSOS

- RSU: Los residuos sólidos urbanos y asimilables (papel, cartón, vidrio, envases de plástico) separados en sus distintas fracciones serán llevados a un vertedero autorizado o recogidos por gestores autorizados. En el caso de no ser posible la recogida por gestor autorizado y de tratarse de pequeñas cantidades, se podrán depositar en los distintos contenedores que existan en el Ayuntamiento más próximo.

- Restos vegetales: La eliminación de los residuos vegetales deberá hacerse de forma simultánea a las labores de talas y desbroce. Los residuos obtenidos se apilarán y retirarán de la zona con la mayor brevedad, evitando así que se conviertan en un foco de infección por hongos, o que suponga un incremento del riesgo de incendios.

  Los residuos forestales generados se gestionarán según indique la autoridad ambiental competente. Con carácter general, y si no hubiera indicaciones, preferiblemente se entregarán a sus propietarios.

  Según el caso y si el tamaño lo permite (si es necesario se procederá a su trituración) los restos se incorporarán al suelo.

  Si ninguna de las opciones anteriores es posible, se gestionará su entrega a una planta de compostaje y en último caso se trasladarán a vertedero controlado.

- Excedentes de excavación, como ya se ha comentado tratarán de reutilizarse en la obra, si no es posible y existe permiso de los Ayuntamientos afectados y de la autoridad ambiental competente, (y siempre con la aprobación de los responsables de Medio Ambiente y de Permisos de RED ELÉCTRICA), podrán gestionarse

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj
Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

mediante su reutilización en firmes de caminos, rellenos etc. Si no son posibles las opciones anteriores se gestionarán en vertedero autorizado.

- Escombros, y excedentes de hormigón: Gestión en vertedero autorizado. Si es factible, los restos de hormigón se llevarán a una trituradora de áridos para su reutilización.

- Chatarra: se entregará a gestor autorizado para que proceda al reciclado de las distintas fracciones.

5.2 RESIDUOS PELIGROSOS

Los residuos peligrosos se gestionarán mediante gestor autorizado. Se dará preferencia a aquellos gestores que ofrezcan la posibilidad de reciclaje y valorización como destinos finales frente a la eliminación.

Antes del inicio de las obras los contratistas están obligados a programar la gestión de los residuos que prevé generar. En el **Plan de gestión de residuos de construcción** se reflejará la gestión prevista para cada tipo de residuo: planes para la reutilización de excedentes de excavación u hormigón, retirada a vertedero y gestiones a través de gestor autorizado (determinando los gestores autorizados), indicando el tratamiento final que se llevará a cabo en cada caso.

Como anexo a dicho Plan el contratista deberá presentar la documentación legal necesaria para llevar a cabo las actividades de gestión de residuos:

- Acreditación como productor de residuos en la Comunidad Autónoma en la que se llevan a cabo los trabajos
- Autorizaciones de los transportistas y gestores de residuos (las correspondientes según se trate de residuos peligrosos o no peligrosos)
- Autorizaciones de vertederos y depósitos
- Documentos de Aceptación de los residuos que se prevé generar (residuos peligrosos)

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

Al final de los trabajos las gestiones de residuos realizadas quedaran registradas en una ficha de “Gestión de residuos generados en las obras de construcción” que incluirá las cantidades de residuos generadas según su tipo, destino y fecha de gestión.

Además de cumplimentar la ficha el contratista proporcionará la documentación acreditativa de las gestiones realizadas:

- Documentos de Control y Seguimiento (Residuos peligrosos)
- Notificaciones de traslado (Residuos peligrosos)
- Albaranes de retirada o documentos de entrega de residuos no peligrosos.
- Permisos de vertido/reutilización de excedentes de excavación

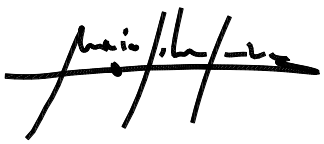
COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622M3NmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos

6 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE GESTIÓN

En el cuadro que se muestra a continuación se incluye una estimación de las cantidades previstas de residuos a generar y los costes asociados a su gestión. Se resalta que el coste es muy aproximado pues los precios están sometidos a bastante variación en función de los transportistas y gestores utilizados y además las cantidades estimadas en este estado del anteproyecto también se irán ajustando con el desarrollo del mismo.

Tipo residuo	Código LER	Cantidad estimada de residuo generado	Unidades	Costes estimados de gestión
Excedentes de excavación	170504	210713	m^3	226.094,57 €
Restos de hormigón	170101	132	m^3	708,80 €
Escombros	170107	1236	kg	2.985,18 €
Papel y cartón	200101	15	kg	0,03 €
Maderas	170201	309	kg	1,24 €
Plásticos (envases y embalajes)	170203	18547	kg	79,60 €
Chatarras metálicas	170405/170407/ 170401/170402	300000	kg	241,42 €
Restos asimilables a urbanos	200301	6840	kg	2,75 €
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos(Si segregan)	150102/150104/ 150105/150106	10260	kg	4,13 €
Trapos impregnados	150202*	2	kg	0,46 €
Tierras contaminadas	170503*	618	kg	2.487,65 €
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*/150111*	15	kg	4,98 €
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	641	kg	2,58 €
			TOTAL	**232.613,40 €**

Madrid, abril de 2021
La Ingeniera Industrial



María Soler Soneira
Colegiada ICAI nº4123/3353

COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Visado n.º: 0194/21. Fecha: 28/04/2021. Firmado electronicamente por el COLEGIO NACIONAL DE INGENIEROS ICAI. Autenticidad verificable mediante CSV.: 2PS161959622MGNmYTQwMj Autenticidad verificable a través de la página: https://www.icai.es/verificacion-de-documentos