RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

INTERCONEXIÓN ELECTRICA ESPAÑA – FRANCIA POR EL GOLFO DE BIZKAIA

AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN GATICA 400/220 KV

COMUNIDAD AUTONOMA AFECTADA

País Vasco

TÉRMINO MUNICIPAL

Gatika

Madrid Marzo de 2021

Rfª.: TI.S/2018/604

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES COIIM - MADRID
Nº VISADO 202101465 FECHA DE VISADO 30/04/2021
VISADO
DOCUMENTO VISADO CON FIRMA ELECTRÓNICA
COLEGIADO Nº 12864 COIIM LUIS CABEZON LOPEZ

CABEZON LOPEZ LUIS - 02541342A

Firmado digitalmente por CABEZON LOPEZ LUIS - 02541342A
Fecha: 2021.04.30 13:30:12 +02'00'

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN GATICA 400/220 kV

ÍNDICE

		Nº PÁGINAS
DOCUMENTO 1	MEMORIA	34
ANEXO 1A	CÁLCULOS 400	19
ANEXO 1B	CÁLCULOS 220	11
DOCUMENTO 2	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	10
ANEXO 1	REQUISITOS AMBIENTALES. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	16
ANEXO 2	ESTUDIO DE SEGURIDAD	17
DOCUMENTO 3	PLANOS	15
DOCUMENTO 4	PRESUPUESTO	3
DOCUMENTO 5	ESTUDIO CAMPOS MAGNÉTICOS 400	12
DOCUMENTO 5	ESTUDIO CAMPOS MAGNÉTICOS 220	12

Madrid, Marzo de 2021

El Ingeniero industrial

Luis Cabezón López

Jefe del Departamento de Ingeniería de Subestaciones

Red Eléctrica de España SAU

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN GATICA 400/220 kV

DOCUMENTO 1

MEMORIA

Dirección de **Ingeniería y Medio Ambiente**
Dpto. **Ingeniería de Subestaciones**

Marzo de 2021

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Índice

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES 4

1.1 ANTECEDENTES 4

1.2 JUSTIFICACIÓN Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN 4

1.3 OBJETO 5

1.4 RELACIÓN DE ADMINISTRACIONES, 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 7

1.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS A EFECTOS RETRIBUTIVOS 12

1.6 ESQUEMA DE LA ACTUACIÓN 13

1.7 GENERALIDADES E HIPÓTESIS DE DISEÑO 14

1.7.1 Características básicas y emplazamiento 14

1.7.2 Hipótesis de diseño 14

1.8 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN 15

1.8.1 Descripción general de la instalación 15

1.8.2 Configuración y disposición general de la instalación 15

1.9 SISTEMA ELÉCTRICO 18

1.9.1 Magnitudes eléctricas 18

1.9.2 Distancias 18

1.9.3 Embarrados 21

1.9.4 Características de la aparamenta 23

1.10 RED DE TIERRAS 26

1.10.1 Red de tierras superiores 26

1.10.2 Red de tierras inferiores 26

1.11 ESTRUCTURAS METÁLICAS 26

1.12 SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN 27

1.12.1 Sistemas de control 27

1.12.2 Sistemas de protecciones 27

1.13 SERVICIOS AUXILIARES 28

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

1.14 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES 29

1.15 OBRA CIVIL Y EDIFICACIÓN 30

1.15.1 Drenajes 30

1.15.2 Cimentaciones, viales y canales de cables 30

1.15.3 Accesos 30

1.15.4 Edificios y casetas 30

1.15.5 Cerramiento 31

1.16 INSTALACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA 31

1.16.1 Alumbrado 31

1.16.2 Fuerza 31

1.17 SISTEMA CONTRAINCENDIOS Y ANTIINTRUSISMO 31

CAPÍTULO 2. NORMATIVA APLICADA 33

CAPÍTULO 3. PLAZO DE EJECUCIÓN Y FECHA PREVISTA DE PUESTA EN SERVICIO 34

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

RED ELÉCTRICA, en el ejercicio de sus funciones, ha proyectado la construcción de la Interconexión España-Francia por el golfo de Bizkaia, dicha instalación requiere de la construcción de una Estación Conversora AC/DC y para posibilitar la implantación de esta infraestructura, es necesario proceder a la ampliación de la Subestación de Gatica 400/220 kV, propiedad de RED ELÉCTRICA, y a la construcción de una Línea doble circuito subterránea a 400 kV entre la Subestación de Gatica y la Estación Conversora.

La ampliación de la Subestación de Gatica 400/220 kV se encuentra asociada al proyecto Interconexión España-Francia por el golfo de Bizkaia, incluido en el documento "Planificación Energética. Plan de Desarrollo de la Red de Transporte de Energía Eléctrica 2015-2020", aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros de 16 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.

1.2 JUSTIFICACIÓN Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN

La Interconexión España-Francia por el golfo de Bizkaia, 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.

La 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

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

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.

1.3 OBJETO

De conformidad con lo establecido en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico 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, RED ELÉCTRICA ha proyectado en la Subestación GATICA 400/220 kV, un nuevo transformador 400/220 kV de 600 MVA, la ampliación, adecuación y reconfiguración de la misma en los parques de 400 y 220 kV, con objeto de dotar a la misma de dos nuevas salidas de línea, que alimentarán a la nueva Estación Conversora AC/DC.

Constituye el objeto del presente proyecto, a efectos administrativos, la aportación de los datos precisos para la obtención de las siguientes autorizaciones, que ostenta la competencia la Administración General del Estado:

- Autorización administrativa previa, Autorización administrativa de construcción para la ampliación de la subestación GATICA 400/220 kV en los parques de 400 KV.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Conforme a lo establecido en la Ley 24/2013 y el Reglamento (UE) 347/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de abril de 2013, relativo a las orientaciones sobre las infraestructuras energéticas transeuropeas, resulta órgano sustantivo, para la obtención de las referidas resoluciones, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. La tramitación del expediente administrativo compete a la Dependencia de Indus-tria y Energía de la Subdelegación del Gobierno en Bizkaia.

Las instalaciones descritas se encuentran asociadas al proyecto Interconexión España-Francia por el Golfo de Bizkaia, por lo tanto y 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, la interconexión 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 conjunto 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 y Línea doble circuito subterránea a 400 kV entre la Subestación de Gatica y la Estación Conversora.
- 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 Demográfico formulará la Declaración de Impacto Ambiental conjunta, de las referidas instalaciones.

Así mismo, constituye el objeto del proyecto el parque de 220 kV cuya competencia para la obtención de las siguientes autorizaciones, reside en la Administración del País Vasco:

- Autorización administrativa previa y Autorización administrativa de construcción para la ampliación de la subestación GATICA 400/220 kV en el parque de 220 kV.

La tramitación y resolución de las autorizaciones compete a la Dirección de Energía, Minas y Administración Industrial del Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras del Gobierno Vasco.

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 duodécima,

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

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 337/2014, de 9 de mayo, 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-RAT 01 a 23.

1.4 RELACIÓN DE ADMINISTRACIONES, 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

- AYUNTAMIENTO DE GATIKA
- AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD AÉREA (AESA)
- DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN EL 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
- DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, URBANISMO Y REGENERACIÓN URBANA

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

DE LA VICECONSEJERÍA DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL DEL GOBIERNO VASCO

- DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA Y ESTRATEGIA DE LA VICECONSEJERÍA DE TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD DEL GOBIERNO VASCO
- DIRECCIÓN GENERAL DE PROMOCIÓN EMPRESARIAL Y DESARROLLO ECONÓMICO DEL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO Y TERRITORIAL. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA S.A.U.
- SECCIÓN DE ORDENACIÓN TERRITORIAL DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y COHESIÓN DEL TERRITORIO. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- SERVICIO DE PLANEAMIENTO URBANÍSTICO DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y COHESIÓN DEL TERRITORIO. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA.
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE FOMENTO DEL DESARROLLO RURAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL Y POLÍTICA FORESTAL
- 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
- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL.
- 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

OTROS ORGANISMOS/ASOCIACIONES

- AGENCIA VASCA DE TURISMO (BASQUETOUR)
- AGENCIA VASCA DEL AGUA (URA)
- ALNITAK. MARINE RESEARCH 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

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- 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
- AYUNTAMIENTO DE LEMOIZ
- AYUNTAMIENTO DE MARURI – JATABE
- AYUNTAMIENTO DE MUNGIA
- BIZKAIA EUSKAL NEKAZARIEN BATASUNA (ENBA)
- BUTROIK BIZIRIK
- CÁMARA DE COMERCIO, INDUSTRIA Y NAVEGACIÓN DE BILBAO
- CAPITANÍA MARÍTIMA DE BILBAO
- CAPITANÍA MARÍTIMA DE PASAIA
- CENTRO PARA EL AHORRO Y DESARROLLO ENERGÉTICO Y MINERO, S.A. (CADEM)
- CENTRO TECNOLÓGICO EXPERTO EN INNOVACIÓN MARINA Y ALIMENTARIA (A.Z.T.I.)
- 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)
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL CANTÁBRICO
- CONSEJO SUPERIOR DE COOPERATIVAS DE EUSKADI
- CONSORCIO DE AGUAS BILBAO
- CULTURA - OCIO - TURISMO (AKTUAL)
- DEMARCACIÓN DE COSTAS DEL PAÍS VASCO
- DIRECCIÓN DE PESCA Y ACUICULTURA DE LA VICECONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y POLÍTICA ALIMENTARIA DEL GOBIERNO VASCO
- DIRECCIÓN DE PUERTOS Y ASUNTOS MARÍTIMOS DE LA VICECONSEJERÍA DE INFRAESTRUCTURAS Y TRANSPORTES DEL GOBIERNO VASCO

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- DIRECCIÓN GENERAL DE BELLAS ARTES Y PATRIMONIO CULTURAL DEL MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTE
- DIRECCIÓN GENERAL DE LA MARINA MERCANTE
- E.V.E (ENTE VASCO DE LA ENERGÍA)
- EGUZKI TALDE EKOLOGISTA
- EKOLOGISTAK MARTXAN BIZKAIA
- EKOLOGISTAK MARTXAN GIPUZKOA
- ENAGAS
- EUDEL (ASOCIACIÓN DE MUNICIPIOS VASCOS)
- FEDERACIÓN COFRADÍAS DE PESCADORES BIZKAIA
- FEDERACIÓN COFRADÍAS DE PESCADORES GIPUZKOA
- FEDERACIÓN DE COOPERATIVAS AGRO-ALIMENTARIAS DE EUSKADI
- FEDERACIÓN NACIONAL DE COFRADÍAS DE PESCADORES
- FUNDACIÓN INSTITUTO DE TRANSPORTE Y COMERCIO
- GREENPEACE
- IHOBE - SOCIEDAD PÚBLICA DE GESTIÓN AMBIENTAL
- INGENIERÍA SIN FRONTERAS DEL PAÍS VASCO
- INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA-IEO
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA - IGME
- INSTITUTO HIDROGRÁFICO DE LA MARINA
- 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
- PUERTOS DEL ESTADO
- SAGARRAK EKOLOGISTA TALDEA
- SECRETARIA DE ESTADO DE DEFENSA
- SECRETARÍA DE ESTADO DE ENERGÍA
- SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE
- SEO/BIRDLIFE

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- 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
- 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
- SOCIEDAD CONSERVACIÓN VERTEBRADOS (SCV)
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CETACEOS (SEC)
- SOCIEDAD PARA EL ESTUDIO Y LA CONSERVACIÓN DE LA FAUNA MARINA (AMBAR ELKARTEA)
- 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 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 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
- SUBDIRECCIÓN GENERAL PARA LA PROTECCIÓN DEL MAR DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE SOSTENIBILIDAD DE LA COSTAS Y DEL MAR
- SUBSECRETARÍA DE FOMENTO
- UNIÓN DE SILVICULTORES DEL SUR DE EUROPA (USSE)
- VICECONSEJERÍA DE TRANSPORTES DEL GOBIERNO VASCO
- WWF/ADENA.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

1.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS A EFECTOS RETRIBUTIVOS

Parque de 400 kV

- **Nuevas posiciones de interruptor a instalar:**

Número de posiciones equipadas	7

- **Características:**

Parque 400kV

Tecnología	AIS
Instalación	Convencional exterior
Configuración	Interruptor y medio
Intensidad de cortocircuito de corta duración	50 kA

Parque 220kV

- **Nuevas posiciones de interruptor a instalar:**

Número de posiciones equipadas	1

- **Características:**

Tecnología	AIS
Instalación	Convencional exterior
Configuración	Doble Barra
Intensidad de cortocircuito de corta duración	40 kA

- **Transformadores:**

Número	1
Número de devanados	3
Relación de transformación	400/220
Potencia	600 MVA
Configuración	3 unidades monofásicas

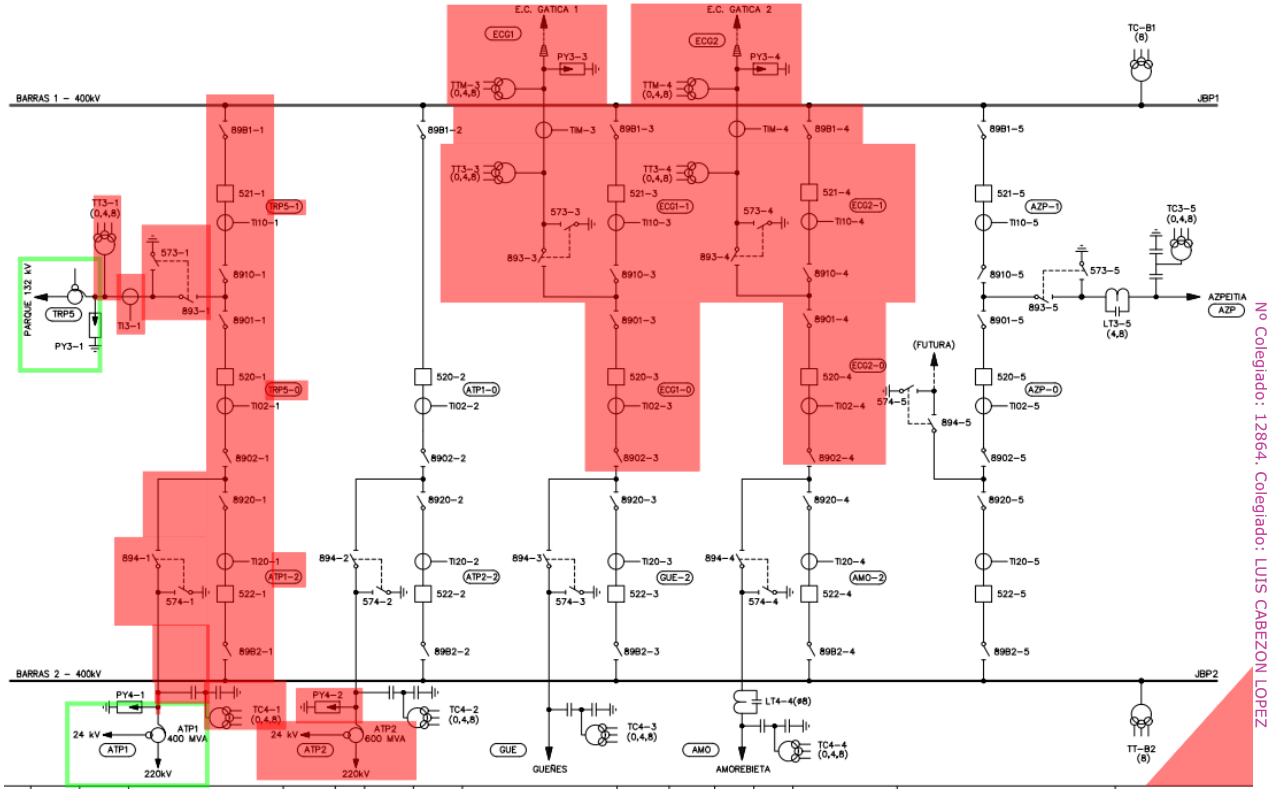
Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

1.6 ESQUEMA DE LA ACTUACIÓN

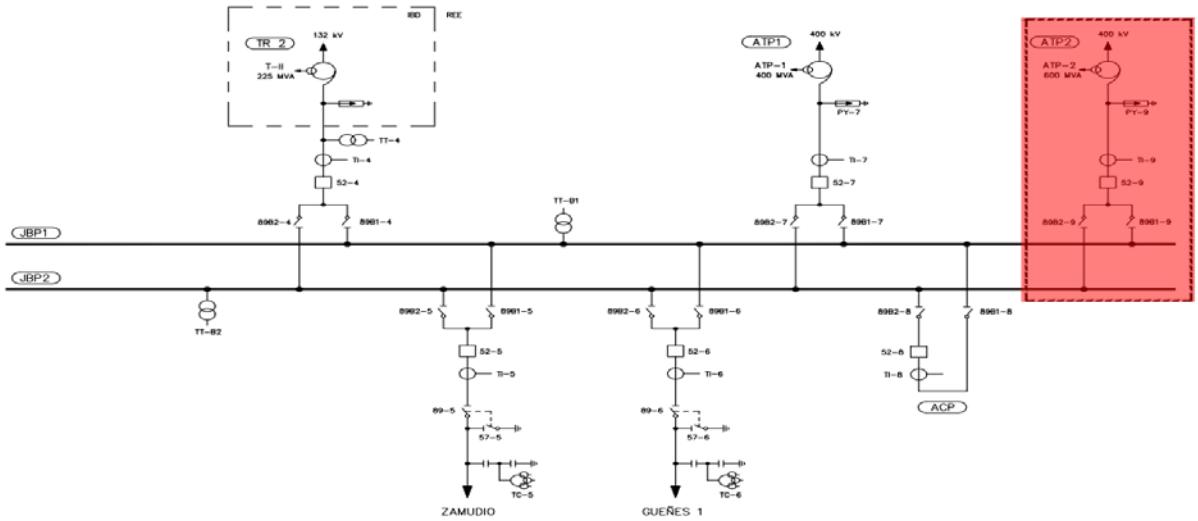
La actuación consiste en la ampliación de la subestación GATICA 400/220 kV tipo AIS, el parque de 400KV tiene una configuración de Interruptor y medio, y el parque de 220kV tiene una configuración de doble barra. Los esquemas unifilares de los parques de 400 y 220 kV recogen las actuaciones a realizar, se muestra a continuación.

Subestación eléctrica GATICA, parque 400/220 kV

Parque 400



Parque 220



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

1.7 GENERALIDADES E HIPÓTESIS DE DISEÑO

1.7.1 Características básicas y emplazamiento

La subestación de GATICA 400/220 kV está situada en el término municipal de Gatica, provincia de Vizcaya, Comunidad Autónoma del País Vasco.

La ubicación queda reflejada en el plano de situación geográfica Documento nº3 Planos del presente proyecto.

Atendiendo las características ambientales del emplazamiento seleccionado esta instalación se realiza con tecnología AIS.

De acuerdo con los criterios establecidos en el *Procedimiento de Operación 13.3 Instalaciones de la Red de Transporte: Criterios de diseño, requisitos mínimos y comprobación de equipamiento y puesta en servicio* aprobado en resolución de 11 de Febrero de 2005, de la Secretaría General de la Energía, por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, se ha proyectado que el parque de 400 kV de la subestación GATICA se construya con configuración de Interruptor y medio.

1.7.2 Hipótesis de diseño

- **Condiciones ambientales**

Las condiciones ambientales del emplazamiento son las siguientes:

- Altura media sobre el nivel del mar ..... 113 m
- Temperaturas extremas ..... + 40º C/-20º C
- Contaminación ambiental ..... Medio
- Nivel de niebla ..... Medio

Para el cálculo de la sobrecarga del viento, se ha considerado viento horizontal con velocidad de 140 km/h.

Los embarrados y tendidos altos se han diseñado considerando la Zona A según "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2008" y para el resto de la instalación con las sobrecargas consideradas en el Documento Básico de Seguridad Estructural SE-AE "Seguridad Estática. Acciones en la Edificación" del Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.

Respecto a las acciones sísmicas, la norma NCSR-02 contempla la necesidad de su aplicación en construcciones de especial importancia, como ésta, cuando la aceleración sísmica básica sea superior o igual a 0,04 g, siendo en Gatica de < 0,04g por lo que no se tendrán en cuenta estas acciones sísmicas.

- **Datos de cortocircuito**

-Parque 400 KV

El proyecto considera una intensidad de cortocircuito de corta duración de 50 kA.

Las intensidades de cortocircuito previstas en el horizonte 2020 para el parque de 400 kV son las siguientes:

- Monofásica ..... 20,06 kA
- Trifásica ..... 23,88 kA

Estos valores son menores que los de la intensidad de cortocircuito de corta duración de diseño.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- **Parque 220 KV**

El proyecto considera una intensidad de cortocircuito de corta duración de 40 kA.

Las intensidades de cortocircuito previstas en el horizonte 2020 para el parque de 220 kV son las siguientes:

- Monofásica ..... 21,98 kA
- Trifásica 21,26kA

Estos valores son menores que los de la intensidad de cortocircuito de corta duración de diseño.

- **Datos del terreno a efectos de la red de tierras**

A efectos de cálculo se considera una resistividad del terreno de 200 ohm*m.

1.8 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

1.8.1 Descripción general de la instalación

El parque de 400 kV en la subestación de GATICA responde a las siguientes características principales:

- Tensión nominal..... 400 kV
- Tensión más elevada para el material (Um) ..... 420 kV
- Tecnología..... AIS
- Instalación..... Convencional exterior
- Configuración..... Interruptor y medio
- Intensidad de cortocircuito de corta duración ..... 50 kA

1.8.2 Configuración y disposición general de la instalación

- Gatica parque de 400KV en configuración de Interruptor y medio existente

Calle	Existente	
	Posición	Nº interruptores
1	Reserva No equipada JBP1	0
1	Celda central	0
1	Reserva No equipada JBP2	0
2	Reserva No equipada JBP1	0
2	Celda central	1
2	ATP1 400/220 JBP2	1
3	TRP5 400/132 JBP1	1
3	Celda central	1
3	Güeñes JBP2	1

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

4	Reserva No equipada JBP1	0
4	Celda central	1
4	AMOREBIETA JBP2	1
5	AZPEITIA JBP1	1
5	Celda central	1
5	Reserva equipada LMZ1 JBP2	1

-Gatica parque de 400KV en configuración de Interruptor y medio con la ampliación

Calle	Con la ampliación		
	Posición	Nº interruptores	Nº interruptores nuevos
1	TRP5 400/132	1	1
1	Celda central	1	1
1	ATP1 400/220	1	1
2	Reserva No equipada	0	
2	Celda central	1	
2	ATP2 400/220	1	
3	Estación Conversora 1	1	1
3	Celda central	1	1
3	Güeñes	1	
4	Estación Conversora 2	1	1
4	Celda central	1	1
4	AMOREBIETA	1	
5	AZPEITIA	1	
5	Celda central	1	
5	Reserva equipada LMZ1	1	

-PARQUE 220 Doble barra

El parque de 220 kV en la subestación de GATICA responde a las siguientes características principales:

- Tensión nominal ..... 220 kV
- Tensión más elevada para el material (Um)..... 245 kV
- Tecnología ..... AIS
- Instalación ..... Convencional exterior

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- Configuración..... Doble barra
- Intensidad de cortocircuito de corta duración ..... 40 kA

-Gatica parque de 220KV en configuración de Doble Barra existente

Calle	Existente	
	Posición	Nº interruptores
1	Reserva No equipada	0
2	Reserva No equipada	0
3	Reserva No equipada	0
4	ATP2 220/132	1
5	Zamudio	1
6	Güeñes 1	1
7	ATP1 400/220	1
8	Acoplamiento	1

-Gatica parque de 220KV en configuración de Doble Barra con la ampliación

Calle	Con la ampliación	
	Posición	Nº interruptores nuevos
1	Reserva No equipada	0
2	Reserva No equipada	0
3	Reserva No equipada	0
4	ATP2 220/132	0
5	Zamudio	0
6	Güeñes 1	0
7	ATP1 400/220	0
8	Acoplamiento	0
9	ATP2 400/220 600 MVA	1

La configuración y disposición general de la instalación queda reflejada en los planos: esquema unifilar simplificado, planta general y secciones generales del Documento nº3 Planos del presente Proyecto.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

1.9 SISTEMA ELÉCTRICO

1.9.1 Magnitudes eléctricas

Las magnitudes eléctricas básicas de diseño adoptadas para el parque de **400 kV**:

- Tensión nominal ..... 400 kV
- Tensión más elevada para el material (Ve) ..... 420 kV
- Neutro ..... Rígido a tierra
- Instensidad de cortocircuito trifásico (valor eficaz) ..... 50 kA
- Tiempo de extinción de la falta ..... 0,5 seg
- Nivel de aislamiento:
  - Tensión soportada a impulso tipo maniobra ..... 1.050 kV
  - Tensión soportada a impulso tipo rayo ..... 1.425 kV
- Línea de fuga mínima para aisladores ..... 31 mm/kV

Las magnitudes eléctricas básicas de diseño adoptadas para el parque de **220 kV**:

- Tensión nominal ..... 220 kV
- Tensión más elevada para el material (Ve) ..... 245 kV
- Neutro ..... Rígido a tierra
- Instensidad de cortocircuito trifásico (valor eficaz) ..... 40 kA
- Tiempo de extinción de la falta ..... 0,5 seg
- Nivel de aislamiento:
  - Tensión soportada a impulso tipo maniobra ..... 460 kV
  - Tensión soportada a impulso tipo rayo ..... 1.050 kV
- Línea de fuga mínima para aisladores ..... 6.125 mm (25 mm/kV)

1.9.2 Distancias

Las distancias mínimas adoptadas para el **parque de 400 kV** son las indicadas a continuación, según las magnitudes eléctricas indicadas y la normativa aplicable.

- **Para conductores rígidos (embarrados de interconexión):**

Distancias fase-tierra:

- Conductor-estructura ..... 2.600 mm

Distancias fase-fase:

- Conductores paralelos ..... 3.600 mm
- Punta-conductor ..... 4.200 mm

Las distancias adoptadas son válidas, dado que la altura de la instalación sobre el nivel del mar es inferior/superior a 1.000 m.

- **Para conductores tendidos:**

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Este tipo de conductores se verán sometidos bajo ciertas condiciones de defecto a movimientos de gran amplitud, los cuales, y durante algunos instantes, aproximan entre sí a los conductores de fase hasta unas distancias inferiores a las normalizadas.

Por consiguiente, es posible considerar unas distancias mínimas temporales de aislamiento inferiores a las normalizadas ya que debe tenerse en cuenta que:

Los tipos de sobretensiones a considerar son reducidos y sólo deben considerarse aquellas que pudieran ser simultáneas al propio defecto de cortocircuito y con más precisión al momento en el que los conductores se aproximan.

No es por lo tanto, necesario considerar sobretensiones de tipo rayo, ya que es altamente improbable que coincidan con un cortocircuito entre fases.

Por otro lado, la longitud de vano que experimenta la reducción de la distancia de aislamiento es pequeña, y su duración es muy reducida, de forma que la posibilidad de fallo se hace mínima. En este sentido, hay que tener en cuenta que, en el caso de conductores rígidos se elimina la posibilidad de una falta producida por el movimiento de los conductores tras una falta en las salidas de línea.

Basándose en lo anterior, se adoptan las siguientes distancias de aislamiento temporal en conexiones tendidas:

- Conductor-estructura ..... 1.550 mm
- Conductor-conductor..... 1.800 mm

Para la determinación de este tipo de distancias, se han tenido en cuenta los siguientes criterios básicos de implantación:

- Las distancias serán tales que permitirán el paso del personal y herramientas por todos los puntos del parque de Convencional exterior bajo los elementos en tensión sin riesgo alguno.
- Deberán permitir el paso de vehículos de transporte y de elevación necesarios para el mantenimiento o manipulación de elementos de calles en descargo, bajo el criterio de gálibos estipulados.

No se han tenido en cuenta, por lógica, las exigencias que se deriven de la realización de trabajos de conservación bajo tensión. En estos casos será necesario aumentar las distancias entre fases con respecto a la disposición física preestablecida, con lo que el resto de los condicionantes se cumplirá con un margen mayor.

Al considerar todo lo anterior, y de acuerdo con lo que se indica, se establecerán las siguientes distancias en el parque de 400 kV:

- Entre ejes de aparellaje ..... 5.000 mm
- Entre ejes de conductores tendidos ..... 6.000 mm
- Anchura de calle ..... 20.000 mm
- Altura de embarrados de interconexión entre aparatos.... 7.500 mm
- Altura de embarrados principales altos..... 13.500 mm
- Altura de tendidos altos..... 20.450 mm

Como se puede observar, las distancias mínimas son muy superiores a la preceptuada en la normativa.

Con respecto a la altura de las partes en tensión sobre viales y zonas de servicio accesibles al personal, la normativa, prescribe una altura mínima de 2.300 mm a zócalo de aparatos, lo que se garantizará con las estructuras soporte del aparellaje.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Las distancias mínimas adoptadas para el **parque de 220 kV** son las indicadas a continuación, según las magnitudes eléctricas indicadas y la normativa aplicable.

- **Para conductores rígidos (embarrados de interconexión):**

Distancias fase-tierra:

- Conductor-estructura ..... 2.100 mm

Distancias fase-fase:

- Conductores paralelos ..... 2.100 mm
- Punta-conductor ..... 2.100 mm

Las distancias adoptadas son válidas, dado que la altura de la instalación sobre el nivel del mar es inferior/superior a 1.000 m.

- **Para conductores tendidos:**

Este tipo de conductores se verán sometidos bajo ciertas condiciones de defecto a movimientos de gran amplitud, los cuales, y durante algunos instantes, aproximan entre sí a los conductores de fase hasta unas distancias inferiores a las normalizadas.

Por consiguiente, es posible considerar unas distancias mínimas temporales de aislamiento inferiores a las normalizadas ya que debe tenerse en cuenta que:

Los tipos de sobretensiones a considerar son reducidos y sólo deben considerarse aquellas que pudieran ser simultáneas al propio defecto de cortocircuito y con más precisión al momento en el que los conductores se aproximan.

No es por lo tanto, necesario considerar sobretensiones de tipo rayo, ya que es altamente improbable que coincidan con un cortocircuito entre fases.

Por otro lado, la longitud de vano que experimenta la reducción de la distancia de aislamiento es pequeña, y su duración es muy reducida, de forma que la posibilidad de fallo se hace mínima. En este sentido, hay que tener en cuenta que, en el caso de conductores rígidos se elimina la posibilidad de una falta producida por el movimiento de los conductores tras una falta en las salidas de línea.

Basándose en lo anterior, se adoptan las siguientes distancias de aislamiento temporal en conexiones tendidas:

- Conductor-estructura ..... 1.550 mm
- Conductor-conductor ..... 1.800 mm

Para la determinación de este tipo de distancias, se han tenido en cuenta los siguientes criterios básicos de implantación:

- Las distancias serán tales que permitirán el paso del personal y herramientas por todos los puntos del parque de Convencional exterior bajo los elementos en tensión sin riesgo alguno.
- Deberán permitir el paso de vehículos de transporte y de elevación necesarios para el mantenimiento o manipulación de elementos de calles en descargo, bajo el criterio de gálibos estipulados.

No se han tenido en cuenta, por lógica, las exigencias que se deriven de la realización de trabajos de conservación bajo tensión. En estos casos será necesario aumentar las distancias entre fases con respecto a la disposición física preestablecida, con lo que el resto de los condicionantes se cumplirá con un margen mayor.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Al considerar todo lo anterior, y de acuerdo con lo que se indica, se establecerán las siguientes distancias en el parque de 220 kV:

- Entre ejes de aparellaje ..... 4.000 mm
- Entre ejes de conductores tendidos ..... 4.000 mm
- Anchura de calle ..... 13.500 mm
- Altura de embarrados de interconexión entre aparatos.... 6.000 mm
- Altura de embarrados principales altos..... 10.500 mm
- Altura de tendidos altos..... 14.950 mm

Como se puede observar, las distancias mínimas son muy superiores a la preceptuada en la normativa.

Con respecto a la altura de las partes en tensión sobre viales y zonas de servicio accesibles al personal, la normativa, prescribe una altura mínima de 2.300 mm a zócalo de aparatos, lo que se garantizará con las estructuras soporte del aparellaje.

1.9.3 Embarrados

Los conductores del **parque de 400 kV** estarán dispuestos en tres niveles:

- Embarrados bajos, conexiones entre aparatos a 7,5 m de altura. Se realizarán con tubo de aluminio.
- Embarrados altos, barras principales de tubo de aluminio a 13,5 m de altura en configuración apoyada sobre aisladores soporte.
- Tendidos altos de cable dúplex de aluminio-acero a 20,45 m de altura.

- **Embarrados en tubo**

Las características de los tubos destinados a los embarrados principales de 400 kV serán las siguientes:

- Aleación ..... AlMgSiO, 5 F22
- Diámetros exterior/interior ..... 250/228 mm
- Sección total del conductor ..... 8.259 mm²
- Intensidad admisible permanente a 85º C ..... 7.824 A

Las características de los tubos destinados a la interconexión del aparellaje serán las siguientes:

- Aleación ..... AlMgSiO, 5 F22
- Diámetros exterior/interior ..... 150/134 mm
- Sección total del conductor ..... 3.569 mm²
- Intensidad admisible permanente a 85º ..... 4.408 A

Los tubos no podrán ser soldados en ningún punto o tramo, por lo que se ha previsto que su suministro se realice en tiradas continuas y en tramos conformados, cortados y curvados en fábrica, debiéndose proceder a pie de obra tan sólo a su limpieza y montaje posterior.

En todos los tramos superiores a 6 m se ha previsto la instalación en el interior de la tubería de cables de amortiguación. Estos serán del mismo tipo y características indicados para los embarrados en cable en formación simple.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- **Disposición y tipo de embarrado**

Se adaptará al nivel en que los conductores están dispuestos en el parque de 400 kV:

- Tendidos altos de cable dúplex de aluminio-acero a 20,45 m de altura.

- **Embarrados con cable**

Los tendidos altos estarán formados por cables de aluminio con alma de acero tendrá con la siguiente configuración y características:

- Formación.....Dúplex
- Tipo.....Lapwing
- Sección total del conductor.....861,33 mm²
- Diámetro exterior.....38,16 mm
- Intensidad admisible permanente a 35º C de temperatura ambiente y 85º C en conductor .....2.846 A

El amarre de las conexiones tendidas a los pórticos se realizará mediante doble cadena de aisladores de vidrio y contemplada con la piecería adecuada.

La unión entre conductores y entre éstos y el aparellaje se realizará mediante piezas de conexión provistas de tornillos de diseño embutido, y fabricadas según la técnica de la masa anódica.

Los conductores del **parque de 220 kV** estarán dispuestos en tres niveles:

- Embarrados bajos, conexiones entre aparatos a 6 m de altura. Se realizarán con tubo de aluminio.
- Embarrados altos, barras principales de tubo de aluminio a 10,5 m de altura en configuración apoyada sobre aisladores soporte.
- Tendidos altos de cable dúplex de aluminio-acero a 14,95 m de altura.

- **Embarrados en tubo**

Las características de los tubos destinados a los embarrados principales de 220 kV serán las siguientes:

- Aleación.....AlMgSiO, 5 F22
- Diámetros exterior/interior.....150/134 mm
- Sección total del conductor.....3.569 mm²
- Intensidad admisible permanente a 85º C.....4.408 A

Las características de los tubos destinados a la interconexión del aparellaje serán las siguientes:

- Aleación.....AlMgSiO, 5 F22
- Diámetros exterior/interior.....100/88 mm
- Sección total del conductor.....1.772 mm²
- Intensidad admisible permanente a 85º.....2.040 A

Los tubos no podrán ser soldados en ningún punto o tramo, por lo que se ha previsto que su suministro se realice en tiradas continuas y en tramos conformados, cortados y curvados en fábrica, debiéndose proceder a pie de obra tan sólo a su limpieza y montaje posterior.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

En todos los tramos superiores a 6 m se ha previsto la instalación en el interior de la tubería de cables de amortiguación. Estos serán del mismo tipo y características indicados para los embarrados en cable en formación simple.

- **Disposición y tipo de embarrado**

Se adaptará al nivel en que los conductores están dispuestos en el parque de 220 kV:

  - Tendidos altos de cable dúplex de aluminio-acero a 14,95 m de altura.

- **Embarrados con cable**

Los tendidos altos estarán formados por cables de aluminio con alma de acero tendrá con la siguiente configuración y características:

  - Formación ..... Dúplex
  - Tipo ..... Rail
  - Sección total del conductor ..... 516,82 mm²
  - Diámetro exterior ..... 29,61 mm
  - Intensidad admisible permanente a 35º C de temperatura ambiente y 85º C en conductor ..... 2.064 A

El amarre de las conexiones tendidas a los pórticos se realizará mediante doble cadena de aisladores de vidrio y contemplada con la piecería adecuada.

La unión entre conductores y entre éstos y el aparellaje se realizará mediante piezas de conexión provistas de tornillos de diseño embutido, y fabricadas según la técnica de la masa anódica.

1.9.4 Características de la aparamenta

Se relaciona a continuación el aparellaje de la instalación, con el nivel de aislamiento definido anteriormente (AIS) en el **parque de 400 kV.**

Equipos con aislamiento en Aire

- **Interruptores automático:**
  - Tensión más elevada..... 420 kV
  - Intensidad nominal ..... 4000 A
  - Frecuencia nominal..... 50 Hz
  - Tecnología cámara de corte..... SF6
- **Transformadores de intensidad:**
  - Tensión más elevada..... 420 kV
  - Intensidad límite térmica..... 40 kA

Las relaciones de transformación, potencias y clases de precisión se adaptarán a lo preceptuado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (Real Decreto 1110/2007) y al sistema de protección y medida.

- **Transformadores de tensión**
  - Tensión más elevada..... 420 kV

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- Factor de tensión nominal en servicio continúo 1,2

Las relaciones de transformación, potencias y clases de precisión se adaptarán a lo preceptuado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (Real Decreto 1110/2007) y al sistema de protección y medida.

- **Seccionadores de barras:**

Los seccionadores de barras del Parque de 400 kV serán de tipo rotativo de tres columnas, de mando tripolar manual, y con las siguientes características:

- Tensión más elevada ..... 420 kV
- Intensidad nominal..... 3.150 A
- Intensidad límite térmica (1s) ..... 50 kA

- **Seccionadores de línea:**

- Tensión más elevada ..... 420 kV
- Intensidad nominal..... 3.150 A
- Intensidad límite térmica ..... 50 kA
- Intensidad límite dinámica ..... 125 kA
- Frecuencia nominal ..... 50 Hz

- **Seccionadores de aislamiento (seccionadores de posición):**

- Tensión más elevada ..... 420 kV
- Intensidad nominal..... 3.150 A
- Intensidad límite térmica ..... 50 kA

- **Seccionadores de Puesta a Tierra: Tripolar, con cuchilla de puesta a tierra, de mando unipolar motorizado, y de las siguientes características:**

- Tensión más elevada ..... 420 kV
- Intensidad límite térmica ..... 40 kA

- **Pararrayos:**

Se dispondrán autoválvulas con las siguientes características:

- Tensión nominal ..... 360 kV
- Tensión operación continua ..... >266 kV
- Intensidad nominal de descarga ..... 20 kA

- **Aisladores de apoyo:**

Los aisladores soporte para apoyo de los embarrados principales del parque de 400 kV se seleccionan con larga línea de fuga (LLF) y tienen las siguientes características:

- Tipo..... C16-1550
- Carga de rotura a flexión..... 16.000 N
- Carga de rotura a torsión ..... 6.000 Nm
- Longitud línea de fuga ..... ≥ 10.500 mm

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Se relaciona a continuación el aparellaje de la instalación, con el nivel de aislamiento definido anteriormente (AIS) en el **parque de 220 kV.**

Equipos con aislamiento en Aire

- **Interruptores automático:**
  - Tensión más elevada..... 245 kV
  - Intensidad límite térmica..... 40 kA
  - Frecuencia nominal..... 50 Hz
  - Tecnología cámara de corte..... SF6
- **Transformadores de intensidad:**
  - Tensión más elevada..... 245 kV
  - Intensidad límite térmica..... 40 kA
  - Las relaciones de transformación, potencias y clases de precisión se adaptarán a lo preceptuado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (Real Decreto 1110/2007) y al sistema de protección y medida.
- **Transformadores de tensión**
  - Tensión más elevada..... 245 kV
  - Factor de tensión nominal en servicio continúo 1,2

Las relaciones de transformación, potencias y clases de precisión se adaptarán a lo preceptuado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (Real Decreto 1110/2007) y al sistema de protección y medida.

- **Seccionadores de barras:**

Los seccionadores de barras del Parque de 220 kV serán de tipo rotativo de tres columnas, de mando tripolar manual, y con las siguientes características:

  - Tensión más elevada..... 245 kV
  - Intensidad límite térmica..... 40 kA

- **Seccionadores de línea:**
  - Tensión más elevada..... 245 kV
  - Intensidad nominal ..... 40 kA
  - Intensidad límite dinámica..... 79 kA (valor cresta)
  - Frecuencia nominal..... 50 Hz
- **Seccionadores de aislamiento (seccionadores de posición):**
  - Tensión más elevada..... 245 kV
  - Intensidad nominal ..... 40 kA
- **Seccionadores de Puesta a Tierra: Tripolar, con cuchilla de puesta a tierra, de mando unipolar motorizado, y de las siguientes características:**
  - Tensión más elevada..... 245 kV
  - Intensidad límite térmica..... 40 kA

- **Pararrayos:**

Se dispondrán autoválvulas con las siguientes características:

- Tensión nominal ..... 198 kV
- Tensión operación continua ..... >152 kV
- Intensidad nominal de descarga ..... 10 kA

- **Aisladores de apoyo:**

Los aisladores soporte para apoyo de los embarrados principales del parque de 220 kV se seleccionan con larga línea de fuga (LLF) y tienen las siguientes características:

- Tipo ..... C10-650 (LLF)

1.10 RED DE TIERRAS

1.10.1 Red de tierras superiores

Con el fin de conseguir tensiones de paso y contacto seguras, la subestación está dotada de una malla de tierras inferiores formada por cable de cobre, enterrada en el terreno, formando retículas que se extienden por todas las zonas ocupadas por las instalaciones, incluidas cimentaciones, edificios y cerramiento.

Se conectarán a la red de tierras de la subestación todas las partes metálicas no sometidas a tensión normalmente, pero que pudieran estarlo como consecuencia de averías, sobretensiones por descargas atmosféricas o tensiones inductivas, como la estructura metálica, las bases del aparellaje y los neutros de transformadores de medida, etc.

Estas conexiones se fijarán a la estructura y carcasas del aparellaje mediante tornillos y grapas especiales, que aseguran la permanencia de la unión, haciendo uso de soldaduras aluminotérmicas de alto poder de fusión, para las uniones bajo tierra, ya que sus propiedades son altamente resistentes a la corrosión galvánica.

Para la comprobación de las condiciones de seguridad de la red de tierras se consideran las intensidades de cortocircuito previstas en el horizonte 2020 (ver el apartado 2.1.2). En el desarrollo final de la instalación, la malla de tierra se dimensiona para soportar las intensidades de cortocircuito de corta duración de diseño.

En el Anexo de Cálculos se han reflejado los datos y cálculos de la malla a instalar. Este sistema de puesta a tierra aparece reflejado en el Documento nº3 Planos del presente Proyecto.

1.10.2 Red de tierras inferiores

Con el objeto de proteger los equipos de descargas atmosféricas directas, la subestación está dotada con una malla de tierras superiores, unida a la malla de tierra de la instalación a través de robustos elementos metálicos, lo que garantiza una unión eléctrica suficiente con la malla y la protección frente a descargas atmosféricas de toda la instalación.

1.11 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Las estructuras metálicas y soportes del aparellaje complementario de la nueva posición, se han diseñado con perfiles de acero. Todas las estructuras y soportes serán galvanizados en caliente como protección contra la corrosión.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Para el anclaje de estas estructuras, se dispondrán cimentaciones adecuadas a los esfuerzos que han de soportar, construidas a base de hormigón y en las que quedarán embebidos los pernos de anclaje correspondientes.

1.12 SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN

1.12.1 Sistemas de control

El sistema de control de la instalación está formado por una unidad central, puesto de operación duplicado y unidades locales distribuidas. La unidad central es la encargada de comunicarse con el despacho eléctrico.

Para cada calle se instalará una unidad local asociada a la posición que recogerá la información para el telecontrol y permitirá la funcionalidad de control (mando, alarmas y señalizaciones) para la operación local de mantenimiento.

1.12.2 Sistemas de protecciones

Parque 400kV

Conforme a lo requerido en los "Criterios generales de protección del Sistema Eléctrico Peninsular" se ha previsto la instalación de los siguientes sistemas de protección:

- **Embarrados:**

Se ha previsto la instalación de relés equipado con dos sistemas de protección independientes con las siguientes funciones:

- 87B-1: protección primaria para ambas barras (B1 y B2). Se definen dos zonas de protección independientes, una por barra.
- 87B-2: protección secundaria para ambas barras (B1 y B2). Se definen dos zonas de protección independientes, una por barra.

- **Sistema de protección de interruptor:**

Se ha previsto un relé de protección equipado con las siguientes funciones:

- Discordancia de polos (2).
- Comprobación de sincronismo y acoplamiento de redes (25-25AR).
- Protección por mínima tensión (27).
- Oscilografía.
- Fallo de interruptor (50S-62).
- Vigilancia de los circuitos de disparo (3).

- **Posiciones de línea:**

En cada posición se ha previsto un bastidor de relés equipado con dos sistemas de protección independientes con las siguientes funciones:

- Protección de principio diferencial (87).
- Sobreintensidad direccional de neutro (67N), para la detección de faltas altamente resisti-vas.
- Reenganche (79).

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- Localizador de faltas y oscilografía.
- Protección de distancia (21) como respaldo.
- Protección contra sobretensiones (59).

- **Posiciones de transformador**

Se ha previsto un bastidor de relés equipado con dos sistemas de protección independientes con las siguientes funciones:

- Protección primaria de principio diferencial (87).
- Protección secundaria de principio diferencial (87).
- Oscilografía.

Parque 220KV

Conforme a lo requerido en los "Criterios generales de protección del Sistema Eléctrico Peninsular" se ha previsto la instalación de los siguientes sistemas de protección:

- **Embarrados:**

Se ha previsto la instalación de relés equipado con dos sistemas de protección independientes con las siguientes funciones:

- 87B-1: protección primaria para ambas barras (B1 y B2). Se definen dos zonas de protección independientes, una por barra.
- 87B-2: protección secundaria para ambas barras (B1 y B2). Se definen dos zonas de protección independientes, una por barra.

- **Sistema de protección de interruptor:**

Se ha previsto un relé de protección equipado con las siguientes funciones:

- Discordancia de polos (2).
- Comprobación de sincronismo y acoplamiento de redes (25-25AR).
- Protección por mínima tensión (27).
- Oscilografía.
- Fallo de interruptor (50S-62).
- Vigilancia de los circuitos de disparo (3).

1.13 SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares de la subestación se dividen en Servicios Auxiliares de Corriente Alterna (ca) y Servicios Auxiliares de Corriente Continua (cc). Las tensiones nominales serán 400/230 V, 50 Hz de c.a. y 125 V y 48 V de c.c.

Servicios Auxiliares de Corriente Alterna.

Se contemplan las siguientes posibles fuentes de alimentación de c.a. a la ampliación de la subestación:

- Alimentación desde los terciarios de los transformadores de potencia.
- Alimentación desde una línea de M.T. y/o centro de transformación MT/BT.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- Grupo electrógeno.

Las fuentes de alimentación que se equipen, alimentarán un Cuadro Principal de Corriente Alterna que dispone de dos barras unidas por un interruptor de acoplamiento. La conmutación de las fuentes de alimentación principales es automática y se realiza en el Cuadro Principal de Corriente Alterna mediante un autómata programable.

Las condiciones de explotación de la instalación dependerán del tipo de fuente de alimentación que se tenga.

Servicios Auxiliares de Corriente Continua.

Desde el Cuadro Principal de Corriente Alterna se alimenta a los equipos rectificador-batería que constituyen las fuentes autónomas que dan seguridad funcional a la Subestación Eléctrica. Cada equipo rectificador-batería podrá alimentarse de manera conmutada desde ambas barras del Cuadro Principal de Corriente Alterna.

El Cuadro Principal de Corriente Continua de 125 Vcc, está formado por dos juegos de barras con acoplamiento. Cada uno de uno de estos juegos está alimentado, en condiciones normales, desde su correspondiente equipo rectificador-batería de 125 Vcc. Este cuadro da, entre otros, servicio a las alimentaciones necesarias de control y de maniobra.

El Cuadro Principal de Corriente Continua de 48 Vcc, estará formado por dos juegos de barras cada uno de ellos alimentado desde el correspondiente equipo rectificador-batería de 48Vcc. El diseño de este cuadro garantiza la alimentación permanente y la conmutación de las fuentes sin paso por cero, para aquellas salidas en las que esta condición es esencial.

1.14 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

Se ha previsto complementar la red de telecomunicaciones existente e instalar una red de telecomunicaciones con los equipos precisos que permitan asegurar el correcto funcionamiento del telecontrol y del telemando, de los sistemas de protección y de las necesidades de telegestión remota de los equipos de la instalación.

Telecomunicaciones para funciones de protección

Para la comunicación que requiere las funciones de protecciones de línea se han previsto enlaces digitales y/o analógicos, facilitados por la red de equipos de transmisión SDH y PDH, que a su vez están so-portados por la red de fibra óptica.

Las protecciones de distancia, interruptor y otras que requieran de la funcionalidad de teledisparo serán conectadas a teleprotecciones, equipadas con suficientes órdenes para satisfacer el servicio requerido.

Red de fibra óptica en la subestación

Se ha previsto una red de fibra óptica, en configuración de doble estrella con cables de fibra multimodo, desde el armario de fibra multimodo, hasta las dependencias, interiores o exteriores del edificio, que requieren servicios de comunicación de protecciones, servicios de telecontrol, telegestión y sincronización horaria, dando con ello servicio a las nuevas posiciones.

Telegestión de protecciones, sistemas de telecontrol y equipos de comunicaciones.

Todos los equipos de protecciones, telecontrol y comunicaciones asociados a la ampliación de este proyecto, van a ser telegestionados, por medio de su conexión a la red de servicios IP de la red de transporte de RED ELÉCTRICA. Esta red se distribuye por la subestación soportada por la red de fibra multimodo.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Red de Telefonía

La red de telefonía corporativa de RED ELÉCTRICA se ha previsto que sea extendida y desplegada en esta subestación por medio del uso de equipos y terminales preparados para el establecimiento de comunicaciones de voz. Esta soportada por el resto de redes desplegadas en la subestación y permite el acceso a las funcionalidades de comunicación vocal normalizadas en RED ELÉCTRICA.

1.15 OBRA CIVIL Y EDIFICACIÓN

1.15.1 Drenajes

En la plataforma se han previsto los tubos drenantes necesarios para evacuar las aguas en un tiempo razonable, de forma que no se produzca acumulación de agua en la instalación y se consiga la máxima difusión posible de las aguas de lluvia realizada la ampliación de la subestación.

La recogida de las aguas residuales se ha previsto con depósito estanco de poliéster reforzado con fibra de vidrio capaz de retener por un periodo determinado de tiempo las aguas servidas domésticas y equipado con tapa de aspiración y vaciado.

Los trabajos a acometer requieren la conexión a la red de pluviales existentes.

1.15.2 Cimentaciones, viales y canales de cables

Se han previsto las cimentaciones, canales de cables y viales necesarios conforme al plano incluido en el Documento nº3 Planos del presente proyecto.

Las nuevas cimentaciones a realizar serán las correspondientes al nuevo aparellaje a instalar.

Se ampliará la red de canales. Los canales de cables serán prefabricados, del tipo: A en acceso al aparellaje y B en principales de posición.

1.15.3 Accesos

Se mantiene el acceso existente a la instalación.

1.15.4 Edificios y casetas

- **Edificio de mando y control**

No será necesaria la construcción de nuevos edificios de mando y control. Se utilizarán los existentes en la subestación.

- **Casetas de relés**

Se construirán casetas de relés de dimensiones interiores adecuadas para albergar los equipos necesarios de las diferentes posiciones "Caseta de relés prefabricada arquitectura y montaje" del Documento nº3 Planos del presente proyecto, para complementar a las casetas existentes.

En estas casetas, se ubicarán los bastidores de protecciones, cuadros de servicios auxiliares y armarios de comunicaciones.

Estas casetas son del tipo prefabricado, de paneles de hormigón armado y cubierta plana.

En la solera, en todo el perímetro, se construirá un canal para el paso de cables hasta los armarios y bastidores.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Para la climatización de la caseta se ha proyectado la instalación de dos equipos de aire acondicionado, solo frío y radiadores eléctricos con termostato para calefacción.

Es imprescindible que ante un corte de corriente (conmutación de servicios auxiliares, etc.) los equipos continúen funcionando, sin necesidad de reconexión manual. Se incluirá un automatismo de control y alarma de los grupos refrigeradores.

1.15.5 Cerramiento

Se mantendrá el cerramiento existente que dispone la subestación y se instalará el sistema kerberos para control de accesos a la instalación.

1.16 INSTALACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA

1.16.1 Alumbrado

Calles y posiciones

El alumbrado normal de calles se realizará con proyectores orientables, montados a menos de 3 m de altura. Serán de haz semi-extensivo, para que con el apuntamiento adecuado se pueden obtener 50 lux en cualquier zona del parque de intemperie.

Viales

Alumbrado con luminarias montadas sobre báculos de 3 m de altura, para un nivel de iluminación de 5 lux.

Se dispondrá, asimismo, de alumbrado de emergencia constituido por grupos autónomos colocados en las columnas de alumbrado, en el caso de viales perimetrales y sobre la misma estructura que el alumbrado normal o tomas de corriente en el parque de intemperie. El sistema de emergencia será telemandado desde el edificio de control y los equipos tendrán una autonomía de una hora.

Se dispondrá de fotocélula para el encendido del alumbrado exterior.

Edificio y casetas

Los niveles de iluminación en las distintas áreas serán de 500 lux en salas de control y de comunicaciones, y de 300 lux en sala de servicios auxiliares, taller y casetas de relés.

Los alumbrados de emergencia del edificio y casetas, estarán situados en las zonas de tránsito y en las salidas. Su encendido será automático en caso de fallo del alumbrado normal, si así estuviese seleccionado, con autonomía de una 1 hora.

1.16.2 Fuerza

Se instalarán tomas de fuerza combinados de 3P+T (32 A) y 2P+T (16 A) en cuadros de intemperie anclados a pilares próximos a los viales, de forma que cubran el parque considerando cada conjunto con un radio de cobertura de 25 m.

1.17 SISTEMA CONTRAINCENDIOS Y ANTIINTRUSISMO

Sistema Contraincendios

Se instalarán detectores de incendios en todos los edificios y casetas de la Subestación. Serán del tipo analógicos ópticos, excepto en el almacén y campana exterior que serán termo-velocimétricos.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

También se dispondrán de los correspondientes extintores en el edificio tanto de CO2 como de polvo, así como carros extintores de 50 kg de polvo para el parque.

Sistema Anti-intrusismo

El sistema anti-intrusismo estará compuesto por contactos magnéticos, detectores volumétricos de doble tecnología y sirena exterior.

Se instalará una central para controlar el sistema de incendios e intrusión, encargado de activar y transmitir las alarmas generadas.

Se instalarán cámaras de seguridad en las puertas de acceso y dependencias del edificio de control, a excepción de aseos y vestuarios, así como en las casetas de relés, También se dispondrá de cámaras de seguridad en el parque ubicadas según indicaciones del departamento de seguridad de RED ELÉCTRICA.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 2. NORMATIVA APLICADA

El presente Proyecto ha sido redactado básicamente conforme el Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, 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-RAT 01 a 23 y a la norma UNE-EN 62271-1:2009 Aparamenta de alta tensión (de la derivada de la Directiva CENELEC).

En el Documento 2: Pliego de Condiciones Técnicas se especifican en detalle las normas y reglamentos específicos aplicados para la redacción y ejecución del presente proyecto.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 3. PLAZO DE EJECUCIÓN Y FECHA PREVISTA DE PUESTA EN SERVICIO

Se estima en 18 meses el tiempo necesario para la ejecución de las obras que se detallan en el presente Proyecto de Ejecución.

Madrid, Marzo de 2021

El Ingeniero industrial

Luis Cabezón López

Jefe del Departamento de Ingeniería de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN GATICA 400/220 kV

ANEXO 1A

CÁLCULOS 400 KV

Dirección de **Ingeniería y Medio Ambiente**
Dpto. **Ingeniería de Subestaciones**

Marzo de 2021

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Índice

CAPÍTULO 1. OBJETO 3

CAPÍTULO 2. SUBESTACIÓN DE GATICA 400 kV 4

2.1 DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS MÍNIMAS EN EMBARRADOS TENDIDOS 4

2.1.1 Hipótesis de diseño 4

2.1.2 Normativa aplicable 4

2.1.3 Desplazamiento del vano con viento 5

2.1.4 Efecto en conductores por corriente de cortocircuito 6

2.1.5 Aproximación de conductores 9

2.1.6 Distancia mínima 10

2.1.7 Distancias mínimas a adoptar 10

2.1.1 Efectos sobre conductores en haz 11

2.2 RED DE TIERRAS INFERIORES 14

2.3 RED DE TIERRAS SUPERIORES 17

CAPÍTULO 3. CONCLUSIÓN 19

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 1. OBJETO

El objeto de este documento es justificar, desde el punto de vista técnico, las soluciones adoptadas en la subestación para los elementos más críticos de la configuración adoptada y, asimismo, para permitir la entrada y salida de la línea en la subestación.

Este documento incluye la justificación de los siguientes elementos:

- Determinación de distancias eléctricas mínimas en embarrados tendidos.
- Red de tierras inferiores.
- Red de tierras superiores.

Cada apartado contiene la normativa aplicable en cada caso, las hipótesis de diseño, los cálculos justificativos, criterios de validación y conclusiones.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 2. SUBESTACIÓN DE GATICA 400 kV

2.1 DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS MÍNIMAS EN EMBARRADOS TENDIDOS

2.1.1 Hipótesis de diseño

Desde el punto de vista de las aproximaciones entre fases que puedan producirse cuando se desplacen de forma simultánea dos conductores contiguos en condiciones de flecha máxima y con viento de $140\,\frac{km}{h}$, las distancias mínimas se han establecido de la forma que se indica para un vano de las siguientes características:

Parque de 400 kV

Longitud del vano ..... L = 52 m

Flecha máxima ..... 3% (1,56 m)

Tipo de conductor..... LAPWING (ns = 2)

Diámetro del conductor..... ø = 38,16 mm

Sección del conductor..... As = 861,33 mm^2

Peso propio del conductor..... ms = 2,666 kg/m

Módulo de elasticidad ..... E = 70.000 N/mm^2

Distancia entre fases..... a = 6.000 mm

Longitud media de cadenas..... 4,5 m

Separación entre conductores de la misma fase..... 0,40 m

Rigidez de los soportes ..... S = 7,5 * 10^4 N/m

Tiempo de despeje de defecto ..... T_{k1} = 0,5 seg

Intensidad de cortocircuito..... I_{k3} = 50 kA

Relación R/X del sistema..... R/X = 0,07

Tensión máxima..... 1.050 kg a 50 ºC (10.300,5 N)

Se comprobará además, el desplazamiento máximo en cortocircuito y la pérdida de distancia que esto produce, de acuerdo con lo estipulado en la norma CEI/UNE/EN 865.

2.1.2 Normativa aplicable

Los cálculos que se realizan a continuación cumplen con la normativa vigente en España referente a este tipo de instalaciones y está basado en las siguientes normas y reglamentos:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo de 2014, 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-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, publicado 18 de septiembre 2002. Instrucciones técnicas complementarias en subestaciones.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero de 2008. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, y en particular ICT-LAT 07 Líneas aéreas con conductores desnudos.
- Norma CEI 865 de 1986, Cálculo de los efectos de las corrientes de cortocircuito.
- Norma UNE EN 60865-1:2013, Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: definiciones y métodos de cálculo.
- Norma CEI 909-1988, Cálculo de corrientes de cortocircuito en redes de corriente alterna trifásica.
- Norma DIN 43670.

Si al aplicar las normas y reglamentos anteriores se obtuviesen valores que discrepasen con los que pudieran obtenerse con otras normas o métodos de cálculo, se considerará siempre el resultado más desfavorable, con objeto de estar siempre del lado de la seguridad.

2.1.3 Desplazamiento del vano con viento

La presión sobre el conductor debida al efecto del viento, según RLAT para conductores de diámetro mayor a 16 mm está dado por la siguiente ecuación:

$$P = 50\left(\frac{V_v}{120}\right)^2$$

Donde V_v es la velocidad máxima de viento, y nuestro diseño esta supuesto con una velocidad de viento máxima de $140\,\frac{km}{h}$, por lo que tendremos:

$$P = 68{,}055\ \frac{kg}{m^2}$$

Para este caso, tendremos en cuenta la fuerza que se ejerce de forma directa sobre el diámetro de cada conductor, y tendremos:

$$F_v = 68{,}055\ \cdot 0{,}03816 = 2{,}597\,\frac{kg}{m}$$

Ahora se procederá a realizar el cálculo de la distancia mínima entre conductores, el cual se realizará por medio del desplazamiento máximo del conductor (d_{max}) y del ángulo de oscilación (θ), estos están dados por:

$$\theta = \operatorname{atan}\left(\frac{F_v}{Peso\ del\ conductor}\right)$$

$$d_{max} = f_{max}\ sen(\theta)$$

Dando como resultado:

$$\theta = \operatorname{atan}\left(\frac{2{,}597}{2{,}666}\right) = 44{,}249°$$

$$d_{max} = 1{,}56 \cdot sen(44{,}249°) = 1{,}088m$$

En estas condiciones, dada la escasa probabilidad de simultaneidad de viento y sobretensión, la distancia de aislamiento fase-fase para conductores paralelos ya establecida en 3.500 mm (para una altitud de 1.290 m) se puede reducir en un 25 %, por lo que la separación mínima entre conductores en reposo para que sea respetada dicha distancia eléctrica entre fases para los conductores extremos deberá ser según la RAT de:

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

$$D_{min} = K\sqrt{F + L} + K' D_{PP}$$

donde:

K: es un coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento

K': el coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea

F: la flecha máxima

L: longitud de la cadena de suspensión (si se dispone)

D_{pp}: la distancia mínima aérea especificada para prevenir una descarga disruptiva entre conductores durante sobretensiones de frente lento o rápido

Todos los anteriores se definen según la ITC-LAT 07 y se tiene:

$$D_{min} = 0{,}65\sqrt{1{,}56 + 0} + 0{,}85 * 3{,}22$$
$$D_{min} = 3{,}53\ m$$

Distancia inferior a la adoptada que es de 6 m para los conductores tendidos, superior incluso a la distancia teniendo en cuenta sobretensiones simultáneas con viento.

2.1.4 Efecto en conductores por corriente de cortocircuito

- **Dimensiones y parámetros característicos.**

El esfuerzo debido a un defecto bifásico viene dado por la siguiente expresión:

$$F' = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot 0{,}75 \cdot \frac{I_{k3}^2}{a} \cdot \frac{l_c}{l}$$

donde:

I_{k3} es la corriente simétrica de cortocircuito trifásico

l_c: longitud del vano sin cadenas

l: longitud total del vano

a: separación entre fases

μ_0: permeabilidad magnética del vacío $\left(4\,\pi * 10^{-7}\,\frac{N}{A^2}\right)$

En este caso, $F' = 51{,}683\ \frac{N}{m}$

La proporción entre el peso propio y la fuerza de cortocircuito vale:

$$r = \frac{F'}{n\, m_s\, g}$$

donde:

n: número de conductores por fase

m_s : peso de uno de los conductores

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

g: aceleración de la gravedad $\left(9{,}81\ \frac{m}{s^2}\right)$

en este caso:

$$r = \frac{51{,}683}{2 * 2{,}666 * 9{,}81} = 0{,}988$$

La dirección resultante de la fuerza sobre el conductor será:

$$\delta_1 = arctg\ (r) = 44{,}656\ °$$

La flecha estática en el conductor tendido vale:

$$b_c = \frac{n\ m_s\ g * l^2}{8F_{st}}$$

Donde F_{st} es la fuerza de tracción estática del conductor para el caso más desfavorable, que será la flecha máxima para 50ºC.

Sustituyendo y operando, $b_c = 1{,}716\ m$

Para esta flecha, el periodo de oscilación vale:

$$T = 2\pi\sqrt{0{,}8\frac{b_c}{g}}$$

Con lo que sustituyendo resulta: T=2,35 s

El período resultante en caso de cortocircuito vale:

$$T_{res} = \frac{T}{\sqrt[4]{1+r^2}\left[1 - \frac{\pi^2}{64}\left(\frac{\delta_1}{90}\right)^2\right]}$$

Sustituyendo y resolviendo, $T_{res} = 1{,}982\ s$

El módulo de Young real del conductor vale, en función de la carga límite del cable (σ_{fin}):

$$E = \begin{cases} E\left[0{,}3 + 0{,}7sen\left(\frac{F_{st}}{n\ A_s\ \sigma_{fin}}90^o\right)\right] & si\ \ \frac{F_{st}}{nA_s} \leq \sigma_{fin} \\ E & si\ \ \frac{Fst}{nA_s} > \sigma_{fin} \end{cases}$$

Donde:

σ_{fin} = $5{\cdot}10^7$ N/m^2 (menor valor de la tensión de mecánica del conductor cuanto E llega a ser constante)

A_s: Sección de un conductor

n: número de conductores por haz

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

En este caso, $\frac{F_{st}}{n\,A_s} < \sigma fin$, por lo cual

$$E = 3{,}015 * 10^{10}\ \frac{N}{m^2}$$

El factor de tensión mecánica del conductor se define como:

$$\zeta = \frac{(nm_s gl)^2}{24F_{st}^3 N}$$

donde N = Norma de rigidez del sistema mecánico compuesto, que se define por la siguiente expresión:

$$N = \frac{1}{Sl} + \frac{1}{nEA_s}$$

por tanto tendremos: N =2,756 10^{-7} y ζ = 1,023

El ángulo de oscilación del vano durante el paso, o al fin del mismo, de la corriente de cortocircuito viene dado por la expresión:

$$\delta_{end} = \begin{cases} \delta_1\left[1 - \cos\left(360\frac{T_{k1}}{T_{res}}\right)\right] & para \quad 0 \le \frac{T_{k1}}{T_{res}} \le 0{,}5 \\ 2\,\delta_1 & para \quad \frac{T_{k1}}{T_{res}} > 0{,}5 \end{cases}$$

En este caso,

$$T_{k1}/T_{res} = 0{,}272 < 0{,}5$$

Por lo cual $\delta_k = 45{,}27\ °$

El ángulo máximo de oscilación que se puede producir corresponde a una duración de cortocircuito inferior o igual a la duración del cortocircuito establecida T_{k1}, y se calcula como:

$$\delta_{max} = \begin{cases} 1{,}25\ arcos\ \chi & si \quad 0{,}766 \le \chi \le 1 \\ 10° + arcos\ \chi & si \quad -0{,}985 \le \chi \le 0{,}766 \\ 180° & si \quad \chi \le -0{,}985 \end{cases}$$

con

$$\chi = \begin{cases} 1 - r\ sen\ \delta_{end} & si \quad 0 \le \delta_k \le 90° \\ 1 - r & si \quad \delta_k > 90° \end{cases}$$

En este caso, δ_{end} = 45,27º < 90º, por lo cual χ = 0,298 y δ_{max} = 82,66º (para 400 kV)

- **Fuerza de tensión por oscilación durante el cortocircuito**

De acuerdo con la norma de referencia, la fuerza de tensión en cortocircuito, para conductores compuestos (haces), se calcula por:

$$F_{t,d} = F_{st}(1 + \psi \cdot \varphi)$$

donde:

F_{st} es la fuerza estática en el conductor.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

φ es el parámetro de carga, que tiene en cuenta el esfuerzo combinado de peso y cortocircuito en función del tiempo de despeje frente al período de oscilación del conductor, y vale:

$$\varphi = \begin{cases} 3\left(\sqrt{1+r^2}-1\right) & si \quad T_{k1} \geq T_{res}/4 \\ 3(r\ sen\delta_{end} + \cos\delta_{end} - 1) & si \quad T_{k1} < T_{res}/4 \end{cases}$$

ψ es un parámetro que combina los dos factores de carga, ζ y φ, y que se calcula como una solución real de la ecuación :

$$\varphi^2\psi^3 + \varphi(2+\zeta)\psi^2 + (1+2\zeta)\psi - (2+\varphi)\zeta = 0$$

Los resultados de las soluciones reales a esta ecuación, en función de los parámetros ζ y φ, son los siguientes:

En este caso, como: $T_{k1} = 0{,}5 > T_{res}/4 = 0{,}467; \quad \varphi = 1{,}217$

Y con φ = 1,217, y ζ = 0,916, ψ (de acuerdo con la figura citada) = 0,579

En estas condiciones:

$$F_{t,d} = 10300{,}5 \cdot (1 + 1{,}217 * 0{,}579) = 17570 \text{ N}$$

2.1.5 Aproximación de conductores

El valor del desplazamiento máximo por oscilación en cortocircuito:

$$b_h = \begin{cases} C_f \cdot C_d \cdot b_c sen\delta_1 & si \quad \delta_{max} \geq \delta_1 \\ C_f \cdot C_d \cdot b_c sen\delta_{max} & si \quad \delta_{max} < \delta_1 \end{cases}$$

en donde C_f es un factor experimental que cubre las variaciones de la curva de equilibrio del cable durante el defecto, y su valor es:

$$C_f \begin{cases} 1{,}05 & si \quad r \leq 0{,}8 \\ 0{,}97 + 0{,}1r & si \quad 0{,}8 \leq r \leq 1{,}8 \\ 1{,}15 & si \quad r \geq 1{,}8 \end{cases}$$

En este caso, con r = 0,988, C_f = 1,068

El factor C_d considera los aumentos de la flecha debidos a la elongación elástica y térmica y puede obtenerse por la expresión:

$$C_d = \sqrt{1 + \frac{3}{8}\left(\frac{1}{b_c}\right)^2 (\varepsilon_{ela} + \varepsilon_{th})}$$

La deformación elástica viene dada por:

$$\varepsilon_{ela} = (F_{t,d} - F_{st})N$$

y la deformación térmica:

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

$$\varepsilon_{th} = \begin{cases} C_{th}\left(\frac{I''_{k3}}{nA_s}\right)^2 \frac{T_{res}}{4} & si \quad T_{k1} \geq T_{res}/4 \\ C_{th}\left(\frac{I''_{k3}}{nA_s}\right)^2 \frac{T_{k1}}{4} & si \quad T_{k1} < T_{res}/4 \end{cases}$$

Donde c_{th} = factor de dilatación térmica, que para el cable LAPWING (400kV) vale $0{,}27.10^{-18}$ m^4/A^2s, debido a que: sección Al / sección acero > 6.

Resolviendo en las expresiones anteriores se obtiene, dado que $T_{k1} > T_{res}/4$:

$$\varepsilon_{ela} = 20{,}04 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{th} = 1{,}137 \cdot 10^{-4}$$

y así,

$$C_d = 1{,}024$$

Ahora, como $\delta_{max} = 82{,}66° > \delta_1 = 44{,}65°$

$$b_h = 1{,}024 \cdot 1{,}068 \cdot 1{,}716 \cdot sen(44{,}65°) = 1{,}32\ m$$

2.1.6 Distancia mínima

Distancia mínima entre conductores en cortocircuito:

$$D = a - 2b_h = 6 - 2 \cdot 1{,}32 = 3{,}358\ m$$

Es por lo tanto apropiada la dimensión de 20 m de anchura de calle y la de separación entre conductores, 6 m, para cumplir los requisitos de aislamiento permanente y temporal, en los casos más desfavorables y para la configuración propuesta, dado que estamos muy por encima de los 1,55 m de distancia de aislamiento temporal recomendada por la CIGRE.

2.1.7 Distancias mínimas a adoptar

En base a lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta lo que al respecto se indica en la ITC-RAT 12 e IEC-71 se proponen las siguientes distancias mínimas que deberán ser respetadas en la presente subestación:

- Distancias fase-tierra:

  Conductor – estructura ..... 2,6 m

  Punta – estructura..... 3,4 m

- Distancias fase-fase:

  Conductores paralelos ..... 3,5 m

  Punta conductor..... 4,2 m

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

2.1.1 Efectos sobre conductores en haz

Se especifica en la norma UNE-EN 60865-1 de 2013 que para realizar el cálculo de la fuerza de tracción se deben realizar una serie de pasos, los cuales realizaremos a continuación para dicho cálculo:

- Se verificará si existe entrechoque efectivo entre los conductores, para que exista dicho entrechoque se debe cumplir una de las siguientes condiciones:

$$\frac{a_s}{d} \leq 2 \;\; y \;\; l_s \geq 50\, a_s$$

$$\frac{a_s}{d} \leq 2{,}5 \;\; y \;\; l_s \geq 70\, a_s$$

  Y se tiene que $\frac{a_s}{d} = 10{,}48$, por lo que se entiende que no existe entrechoque efectivo entre los conductores así que se debe seguir con el cálculo.

- Ya que no existe entrechoque efectivo se debe proceder a calcular si los conductores chocan entre sí o si no se chocan, para ello se deben realizar el cálculo del parámetro de choque.

  Primero se hará el cálculo del factor V_1, V_2 y V_3, que están descritos por las ecuaciones:

$$V_1 = f\,\frac{1}{\sin\frac{180°}{n}}\sqrt{\frac{(a_s - d)m'_s}{\frac{\mu_0}{2\pi}\left(\frac{I_k^{''}}{n}\right)^2 \frac{n-1}{a_s}}}$$

  Donde:

  f: es la frecuencia del sistema

  a_s: es la distancia entre conductores de la misma fase

  d: es el diámetro de los conductores

  $I_k^{''}$: es la corriente simétrica del sistema

  m'_s : es el peso por unidad de longitud del cable

  n: es la cantidad de conductores por fase

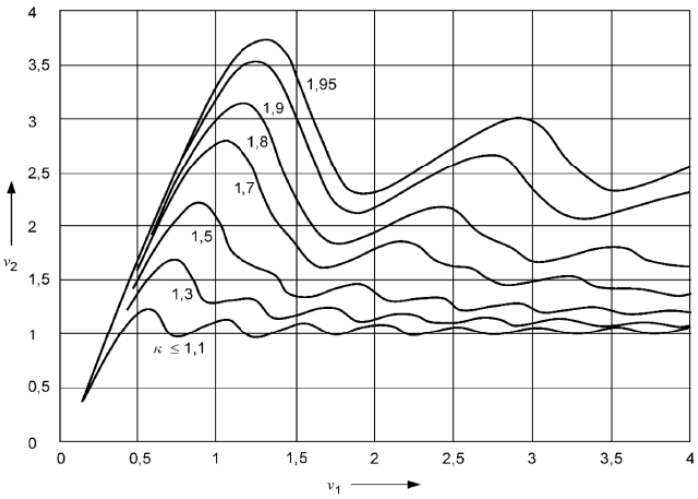
  μ_0: es la permisividad del vacío

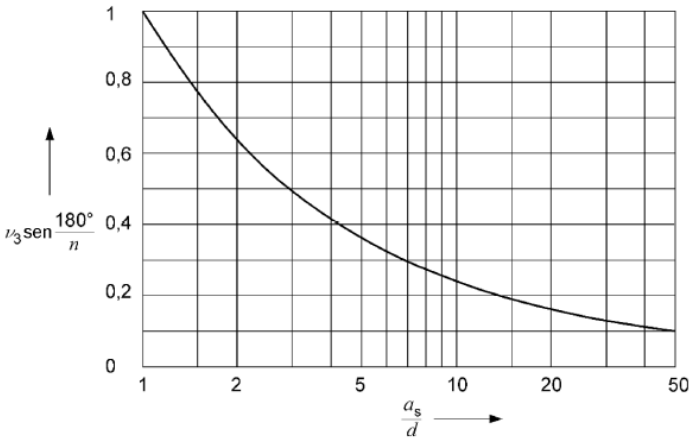
  k: parámetro de la corriente de cortocircuito del sistema

$$V_1 = 2{,}778$$

  Ahora el factor V_2 se calcula por medio de la siguiente gráfica, teniendo a k= 1,81 y V_1:

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ





Obteniendo un valor de $V_2 = 2{,}625$ y $V_3 = 0{,}2638$.

Por medio de estos valores vamos a calcular la fuerza en los conductores de haz de la corriente de cortocircuito (F_v), los factores de deformación que caracterizan la contracción del haz (E_{st} y E_{pi}) y por último el parámetro de entrechoque (j) que se calculan de la siguiente forma:

$$F_v = (n-1)\frac{\mu_0}{2\pi}\left(\frac{I_k''}{n}\right)^2 \frac{l_s}{a_s}\frac{V_2}{V_3} = 23503{,}657\ N$$

$$E_{st} = 1{,}5\frac{F_{st}\ l_s^2\ N}{(a_s-d)^2}\left(\sin\frac{180°}{n}\right)^2 = 1{,}859$$

$$E_{pi} = 0{,}375\frac{F_v\ l_s^3\ N}{(a_s-d)^3}\left(\sin\frac{180°}{n}\right)^2 = 44{,}31$$

$$j = \sqrt{\frac{E_{pi}}{1+E_{st}}} = 3{,}93$$

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

A partir de las formulas anteriores y con los resultados obtenidos, nos vamos a remitir a la condición de choque que nos plantea la norma:

"$j \geq 1$ Los subconductores entrechocan, $j < 1$ los subconductores reducen su distancia pero no entrechocan"

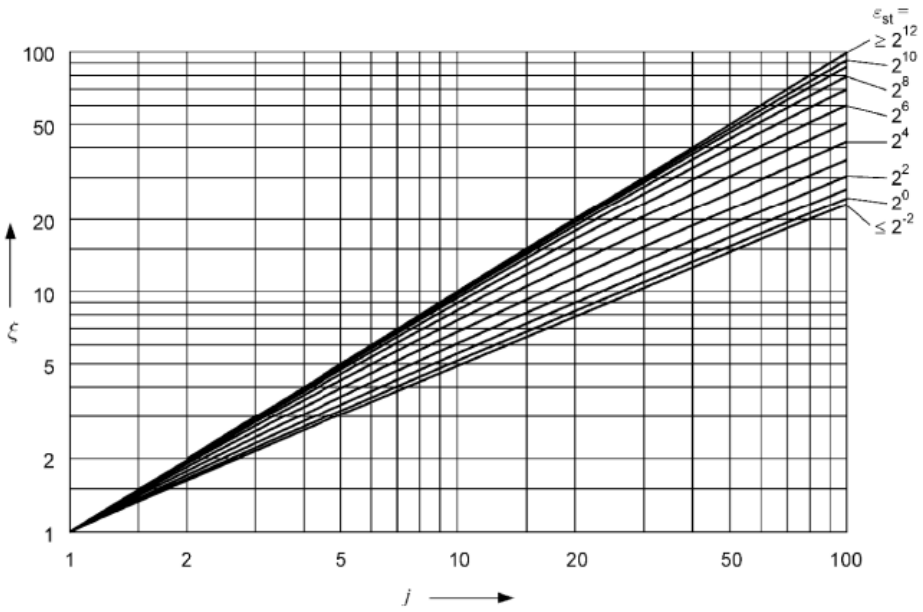
- Ya que los conductores entrechocan, se procederá al cálculo de la fuerza de tracción en caso de entrechoque $F_{pi,d}$, para poder realizar este cálculo se debe obtener el valor del factor V_e y V_4 de la siguiente forma:

$$F_{pi,d} = F_{st}\left(1 + \frac{V_e}{E_{st}}\xi\right) = 34766{,}933\ N$$

$$V_e = \frac{1}{2} + \left[\frac{9}{8}n(n-1)\frac{\mu_0}{2\pi}\left(\frac{I_k''}{n}\right)^2 N\, V_2\left(\frac{l_s}{a_s - d}\right)^4 \frac{\left(\sin\frac{180°}{n}\right)^4}{\xi^3}\left\{1 - \frac{\tan^{-1}\sqrt{V_4}}{\sqrt{V_4}}\right\} - \frac{1}{4}\right]^{1/2} = 2{,}579$$

$$V_4 = \frac{a_s - d}{d} = 9{,}48$$

El parámetro $\xi = 1{,}711$ ha sido calculado por medio de la siguiente grafica que proporciona la norma:



Por lo cual el aislador debe soportar una fuerza mayor a la fuerza $F_{pi,d} = 34766{,}933\ N$ en cortocircuito debido al haz de conductores.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

2.2 RED DE TIERRAS INFERIORES

Para el cálculo de la red de tierras se tendrán en cuenta los valores máximos de tensiones de paso y contacto que establece el reglamento de Centros de Transformación, en su artículo ITC-RAT 13, así como la norma IEEE-80-2000: "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding".

La red de tierras a realizar en la zona de ampliación se conectará con la red de tierras del resto de la subestación de 400kV. Se estima que la red de tierras existente presenta la misma retícula que la empleada en la zona de la ampliación para realizar el cálculo de la malla en su conjunto.

- **Valor de la resistividad del terreno**

Se considera como valor de la resistividad del terreno, a efectos de cálculo, 200 Ω·m.

- **TENSIONES DE PASO Y CONTACTO MÁXIMAS ADMISIBLES**

Los datos utilizados para el cálculo de la red de tierras para la ampliación de la subestación GATICA 400 kV son:

- Tiempo de despeje de la falta (t) ..... 0,5 s
- Intensidad de falta monofásica a tierra 20,95kA
- Resistividad de la capa superficial (grava) (ρ) ..... 3.000 Ω·m
- Coeficiente reductor (Cs) 0,67
- Resistividad superficial aparente (ρas) ..... C_s· 0,67 =2010 Ω·m
- Tensión aplicada admisible (Uca) ..... 204 V
- Resistividad suelo cerca superficie(ρs) ..... 1250 Ω·m
- Resistencia equivalente al calzado (Ra1) ..... 2000 Ω

Según el ITC-RAT 13, apartado 1.1, los valores de K y n, para tiempos de duración del defecto inferiores a 0,9 segundos son K=72 y n=1. Aplicando estos valores se obtiene unos valores de tensiones de paso y contacto máximas admisibles de:

Tensión de paso: $V_p = \frac{10K}{t^n}\left(1 + \frac{6\rho_S}{1000}\right) = 8784\ V$

Tensión de contacto: $V_p = \frac{K}{t^n}\left(1 + \frac{1{,}5\rho_s}{1000}\right) = 2304\ V$

Según IEEE-80-2000 dichos valores son (para una persona de 70 kg):

Tensión de paso: $E_{paso} = (1000 + 6C_s\rho_s)\frac{0{,}116}{\sqrt{t_s}}$

Tensión de contacto: $E_{contacto} = (1000 + 1{,}5C_s\rho_s)\frac{0{,}116}{\sqrt{t_s}}$

Siendo C_s el factor de reducción siguiente: $C_s = 1 - \left(\frac{0{,}09\left(1-\frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2h_s+0{,}09}\right)$

Donde:

ρ: resistividad del terreno (Ω·m) = 200 Ω·m

ρ_s: resistividad superficial (Ω·m) = 10.000 Ω·m

h_s: espesor capa de gravilla (m) = 0,1 m

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Con lo que:

$$C_s = 0{,}70$$
$$E_{paso} = 9.451\ V$$
$$E_{contacto} = 2.529\ V$$

- **Resistencia de puesta a tierra**

Para calcular la resistencia de la red de tierra se utiliza la siguiente expresión:

$$R_g = \rho\left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{\frac{20}{A}}}\left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}}\right)\right) = 1027.7\ \Omega$$

donde:

ρ: Resistividad del terreno (Ω·m) = 200 Ω·m

L: Longitud total de conductor enterrado (m) = 430 m

h: Profundidad de enterramiento del conductor (m) = 0,6 m

A: Superficie ocupada por la malla (m2) = 468 m^2

Se ha considerado la malla compuesta por cable de Cu de 120 mm^2 con un diámetro de 0,014 m.

- **Intensidad de defecto a tierra**

El valor tomado de la intensidad monofásica de cortocircuito para la subestación es de kA.

El ITC-RAT 13 establece una reducción de un 30% de ese valor al tener neutro rígido a tierra en la instalación. De acuerdo con la IEEE-80-2000 se puede aplicar un factor de reducción Sf en función de los caminos de retorno adicionales que suponen los hilos de guarda de las líneas de distribución y de transmisión que llegan a la subestación.

Por lo tanto la Intensidad total disipada a tierra por la malla será:

Ig = 13,5 kA

- **Evaluación de tensiones de paso y contacto**

Los datos iniciales utilizados para el cálculo han sido:

- Resistividad del terreno (ρ)..... 200 Ω·m
- Espaciado medio entre conductores (D)..... ..... 2 m
- Profundidad del conductor enterrado (h)..... 0,6 m
- Diámetro del conductor (120mm2) (d)..... 0,014 m
- Longitud del conductor enterrado (L)..... 430 m
- Intensidad de defecto (Ig) ..... 13,5 kA

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Partiendo de los valores indicados, e introducidos en las fórmulas desarrolladas en el estándar IEEE 80, se obtienen los siguientes valores intermedios:

$$K_h = \sqrt{1+h} = 1{,}26$$

$$K_i = 0{,}644 + 0{,}148n = 2{,}10$$

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{\frac{2}{n}}} = 0{,}54$$

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d = 9{,}87$$

$$n_a = \frac{2L_C}{L_P} = 8{,}78$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_P}{4\sqrt{A}} = 1{,}13}$$

$$n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A}\right]^{\frac{0{,}7\,A}{L_x L_y}} = 1$$

$$n_d = \frac{D\_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} = 0{,}99$$

Donde:

Lc = longitud del conductor de la malla = 430 m (no incluye picas)

Lp = longitud del perímetro de la malla = 98 m

Lx = longitud máxima de la malla en la dirección x = 36 m

Ly = longitud máxima de la malla en la dirección y = 13 m

Dm = máxima distancia entre dos puntos en la malla = 38 m

$$K_m = \frac{1}{2\pi}\left[Ln\left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d}\right) + \frac{K_{ii}}{K_h} Ln\left(\frac{8}{\pi(2n-1)}\right)\right] = 0{,}53$$

$$K_s = \frac{1}{\pi}\left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D}(1 - 0{,}5^{n-2})\right] = 0{,}55$$

De acuerdo con la IEEE-80-2000, la fórmula que permite obtener el valor de la tensión de contacto es:

$$E_{contacto} = \rho K_m K_i \frac{I_g}{L} = 3.479\ V$$

Y la fórmula que permite obtener la tensión de paso:

$$E_{paso} = \rho K_s K_i \frac{I_g}{L} = 3.608\ V$$

Los valores obtenidos son menores que los valores límite tanto de la IEEE-80-2000 como de la ITC-RAT13.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- **Conductor**

La sección del conductor que constituye la malla de tierra debe ser tal que soporte la mitad de la intensidad (porque en el diseño de la malla se establece que en cada punto de p. a t. llegan al menos dos conductores de la malla) sin superar la temperatura máxima de 300 °C y con una duración de 1 segundo. Esto supone unas densidades de corriente máximas admisibles, según ITC-RAT-13, de:

- 192 A/mm^2 para el cobre.
- 72 A/mm^2 para el acero.

Con estos criterios la máxima intensidad de falta a tierra admisible con una sección de conductor de 120 mm^2 es de:

$$120\ (mm^2) \cdot 192\ (A/mm^2) \cdot 2 = 46.080\ A$$

Valor este superior al máximo de diseño.

2.3 RED DE TIERRAS SUPERIORES

El cometido del sistema de tierras superiores es la captación de las descargas atmosféricas y su conducción a la malla enterrada para que sean disipadas a tierra sin que se ponga en peligro la seguridad del personal y de los equipos de la subestación.

El sistema de tierras superiores consiste en un conjunto de hilos de guarda y/o de puntas Franklin sobre columnas. Estos elementos están unidos a la malla de tierra de la instalación a través de la estructura metálica que los soporta, que garantiza una unión eléctrica suficiente con la malla.

Para el diseño del sistema de protección de tierras superiores se ha adoptado el modelo electro geométrico de las descargas atmosféricas y que es generalmente aceptado para este propósito.

El criterio de seguridad que se establece es el de apantallamiento total de los embarrados y de los equipos que componen el aparellaje, siendo este criterio el que establece que todas las descargas atmosféricas que puedan originar tensiones peligrosas y que sean superiores al nivel del aislamiento de la instalación, deben ser captadas por los hilos de guarda.

Este apantallamiento se consigue mediante una disposición que asegura que la zona de captación de descargas peligrosas de los hilos de guarda y de las puntas Franklin contiene totalmente a las correspondientes partes bajo tensión.

La zona de captura se establece a partir del radio crítico de cebado (r) y que viene dado por la expresión: $r = 8 \times I^{0,65}$

donde: $I = 1,1 \cdot U \cdot N / Z$, siendo:

U = tensión soportada a impulsos tipo rayo = 1.425 kV

N = número de líneas conectadas a la subestación = 2

Z = Impedancia característica de las líneas = 400Ω (valor típico)

Sustituyendo y aplicando estos valores se obtiene:

$$I = 1,1 \cdot 1.425 \cdot 2/400 = 8,34\ kA$$

Luego la zona de captura será:

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

$$r = 8 \cdot 8{,}34^{0{,}65} = 31{,}76 \text{ m}$$

El radio crítico de 32 m con centro en las puntas Franklin, en el centro en los amarres de los hilos de guarda y en su punto más bajo, cuyo emplazamiento se refleja en los planos correspondientes, garantiza el apantallamiento total de la instalación ysu aparamenta asociada queda protegida frente a las descargas atmosféricas mediante el cable de guarda.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 3. CONCLUSIÓN

A la vista de los resultados obtenidos los valores de las tensiones de paso y contacto están por debajo de los permitidos por el ITC-RAT 13, y del IEEE-80-2000, por lo que el diseño de la malla sería válido.

De cualquier modo, se medirán de forma práctica los valores de las tensiones de paso y contacto, una vez finalizadas las obras en la subestación, para asegurarse de que no hay peligro en ningún punto de la instalación.

Madrid, Marzo de 2021

El Ingeniero industrial

Luis Cabezón López

Jefe del Departamento de Ingeniería de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN GATICA 400/220 kV

ANEXO 1B

CÁLCULOS 220 KV

Dirección de **Ingeniería y Medio Ambiente**
Dpto. **Ingeniería de Subestaciones**

Mayo de 2018

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Índice

CAPÍTULO 1. OBJETO 3

CAPÍTULO 2. SUBESTACIÓN DE GATICA 220kV 4

2.1 DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS MÍNIMAS EN EMBARRADOS TENDIDOS 4

2.1.1 Hipótesis de diseño 4

2.1.2 Normativa aplicable 4

2.1.3 Desplazamiento del vano con viento 5

2.1.4 Efecto en conductores por corriente de cortocircuito 5

2.1.5 Aproximación de conductores 8

2.1.6 Distancia mínima 9

2.1.7 Distancias mínimas a adoptar 9

2.2 RED DE TIERRAS INFERIORES 10

2.3 RED DE TIERRAS SUPERIORES 10

CAPÍTULO 3. CONCLUSIÓN 11

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 1. OBJETO

El objeto de este documento es justificar, desde el punto de vista técnico, las soluciones adoptadas en la subestación para los elementos más críticos.

Este documento incluye la justificación de los siguientes elementos:

- Determinación de distancias eléctricas mínimas en embarrados tendidos.
- Red de tierras inferiores.
- Red de tierras superiores.

Cada apartado contiene la normativa aplicable en cada caso, las hipótesis de diseño, los cálculos justificativos, criterios de validación y conclusiones.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 2. SUBESTACIÓN DE GATICA 220kV

2.1 DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS MÍNIMAS EN EMBARRADOS TENDIDOS

2.1.1 Hipótesis de diseño

Desde el punto de vista de las aproximaciones entre fases que puedan producirse cuando se desplacen de forma simultánea dos conductores contiguos en condiciones de flecha máxima y con viento de 140 km/h, las distancias mínimas se han establecido de la forma que se indica para un vano de las siguientes características:

Parque de 220kV

Longitud del vano ..... L = 45 m

Flecha máxima ..... 3% (1,35 m)

Tipo de conductor..... Dúplex RAIL (ns = 2)

Diámetro del conductor..... ø = 29,61 mm

Sección del conductor..... As = 516,82 mm^2

Peso propio del conductor..... ms = 1,6 kg/m

Módulo de elasticidad ..... E = 61.000 N/mm^2

Distancia entre fases..... a = 4.000 mm

Longitud media de cadenas..... 4 m

Separación entre conductores de la misma fase..... 0,40 m

Rigidez de los soportes ..... S = 7,5 * 10^4 N/m

Tiempo de despeje de defecto ..... T_{k1} = 0,5 seg

Intensidad de cortocircuito..... I_{k3} = 40 kA

Relación R/X del sistema..... R/X = 0,07

Tensión máxima..... 676 kg a 50 ºC (6.624,8 N)

Se comprobará además, el desplazamiento máximo en cortocircuito y la pérdida de distancia que esto produce, de acuerdo con lo estipulado en la norma CEI/UNE/EN 865.

2.1.2 Normativa aplicable

Los cálculos que se realizan a continuación cumplen con la normativa vigente en España referente a este tipo de instalaciones y está basado en las siguientes normas y reglamentos:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, 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-RAT 01 a 23.
- Instrucciones técnicas complementarias en subestaciones. Real Decreto nº 842/02 de 2 de agosto en BOE: 18-sept-02.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias. R.D. 223/2008 de 15 de febrero de 2008 (RLAT).
- Norma CEI 865 de 1986, Cálculo de los efectos de las corrientes de cortocircuito.
- Norma UNE EN 60865-1, Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: definiciones y métodos de cálculo.
- Norma CEI 909-1988, Cálculo de corrientes de cortocircuito en redes de corriente alterna trifásica.
- Norma VDE 0102.
- Norma DIN 43670.

Si al aplicar las normas y reglamentos anteriores se obtuviesen valores que discrepasen con los que pudieran obtenerse con otras normas o métodos de cálculo, se considerará siempre el resultado más desfavorable, con objeto de estar siempre del lado de la seguridad.

2.1.3 Desplazamiento del vano con viento

La presión sobre el conductor debida al efecto del viento, según RLAT, es de 68 kg/m^2 (para 140 km/h). Para este caso, y por unidad de longitud, tendremos:

$Fv = 68\ kg/m^2 \cdot 0{,}02961m = 2{,}01kg/m$ (a cada conductor RAIL en parque 220 kV).

y el desplazamiento máximo del conductor será:

$$\Theta = \text{atan}\frac{F_v}{P}$$

$$d_{max} = f_{max} \cdot sen(\Theta)$$

$$\Theta = \text{atan}\frac{2{,}01}{1{,}6} \simeq 51.4°$$

$$d_{max} = 1{,}35 \cdot sen(51{,}4°) = 1{,}055\ m$$

En estas condiciones, dada la escasa probabilidad de simultaneidad de viento y sobretensión, la distancia de aislamiento fase-fase para conductores paralelos ya establecida en 2,1 m (por reglamento) se puede reducir en un 25%, por lo que la separación mínima entre conductores en reposo para que sea respetada dicha distancia eléctrica entre fases para los conductores extremos deberá ser de:

$$D_{min} = (0{,}75 \cdot 2{,}1) + 1{,}055 + 0{,}4 = 3{,}03\ m$$

Distancia inferior a la adoptada que es 4 m para los conductores tendidos, superior incluso a la distancia teniendo en cuenta sobretensiones simultáneas con viento.

2.1.4 Efecto en conductores por corriente de cortocircuito

- **Dimensiones y parámetros característicos.**

El esfuerzo debido a un defecto bifásico viene dado por la siguiente expresión:

$$F' = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot 0{,}75 \cdot \frac{I_{k3}^2}{a} \cdot \frac{l_c}{l}$$

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

donde:

Ik_3: corriente simétrica de cortocircuito trifásico (para el caso de 220 kV se toman 30 kA para no penalizar en exceso el cálculo)

l_c: longitud del vano sin cadenas

l: longitud total del vano

a: separación entre fases

μ_0: permeabilidad magnética del vacío ($4\pi \cdot 10^{-7}$ N/A^2)

En este caso, $F' = 27{,}75\ N/m$

La proporción entre el peso propio y la fuerza de cortocircuito vale:

$$r = \frac{F'}{n m_s g}$$

donde:

n: número de conductores por fase

m_s : peso de uno de los conductores

g: aceleración de la gravedad (9,81 m/s2)

en este caso, $r = 27{,}75/(2 \cdot 1{,}6 \cdot 9{,}81) = 0{,}88$

La dirección resultante de la fuerza será: $\delta 1 = arctg\ r = 41{,}8\ °$

La flecha estática en el conductor tendido vale:

$$b_c = \frac{n m_s g l^2}{8 F_{st}}$$

donde F_{st} es la fuerza de tracción estática del conductor para el caso más desfavorable, que será la flecha máxima para 50ºC.

Sustituyendo y operando, $b_c = 1{,}2\ m$

Para esta flecha, el periodo de oscilación vale:

$$T = 2\pi \sqrt{0{,}8 \frac{b_c}{g}}$$

Con lo que sustituyendo resulta: T=1,97 s

El período resultante en caso de cortocircuito vale:

$$T_{res} = \frac{T}{\sqrt[4]{1 + r^2}\left[1 - \frac{\pi^2}{64}\left(\frac{\delta_1}{90}\right)^2\right]}$$

Sustituyendo y resolviendo, $T_{res} = 1{,}76\ s$

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

El módulo de Young real del conductor vale, en función de la carga límite del cable (σ_{fin}):

$$E = \begin{cases} E\left[0{,}3 + 0{,}7sen\left(90\dfrac{F_{st}}{nA_s\sigma_{fin}}\right)\right] & si \quad \dfrac{F_{st}}{nA_s} \leq \sigma_{fin} \\ E & si \quad \dfrac{F\_st}{nA_s} > \sigma_{fin} \end{cases}$$

donde, σ_{fin} = $5 \cdot 10^7$ N/m^2 (menor valor de la tensión de mecánica del conductor cuanto E llega a ser constante)

A_s: sección de un conductor

En este caso, $F_{st}/nA_s < \sigma fin$, con lo que E = 2,68 $\cdot 10^{10}$ N/m

El factor de carga del conductor vale:

$$\xi = \frac{(nm_s gl)^2}{24F_{st}^3 N}$$

donde N = rigidez del sistema mecánico compuesto, que vale:

$$N = \frac{1}{Sl} + \frac{1}{nEA_s}$$

con lo que: N = 3,32 · 10^{-7} y ξ = 0,86

El ángulo de oscilación del vano durante el paso, o al fin del mismo, de la corriente de cortocircuito viene dado por la expresión:

$$\delta_k = \begin{cases} 1 - \cos(360\dfrac{T_{k1}}{T_{res}}) & si \quad 0 \leq \dfrac{T_{k1}}{T_{res}} \leq 0{,}5 \\ 10° + arcos\,\chi & si \quad \dfrac{T_{k1}}{T_{res}} > 0{,}5 \end{cases}$$

En este caso, $T_{k1}/T_{res} = 0{,}25 < 0{,}5$, con lo que $\delta_k = 50{,}35\,°$

El ángulo máximo de oscilación que se puede producir corresponde a una duración de cortocircuito inferior o igual a la duración del cortocircuito establecida T_{k1}, y se calcula como:

$$\delta_m = \begin{cases} 1{,}25\,arcos\,\chi & si \quad 0{,}766 \leq \chi \leq 1 \\ 10° + arcos\,\chi & si \quad -0{,}985 \leq \chi \leq 0{,}766 \\ 180° & si \quad \chi \leq -0{,}985 \end{cases}$$

con

$$\chi = \begin{cases} 1 - rsen\delta_k & si \quad 0 \leq \delta_k \leq 90° \\ 1 - r & si \quad \delta_k > 90° \end{cases}$$

En este caso, δk = 50,35 < 90º, con lo que χ = 0,32 y δm = 81,38º

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- **Fuerza de tensión por oscilación durante el cortocircuito**

De acuerdo con la norma de referencia, la fuerza de tensión en cortocircuito, para conductores compuestos (haces), se calcula por:

$$F_t = 1{,}1 \cdot F_{st}(1 + \psi \cdot \varphi)$$

donde:

F_{st} es la fuerza estática en el conductor.

φ es el parámetro de carga, que tiene en cuenta el esfuerzo combinado de peso y cortocircuito en función del tiempo de despeje frente al período de oscilación del conductor, y vale :

$$\varphi = \begin{cases} 3\left(\sqrt{1+r^2} - 1\right) & si \quad T_{k1} \geq T_{res}/4 \\ 3(rsen\delta_k + \cos\delta_k - 1) & si \quad T_{k1} < T_{res}/4 \end{cases}$$

ψ es un parámetro que combina los dos factores de carga, ζ y φ, y que se calcula como una solución real de la ecuación :

$$\varphi 2\psi 3 + \varphi(2+\zeta)\psi 2 + (1+2\zeta)\psi - (2+\varphi)\zeta = 0$$

Los resultados de las soluciones reales a esta ecuación, en función de los parámetros ζ y φ, se encuentran tabulados en la figura 7 de la norma CEI 865-1.

En este caso, como: $T_{k1} = 0{,}5 > T_{res}/4 = 0{,}07; \quad \varphi = 1{,}00$

Y con φ = 1,00, y ξ = 0,86, ψ (de acuerdo con la figura citada) = 0,56

En estas condiciones, Ft = 1,1 · 6.624,8 · (1+1,00 · 0,56) = 11.400 N

2.1.5 Aproximación de conductores

El valor del desplazamiento máximo por oscilación en cortocircuito:

$$b_h = \begin{cases} C_f \cdot C_d \cdot b_c sen\delta_1 & si \quad \delta_m \geq \delta_1 \\ C_f \cdot C_d \cdot b_c sen\delta_m & si \quad \delta_m < \delta_1 \end{cases}$$

en donde C_f es un factor experimental que cubre las variaciones de la curva de equilibrio del cable durante el defecto, y su valor es:

$$C_f \begin{cases} 1{,}05 & si \quad r \leq 0{,}8 \\ 0{,}97 + 0{,}1r & si \quad 0{,}8 \leq r \leq 1{,}8 \\ 1{,}15 & si \quad r \geq 1{,}8 \end{cases}$$

En este caso, con r = 0,88, Cf = 1,06

El factor C_d considera los aumentos de la flecha debidos a la elongación elástica y térmica y puede obtenerse por la expresión:

$$C_d = \sqrt{1 + \frac{3}{8}\left(\frac{1}{b_c}\right)^2 (\varepsilon_{ela} + \varepsilon_{th})}$$

La deformación elástica viene dada por:

$$\varepsilon_{ela} = (F_t - F_{st})N$$

y la deformación térmica:

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

$$\varepsilon_{th} = \begin{cases} C_{th}\left(\frac{I''_{k3}}{nA_s}\right)^2 \frac{T_{res}}{4} & si \quad T_{k1} \geq T_{res}/4 \\ C_{th}\left(\frac{I''_{k3}}{nA_s}\right)^2 \frac{T_{k1}}{4} & si \quad T_{k1} < T_{res}/4 \end{cases}$$

Donde c_{th} = factor de dilatación térmica, que para el cable RAIL (220kV) vale $0{,}27.10^{-18}$ m^4/A^2s, debido a que: sección Al / sección acero > 6.

Resolviendo en las expresiones anteriores se obtiene, dado que $T_{k1} > T_{res}/4$:

$\varepsilon_{ela} = 1{,}58 \cdot 10^{-3}\ m$

$\varepsilon_{th} = 1{,}00 \cdot 10^{-4}\ m$

y así, $C_d = 1{,}37$

como $\delta_m = 81{,}38 > 41{,}48$

$b_h = 1{,}06 \cdot 1{,}37 \cdot 1{,}2 \cdot sen(41{,}48°) = 1{,}15\ m$

2.1.6 Distancia mínima

Distancia mínima entre conductores en cortocircuito:

$$D = a - 2b_h - 0{,}4 = 6 - 2 \cdot 1{,}15 - 0{,}4 = 1{,}29\ m$$

Es por lo tanto apropiada la dimensión de 20 m de anchura de calle y la de separación entre conductores, 6 m, para cumplir los requisitos de aislamiento permanente y temporal, en los casos más desfavorables y para la configuración propuesta, dado que estamos muy por encima de los 1,55 m de distancia de aislamiento temporal recomendada por la CIGRE.

2.1.7 Distancias mínimas a adoptar

En base a lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta lo que al respecto se indica en la ITC-RAT 12 e IEC-71 se proponen las siguientes distancias mínimas que deberán ser respetadas en la presente subestación:

- Distancias fase-tierra:

  Conductor – estructura..... 2,1 m

  Punta – estructura ..... 2,1 m

- Distancias fase-fase:

  Conductores paralelos..... 2,1 m

  Punta conductor ..... 2,1 m

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

2.2 RED DE TIERRAS INFERIORES

Dado que no se incrementa la corriente a difundir por la instalación de la nueva posición, y el conductor tendido es sobradamente capaz de conducir la corriente de defecto, no se tenderá malla nuevamente en esta ampliación. Únicamente se realizarán las conexiones de tierra necesarias para dar tierra a las estructuras.

2.3 RED DE TIERRAS SUPERIORES

El cometido del sistema de tierras superiores es la captación de las descargas atmosféricas y su conducción a la malla enterrada para que sean disipadas a tierra sin que se ponga en peligro la seguridad del personal y de los equipos de la subestación.

El sistema de tierras superiores consiste en un conjunto de hilos de guarda y/o de puntas Franklin sobre columnas. Estos elementos están unidos a la malla de tierra de la instalación a través de la estructura metálica que los soporta, que garantiza una unión eléctrica suficiente con la malla.

Para el diseño del sistema de protección de tierras superiores se ha adoptado el modelo electro geométrico de las descargas atmosféricas y que es generalmente aceptado para este propósito.

El criterio de seguridad que se establece es el de apantallamiento total de los embarrados y de los equipos que componen el aparellaje, siendo este criterio el que establece que todas las descargas atmosféricas que puedan originar tensiones peligrosas y que sean superiores al nivel del aislamiento de la instalación, deben ser captadas por los hilos de guarda.

Este apantallamiento se consigue mediante una disposición que asegura que la zona de captación de descargas peligrosas de los hilos de guarda y de las puntas Franklin contiene totalmente a las correspondientes partes bajo tensión.

La zona de captura se establece a partir del radio crítico de cebado (r) y que viene dado por la expresión: $r = 8 \times I^{0,65}$

donde: $I = 1,1 \cdot U \cdot N / Z$, siendo:

U = tensión soportada a impulsos tipo rayo = 1.050 kV

N = número de líneas conectadas a la subestación = 2

Z = Impedancia característica de las líneas = 400Ω (valor típico)

Sustituyendo y aplicando estos valores se obtiene:

$I = 1,1 \cdot 1.050 \cdot 2/400 = 8,34$ kA

Luego la zona de captura será:

$r = 8 \cdot 8,34^{0,65} = 31,76$ m

El radio crítico de 32 m con centro en las puntas Franklin, en el centro en los amarres de los hilos de guarda y en su punto más bajo, cuyo emplazamiento se refleja en los planos correspondientes, garantiza el apantallamiento total de la instalación.

Por otro lado, la subestación y su aparamenta asociada queda protegida frente a las descargas atmosféricas mediante el cable de guarda.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 3. CONCLUSIÓN

A la vista de los resultados obtenidos los valores de las tensiones de paso y contacto están por debajo de los permitidos por el ITC-RAT 13, y del IEEE-80-2000, por lo que el diseño de la malla sería válido.

De cualquier modo, se medirán de forma práctica los valores de las tensiones de paso y contacto, una vez finalizadas las obras en la subestación, para asegurarse de que no hay peligro en ningún punto de la instalación.

Madrid, Marzo de 2021

El Ingeniero industrial

Luis Cabezón López

Jefe del Departamento de Ingeniería de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN GATICA 400/220 kV

DOCUMENTO 2

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

Dirección de **Ingeniería y Medio Ambiente**
Dpto. **Ingeniería de Subestaciones**

Marzo de 2021

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Índice

CAPÍTULO 1. OBJETO 3

CAPÍTULO 2. NORMATIVA APLICABLE 4

2.1 EQUIPAMIENTO Y MONTAJE 4

2.2 OBRA CIVIL 5

2.2.1 Estructuras 5

2.2.2 Instalaciones 5

2.2.3 Varios 5

CAPÍTULO 3. GESTIÓN DE CALIDAD 7

CAPÍTULO 4. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL 8

CAPÍTULO 5. SEGURIDAD EN EL TRABAJO 9

CAPÍTULO 6. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN 10

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 1. OBJETO

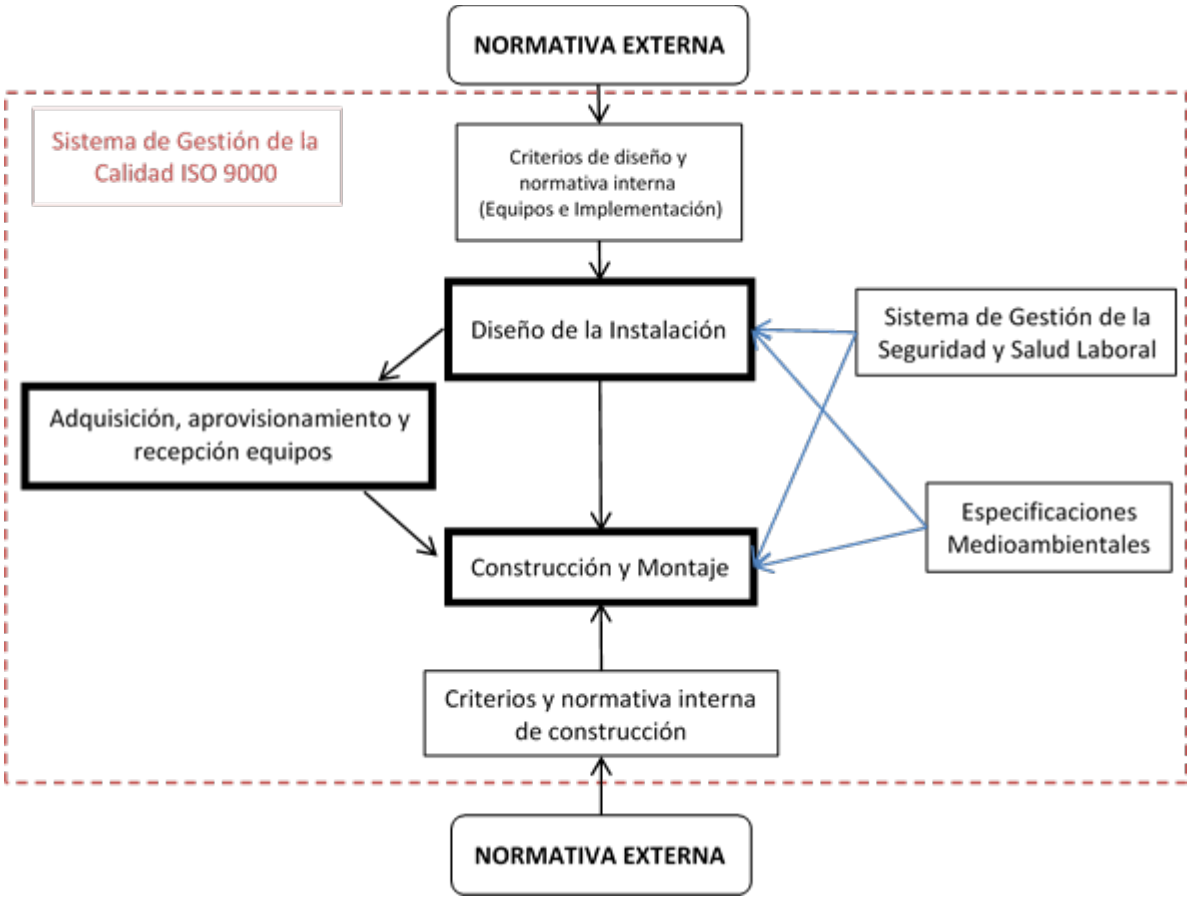
El objeto del presente Pliego de Condiciones es aportar la información necesaria para definir los materiales y equipos y su correcto montaje para lo que se han considerado los siguientes aspectos.

1º Normativa: Los equipos y su montaje será conforme a la normativa legal y de referencia.

2º Gestión de Calidad: El Plan de Calidad recoge las características técnicas de los equipos y su montaje. Además, la certificación ISO-9000 asegura la calidad de la instalación construida.

3º Gestión medioambiental: Con el objeto de minimizar los impactos que puedan acarrear la construcción y funcionamiento de la instalación.

4º Seguridad Laboral: Para asegurar que tanto el montaje como la explotación de los equipos de esta instalación cumplen con las medidas de seguridad requeridas.



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 2. NORMATIVA APLICABLE

Se aplicarán por el orden en que se relacionan, cuando no existan contradicciones legales, las siguientes normas:

- Normativa de RED ELÉCTRICA (DYES; Procedimientos Técnicos; y Procedimientos de Dirección).
- Normativa Europea EN.
- Normativa CENELEC.
- Normativa CEI.
- Normativa UNE.
- Otras normas y recomendaciones (IEEE, MF, ACI, CIGRE, ANSI, AISC, etc).

2.1 EQUIPAMIENTO Y MONTAJE

El presente Proyecto ha sido redactado basándose en los anteriores reglamentos y normas, y más concretamente, en los siguientes, que serán de obligado cumplimiento:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo.
- Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT). Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología. BOE 18 de septiembre de 2002, e Instrucciones Técnicas Complementarias y sus modificaciones posteriores.
- Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.
- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 614/01 de 8 de junio sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 1215/97 de 18 de julio sobre Equipos de trabajo.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ley 32/2006 de 18 de octubre Reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.
- R.D. 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

En el caso de discrepancias entre las diversas normas se seguirá siempre el criterio más restrictivo.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

2.2 OBRA CIVIL

2.2.1 Estructuras

- **Acciones en la edificación**
  - Documento básico de seguridad estructural DB-SE-AE "Acciones en la Edificación" del Código técnico de la edificación. R.D. 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.
  - Norma de construcción sismo-resistente: parte general y edificación (NCSR-02). R.D. 997/2002, de 27 de septiembre, del Ministerio de Fomento. BOE 11 de octubre de 2002.
- **Acero**
  - Documento básico de seguridad estructural DB-SE-A "Acero" del Código técnico de la edificación. R.D. 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.
- **Hormigón**
  - Instrucción de hormigón estructural EHE-08. R.D. 1247/2008 de 18 de julio, del Ministerio de Fomento. BOE 22 de agosto de 2008.
- **Forjados**
  - R.D 1247/2008 de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de hormigón estructural (EHE-08).

2.2.2 Instalaciones

- **Electricidad**
  - Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) e Instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51. R.D 842/2002, de 2 de agosto del Ministerio de Industria y Energía. BOE 18 de septiembre de 2002.
  - Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales de cables protectores de material plástico. Resolución de 18-ene-88, de la Direc-ción General de Innovación Industrial. BOE 19 de febrero de 1988.
- **Instalaciones de Protección Contra Incendios**
  - R.D 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
  - Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, BOE 17-dic-04.

2.2.3 Varios

- Normas tecnológicas de la edificación. Decreto del Ministerio de la Vivienda nº 3565/72, de 23 de diciembre. BOE del 15 de enero de 1973.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, 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-RAT 01 a 23.
- Instrucciones técnicas complementarias en subestaciones. Real Decreto nº 842/02 de 2 de agosto, en BOE 18 de septiembre de 2002.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.
- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 614/01 de 8 de junio sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 1215/97 de 18 de julio sobre Equipos de trabajo.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ley 32/2006 de 18 de octubre Reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

En el caso de discrepancias entre las diversas normas se seguirá siempre el criterio más restrictivo.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 3. GESTIÓN DE CALIDAD

Afecta a los procesos: ingeniería, construcción, calificación de proveedores, compras, transferencia de instalaciones y gestión de proyectos y también a los recursos: cualificación de las personas, equipos de inspección, medida y ensayo y homologación de equipos. Sistema de calidad certificado que cumple con la normativa ISO 9000.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 4. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Las obras del proyecto se ejecutan garantizando el cumplimiento de la legislación y reglamentación aplicable. En el *Anexo 2.1 Especificaciones técnicas de carácter ambiental* de este documento se detallan los aspectos medioambientales que rigen la ejecución de este proyecto.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 5. SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, al amparo de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, se incluye en el presente proyecto, el *Estudio de Seguridad y Salud* correspondiente para su ejecución.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 6. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

De acuerdo con los sistemas de gestión certificados, se garantiza el correcto montaje verificado y validando la instalación y equipos mediante:

- **Pruebas en vacío**

Una vez finalizados los trabajos de obra civil y montaje electromecánico se procederá a la realización de las pruebas en vacío de la Instalación de acuerdo con las instrucciones técnicas correspondientes recogida en la normativa interna.

- **Pruebas en tensión**

Las pruebas en tensión tendrán por objeto comprobar la adecuación al uso de la instalación conforme a los criterios funcionales establecidos en el Proyecto.

Los protocolos de las pruebas a realizar así como los criterios para su ejecución serán redactados conforme a lo especificado en la documentación técnica aplicable.

Madrid, Marzo de 2021

El Ingeniero industrial

Luis Cabezón López

Jefe del Departamento de Ingeniería de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN GATICA 400/220 kV

DOCUMENTO 2

ANEXO 1

REQUISITOS AMBIENTALES

ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Dirección de **Ingeniería y Medio Ambiente**
Dpto. **Ingeniería de Subestaciones**

Marzo de 2021

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Índice

CAPÍTULO 1. ÁMBITO DE APLICACIÓN 3

CAPÍTULO 2. REQUISITOS AMBIENTALES 4

2.1 REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL 4

2.1.1 Condicionados de los organismos de la Administración 4

2.1.2 Áreas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible 4

2.1.3 Cambios de aceites y grasas 4

2.1.4 Campamento de obra 4

2.1.5 Gestión de residuos 4

2.1.6 Incidentes con consecuencias ambientales 5

2.2 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL 5

2.3 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECÁNICO 5

2.3.1 Llenado de equipos con aceite 5

2.3.2 Llenado de equipos con SF_6 5

2.4 ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA 5

CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DE DEMOLICIÓN 7

3.1 ANTECEDENTES 7

3.1.1 Objeto 7

3.1.2 Situación y descripción general del proyecto 7

3.1.3 Descripción general de los trabajos 7

3.2 ESTIMACIÓN DE RESIDUOS A GENERAR 7

3.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS 9

3.4 MEDIDAS DE SEPARACIÓN, MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS EN OBRA 10

3.5 DESTINOS FINALES DE LOS RESIDUOS GENERADOS 12

3.6 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE GESTIÓN 14

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este documento tiene por objeto establecer los requisitos de carácter ambiental que se deben cumplir en los trabajos de obra civil y montaje electromecánico que se van a realizar en la ampliación de la subestación GATICA 400/220 kV para minimizar los posibles impactos ambientales que puede conllevar el desarrollo de los trabajos de construcción.

El alcance de esta especificación comprende todos los trabajos de obra civil y montaje electromecánico de la subestación.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 2. REQUISITOS AMBIENTALES

2.1 REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL

Se contemplará un estricto cumplimiento de los requisitos medioambientales legales que en cada momento establecidos en los distintos ámbitos: europeo, estatal, autonómico y municipal. Las *Especificaciones ambientales de construcción de subestaciones* que regirán la ejecución de la obra indicarán todos los requisitos a cumplir en relación a los trabajos.

2.1.1 Condicionados de los organismos de la Administración

Durante el proceso de Autorización Administrativa los organismos públicos y entidades que puedan ser afectadas por el desarrollo del proyecto emitirán los condicionados correspondientes que serán aplicados en el desarrollo de la ejecución de la obra.

2.1.2 Áreas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible

Para evitar que las zonas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible se dispongan sobre suelo desnudo o sin mecanismos de retención de posibles derrames, se contará con una bandeja metálica sobre la que se colocaran los recipientes que contengan combustible.

La bandeja será estanca, con un bordillo mínimo de 10 cm y con capacidad igual o mayor que la del mayor de los recipientes que se ubiquen en ella. Será necesario disponer de una lona para tapar la bandeja con el fin de evitar que en caso de lluvia se llene de agua, a no ser que el almacenamiento se realice bajo cubierta.

En el caso de que sea necesario disponer de grupos electrógenos, su tanque de almacenamiento principal deberá tener doble pared y todas las tuberías irán encamisadas. Si no es así se colocarán sobre bandeja estanca de las características anteriormente descritas.

2.1.3 Cambios de aceites y grasas

No se verterán aceites y grasas al suelo, por lo que se tomarán todas las medidas preventivas necesarias.

El cambio de aceites de la maquinaria se realizará en un taller autorizado. Si ello no fuera posible se efectuará sobre el terreno utilizando siempre los accesorios necesarios (recipiente de recogida de aceite y superficie impermeable) para evitar posibles vertidos al suelo.

2.1.4 Campamento de obra

El campamento de obra dispondrá de los contenedores necesarios para los residuos sólidos urbanos que generen las personas que trabajan en la obra.

No serán utilizadas fosas sépticas/pozos filtrantes en la instalación sin autorización de la Confederación Hidrográfica correspondiente. Preferentemente se usarán depósitos estancos de acumulación o de wáter químico, que serán desmontados una vez hayan finalizados los trabajos. El mantenimiento de estos sistemas será el adecuado para evitar olores y molestias en el entorno de los trabajos.

2.1.5 Gestión de residuos

La gestión de los residuos se realizará conforme a la legislación específica vigente. Será según lo establecido en los siguientes documentos:

- **Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición**. Incluido como anexo al presente documento.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- **Plan de gestión de residuos de construcción y demolición**. Entregado por el contratista, aprobado por la dirección facultativa y aceptado por el Departamento de Medio Ambiente de RED ELÉCTRICA.

2.1.6 Incidentes con consecuencias ambientales

Se consideran incidencias medioambientales aquellas situaciones que por su posible afección al medio requieren actuaciones de emergencia.

Los principales incidentes que pueden tener lugar son incendios y fugas/derrames de material contaminante.

El riesgo de incendios viene asociado principalmente al almacenamiento y manipulación de productos inflamables. Se establecerán todas las medidas de prevención de incendios y se prestará especial atención para que los productos inflamables no entren en contacto con fuentes de calor: trabajo de soldaduras, recalentamiento de máquinas, cigarros etc. En el lugar de trabajo se contará con los extintores adecuados.

Además de las medidas de prevención de fugas y derrames (descritas en apartados anteriores) se contará en obra con los materiales necesarios para la actuación frente a derrames de sustancias potencialmente contaminantes.

2.2 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL

Limpieza de cubas de hormigonado

Se delimitará y señalizará 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.

2.3 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECÁNICO

2.3.1 Llenado de equipos con aceite

Cuando se llenan de aceite las máquinas de potencia se tomarán las máximas precauciones para evitar posibles accidentes con consecuencias medioambientales.

No se comenzará el llenado de equipos hasta que no estén operativos los fosos de recogida de aceite.

Como complemento y para evitar un accidente, debajo de todos los empalmes de tubos utilizados en la maniobra se deberán situar recipientes preparados para la recogida de posibles pérdidas, con el tamaño suficiente para evitar vertidos al suelo.

2.3.2 Llenado de equipos con SF_6

El llenado de equipos con SF_6 se llevará a cabo por personal especializado, evitándose así fugas de gas a la atmósfera. Las botellas de SF_6 (vacías y con SF_6 que no se ha utilizado en el llenado) serán retiradas por el proveedor para garantizar la adecuada gestión de las mismas.

2.4 ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA

Una vez finalizados todos los trabajos se realizará una revisión del estado de limpieza y conservación del entorno de la subestación, con el fin de proceder a la recogida de restos de todo tipo que pudieran haber quedado acumulados y gestionarlos adecuadamente.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Se procederá a la rehabilitación de todos los daños ocasionados sobre las propiedades derivados de la ejecución de los trabajos.

Se revisará la situación de todas las servidumbres previamente existentes y el cumplimiento de los acuerdos adoptados con particulares y administración, acometiendo las medidas correctoras que fueran precisas si se detectan carencias o incumplimientos.

Donde sea viable, se restituirá la forma y aspecto originales del terreno.

De forma inmediata a la finalización de la obra y en el caso que sea necesario, se revegetarán las superficies desprovistas de vegetación que pudieran estar expuestas a procesos erosivos y si así se ha definido, se realizarán los trabajos de integración paisajística de la instalación.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DE DEMOLICIÓN

3.1 ANTECEDENTES

3.1.1 Objeto

El presente *Estudio de residuos* se realiza para minimizar los impactos derivados de la generación de residuos en la construcción del presente proyecto, estableciendo las medidas y criterios a seguir para minimizar la generación de residuos, segregar y almacenar correctamente los residuos generados 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 R.D.

3.1.2 Situación y descripción general del proyecto

La situación y descripción general del proyecto está reflejado en el capítulo 2 del documento 1: *Memoria* del presente Proyecto de Ejecución.

3.1.3 Descripción general de los trabajos

Las actividades a llevar a cabo y que van a dar lugar a la generación de residuos van a ser las siguientes:

- Realización de acopios, campamento de obra e instalación de medios auxiliares.
- Movimiento de tierras: excavaciones (cimentaciones), movimientos y traslados de tierras.
- Obra civil: cimentaciones, hormigonados, drenajes etc.
- Montaje electromecánico: aparamenta eléctrica, servicios auxiliares etc.
- Limpieza de obra y restauración.
- Actividades auxiliares (oficina).

3.2 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	170101
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

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Tipo residuo	Código LER
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 proyecto 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 la tabla siguiente, es aproximada, teniendo en cuenta la información de la que se dispone en la etapa en la cual se elabora el proyecto de ejecución. Las cantidades, por tanto, también deberán ser ajustadas en los correspondientes Planes de gestión de residuos.

Tipo de residuo	Código	Unidad	PARQUE 400 kV		TOTAL
			O.C.	MONTAJE	
Excedentes de excavación(*)	170101	m^3	3.268	0	3.268
Restos de hormigón	170101	m^3	15	0	15
Lodos fosas sépticas	200304	kg	708	354	1.062
Papel y cartón	200101	kg	36	50	86
Maderas	170201	kg	1.452	800	2.252
Plásticos (envases y embalajes)	170203	kg	51	50	101
Chatarras metálicas	170405 170407 170401 170402	kg	254	800	1.054
Restos asimilables a urbanos	200301	kg	58	45	103
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (Si segregan)	150102 150104 150105 150106	kg	14	45	60
Trapos impregnados	150202*	kg	11	3	14
Tierras contaminadas	170503*	m^3	9	0	9
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110* 150111*	kg	16	10	26
Aceites usados	13020___*	l	0	0	0
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	kg	0	0	0

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

(*) La cantidad estimada se corresponde con los excedentes de excavación que no está previsto reutilizar en la propia obra.

3.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS

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:

- **Cerámicas mortero y hormigón:**
  - Reutilización, en la medida de lo posible en la propia obra: rellenos.
- **Medios auxiliares (palets de madera), envases y embalajes:**
  - Utilizar materiales cuyos envases/embalajes procedan de material reciclado.
  - 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 (ej. Botellas de SF_6 vacías o medio llenas).
  - 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).
  - Controlar al máximo las operaciones de llenado de equipos con aceites para evitar que se produzca cualquier vertido.
- **Tierras contaminadas**

Establecer las medidas preventivas para evitar derrames de sustancias peligrosas:

- Disponer de bandeja metálica para almacenamiento de combustibles.
- 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. Si no es así colocar en una bandeja estanca o losa de hormigón impermeabilizada y con bordillo.
- Controlar al máximo las operaciones de llenado de equipos con aceites para evitar que se produzca cualquier vertido. No realizar llenados de máquinas de potencia sin estar operativos los

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

fosos de recogida de aceite. Colocar recipientes o material absorbente debajo de todos los empalmes de tubos utilizados durante la maniobra, para la recogida de posibles pérdidas.

- Buenas prácticas en los trasiegos.

3.4 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 proyecto.

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.

- **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 mezclaran 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.

En el campamento de obra, se procurará además segregar los RSU en las distintas fracciones (envases y embalajes, papel, vidrio y resto).

- **Almacenamiento**:

Desde la generación de los residuos hasta su eliminación o valorización final, éstos serán almacenados de forma separada en el lugar de trabajo, según vaya a ser su gestión final, como se ha indicado en el punto anterior.

Par 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 833/1988 y Ley 22/2011, de 28 de julio), con etiquetas o carteles resistentes a las

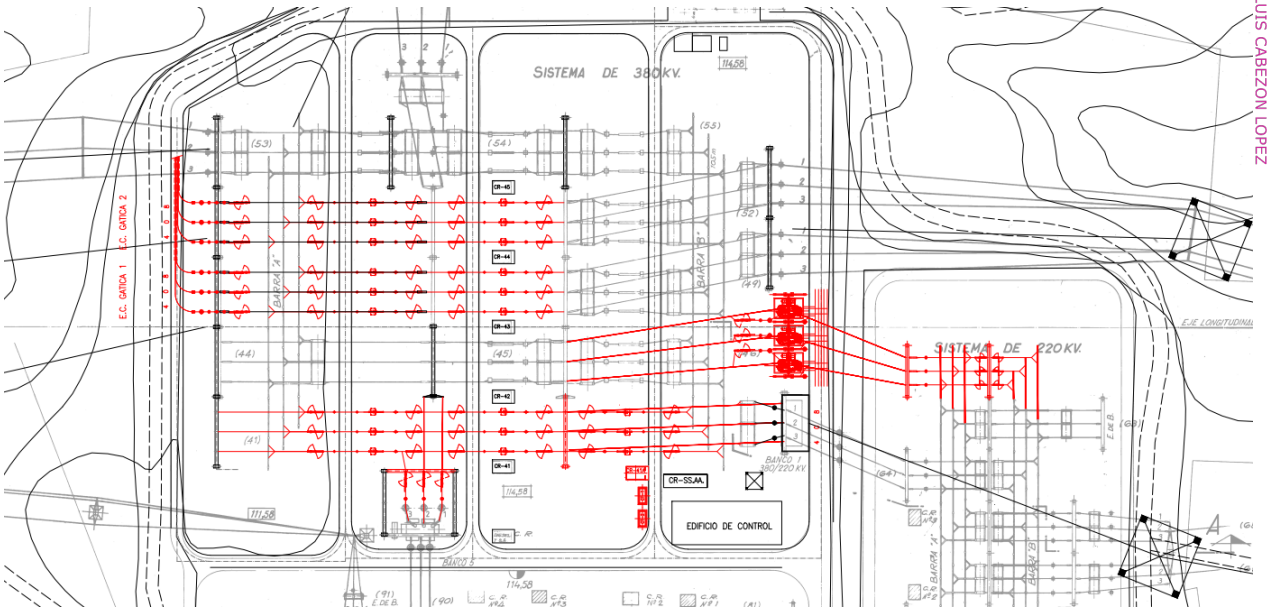
Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

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.
- 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.

Además de las zonas definidas, el campamento de obra deberá disponer de uno o más contenedores, con su correspondiente tapadera (para evitar la entrada del agua de lluvia) para los residuos sólidos urbanos (restos de comidas, envases de bebidas, etc.) que generen las personas que trabajan en la obra. Estos contenedores deberán estar claramente identificados, de forma que todo el personal de la obra sepa donde se almacena cada tipo de residuo.

En el croquis siguiente se muestran las zonas destinadas al almacenamiento de residuos. Estas zonas podrán ser redefinidas por el contratista que reflejará los cambios en el correspondiente Plan de residuos. Además, en dicho plan se incluirá la descripción de los distintos contenedores que se prevé utilizar para los distintos residuos.



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

3.5 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.

- **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.
  - **Excedentes de excavación, escombros, y excedentes de hormigón**: como ya se ha comentado se 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 mediante su reutilización en firmes de caminos, rellenos etc. Si no son posibles las opciones anteriores se gestionarán en vertedero autorizado.
  - **Chatarra**: se entregará a gestor autorizado para que proceda al reciclado de las distintas fracciones.

- **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).

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” (Modelo A012, que se reproduce seguidamente). Además de cumplimentar la ficha el contratista proporcionará la documentación acreditativa de las gestiones realizadas:

- Documentos de control y seguimiento (residuos peligrosos).

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- Notificaciones de traslado (residuos peligrosos).
- Albaranes de retirada o documentos de entrega de residuos no peligrosos.
- Permisos de vertido/reutilización de excedentes de excavación.

RED ELÉCTRICA

A012 Gestión de residuos generados en las obras de construcción ed.02 Fecha: 05.10.05

Año:	Proyecto:	Instalación:	Actividad:	Hoja de

Tipo de Residuo	Fecha (o periodo) de Generación	Cantidad Generada (1)	Tipo de Gestión (2)	Fecha de Gestión	Observaciones
NO PELIGROSOS:					
- ESCOMBROS			VERTEDERO AUTORIZADO		
- EXCEDENTES DE EXCAVACIÓN					
- RSU: restos de comida, plásticos…			CONTENEDOR MUNICIPAL		
- PAPEL Y CARTÓN					
- MADERAS					
- PLÁSTICOS					
- CHATARRAS					
- OTROS					
PELIGROSOS:					
- ACEITES USADOS					
- TRAPOS IMPREGNADOS CON GRASAS, DISOLVENTES, ETC.					
- ENVASES QUE HAN CONTENIDO SUSTANCIAS PELIGROSAS (Ver pictograma)					
- TIERRAS CONTAMINADAS					
OTROS					

Responsable del registro:

Firma:
Fecha:

/ /

(1) Para que la cuantificación en todo Red Eléctrica resulte más sencilla, se proponen las siguientes unidades a utilizar:

Restos vegetales	kg	Excedentes de excavación	m^3	Escombros	kg	Maderas	kg
Papel y cartón	kg	Chatarras	kg	Vidrio	kg	Envases de sust. peligrosas	Kg
Trapos impregnados	kg	Aceite usado	litros	Suelos contaminados con hidrocarburos	m^3		

(2) especificar:

- Entrega a vertedero autorizado
- Entrega a particular
- Entrega a gestor autorizado
- Otro tipo de gestión (indicar cual)

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

3.6 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE GESTIÓN

En la tabla siguiente se incluye una estimación de los costes de la gestión de los residuos. 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 las cantidades estimadas en este estado del proyecto también se irán ajustando con el desarrollo del mismo.

TIPO DE RESIDUO	CÓDIGO	UNIDAD	COSTE (EUROS)
Excedentes de excavación	170101	m^3	5.588
Restos de hormigón	170101	m^3	293
Lodos fosas sépticas	200304	m^3	38
Papel y cartón	200101	kg	3
Maderas	170201	kg	82
Plásticos (envases y embalajes)	170203	kg	6
Chatarras metálicas	170405 170407 170401 170402	kg	18
Restos asimilables a urbanos	200301	kg	0
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (Si segregan)	150102 150104 150105 150106	kg	0
Trapos impregnados	150202*	kg	35
Tierras contaminadas	170503*	m^3	54
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110* 150111*	kg	98
Aceites usados (hidráulicos)	1302__*	kg	0
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	kg	0

Nota: los costes reflejados son costes estimados, dado que para su cálculo se han tomado precios de referencia. Los costes serán actualizados en el correspondiente plan de residuos, a entregar por el contratista.

Madrid, Marzo de 2021

El Ingeniero industrial

Luis Cabezón López

Jefe del Departamento de Ingeniería de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN GATICA 400/220 kV

DOCUMENTO 2

ANEXO 2

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

Dirección de **Ingeniería y Medio Ambiente**
Dpto. **Ingeniería de Subestaciones**

Marzo de 2021

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Índice

CAPÍTULO 1. OBJETO DE ESTE ESTUDIO 4

CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA 5

2.1 SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA OBRA 5

2.2 PRESUPUESTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA 7

2.3 CONTROL DE ACCESOS 7

2.4 TRABAJOS PREVIOS, INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS 7

2.5 UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN LA OBRA 8

2.5.1 Movimiento de tierras 8

2.5.2 Obra civil 8

2.5.3 Montaje de estructuras y equipos 9

2.6 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS 9

2.6.1 Organización de la seguridad 11

2.6.2 Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra 11

2.6.3 Formación 12

2.6.4 Medicina preventiva 12

2.6.5 Medios de protección 12

2.7 LOCALES DE DESCANSO Y SERVICIOS HIGIÉNICOS 13

2.8 DISPOSICIONES DE EMERGENCIA 13

2.8.1 Vías de evacuación 13

2.8.2 Iluminación 13

2.8.3 Ventilación 13

2.8.4 Ambientes nocivos y factores atmosféricos 14

2.8.5 Detección y lucha contra incendios 14

2.8.6 Primeros auxilios 14

2.9 PLAN DE SEGURIDAD 15

CAPÍTULO 3. PLIEGO DE CONDICIONES 16

3.1 NORMATIVA LEGAL DE APLICACIÓN 16

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

3.2 NORMATIVA INTERNA DE RED ELÉCTRICA 16

CAPÍTULO 4. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD 17

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 1. OBJETO DE ESTE ESTUDIO

Este Estudio de Seguridad y Salud establece las medidas de Seguridad que deben adoptarse en los trabajos de obra civil y montaje electromecánico a realizar en la ampliación de la subestación GATICA 400/220 kV. Facilitando la aplicación que la Dirección Facultativa debe realizar de tales medidas, conforme establece el R.D. 1627/97 por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad en las Obras de Construcción.

El presente Estudio tiene carácter obligatorio y contractual para todas las empresas que participan en el desarrollo de la obra.

Este Estudio se incluye como anexo a todos los contratos firmados entre Red Eléctrica de España, S. A. (en adelante, RED ELÉCTRICA) y las empresas contratistas que intervengan en la obra.

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.

RED ELÉCTRICA se reserva el derecho de la interpretación última del Plan de seguridad que se apruebe.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

2.1 SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La subestación de GATICA 400 kV está situada en el término municipal de Gatika, provincia de Vizcaya, País Vasco.

La ubicación queda reflejada en el plano de situación geográfica del documento Planos del presente proyecto.

Atendiendo las características ambientales del emplazamiento seleccionado esta instalación se realiza con tecnología convencional con aislamiento en aire.

Las condiciones ambientales del emplazamiento son las siguientes:

- Altura media sobre el nivel del mar..... 113 m
- Temperaturas extremas..... + 40º C/-20º C
- Contaminación ambiental..... Bajo
- Nivel de niebla ..... Medio

Para el cálculo de la sobrecarga del viento, se ha considerado viento horizontal con velocidad de 140 km/h.

La instalación de las nuevas posiciones del parque de 400/220 kV se realizarán quedando este parque con la siguiente distribución:

Gatica parque de 400KV en configuración de Interruptor y medio con la ampliación

Calle	Con la ampliación		
	Posición	Nº interruptores	Nº interruptores nuevos
1	TRP5 400/132	1	1
1	Celda central	1	1
1	ATP1 400/220	1	1
2	Reserva No equipada	0	
2	Celda central	1	
2	ATP2 400/220	1	
3	Estación Conversora 1	1	1
3	Celda central	1	1
3	Güeñes	1	
4	Estación Conversora 2	1	1
4	Celda central	1	1
4	AMOREBIETA	1	
5	AZPEITIA	1	
5	Celda central	1	
5	Reserva equipada LMZ1	1	

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Gatica parque de 220KV en configuración de Doble Barra con la ampliación

Calle	Con la ampliación	
	Posición	Nº interruptores nuevos
1	Reserva No equipada	0
2	Reserva No equipada	0
3	Reserva No equipada	0
4	ATP2 220/132	0
5	Zamudio	0
6	Güeñes 1	0
7	ATP1 400/220	0
8	Acoplamiento	0
9	ATP2 400/220 600 MVA	1

Para ello se procederá a realizar las siguientes actividades:

- Las cimentaciones de las estructuras metálicas de soporte de la aparamenta.
- Se construirán canales cables de reducida profundidad que unirán el parque con el edificio de control y las casetas de relés.
- Montaje de las estructuras metálicas de soportes de aparamenta.
- Montaje de la aparamenta correspondientes a las calles equipadas y a sus embarrados de conexión.
- Montaje de embarrados principales y embarrado altos.
- Se modificarán los Sistemas de Control, Telecomunicaciones, Protección y Medida, instalando los BR's en sus casetas de relés.
- Se ampliaran los servicios de c.a y c.c. de Servicios Auxiliares,
- Será modificada la red de tierras así como a la instalación de fuerza y alumbrado.

La disposición física de los elementos del parque responde a lo normalizado por RED ELÉCTRICA para instalaciones de 400 kV, cuyas características principales son:

- Entre ejes de aparellaje ..... 5.000 mm
- Entre ejes de conductores tendidos..... 6.000 mm
- Anchura de posiciones ..... 20.000 mm
- Altura de embarrados de interconexión entre aparatos .... 7.500 mm
- Altura de embarrados altos..... 13.500 mm

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- Altura de embarrados tendidos altos ..... 20.450 mm

2.2 PRESUPUESTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA

La obra adjudicada a contratistas se estima en los siguientes valores

Actividad contratada	Presupuesto (K€)	Jornadas - hombre Previstas	Plazo ejecución (meses)
Obra civil del parque	134	60	2,0
Montaje de la estructura	2,5	30	0,5
Montaje de la aparamenta	49	50	2,0
Montaje en b.t.	2,5	30	0,5

Presupuesto adjudicado	**188**	Kilo €uros
Volumen mano de obra estimada	**170**	Jornadas - hombre
Punta de trabajadores	**8**	Trabajadores

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 k€.
- Cuando el volumen de mano de obra supere 500 jornadas – hombre.
- Cuando la duración sea superior a 30 días y haya 20 o más trabajadores.

Se procede a elaborar este Estudio de Seguridad y Salud.

2.3 CONTROL DE ACCESOS

Dado que la situación de la subestación, está alejada de núcleos urbanos o zonas de paso, la presencia de personal ajeno a la obra es improbable. A pesar de ello, la parcela se encuentra vallada, por lo que no procede ninguna actuación en este campo.

En el portón de acceso se dispondrán señales informativas de riesgo.

2.4 TRABAJOS PREVIOS, INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS

Al realizarse la ampliación en la calle externa al resto del parque no se prevé interferencias con las tareas de explotación del parque, salvo las referentes a las ampliaciones de los embarrados principales y a las

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

pruebas de la protección diferencial de barras, para las cuales se solicitarán cuantos descargos sean pertinentes.

Los trabajos de obra civil no estarán interferidos en su mayor parte con ningún otro, si bien en la fase final interferirán con el inicio de los trabajos de montaje.

Los desplazamientos y las maniobras de trabajadores y maquinaria prevista en obra estarán condicionados por la existencia de elementos en tensión. La actuación en cuanto a las vías de paso autorizado se planificará de forma que no afecte a la instalación en servicio y siempre conforme a las normas indicadas en este documento en los apartados que les afecten.

2.5 UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN LA OBRA

2.5.1 Movimiento de tierras

Consiste en preparar el terreno a fin de disponerlo en condiciones para ubicar los elementos componentes de la subestación.

Básicamente se utilizará maquinaria pesada de explanación y retirada de tierras.

- **Acopio**

  Los materiales y equipos a instalar, provenientes de los suministradores se descargarán con medios mecánicos.

  Se almacenarán en la campa situada en la propia subestación, en ubicación estable, apartado de las posiciones en construcción y donde no interfiera en el desarrollo posterior de los trabajos.

- **Drenajes y saneamientos**

La red cubrirá el parque de 400 kV. Se realizará con tubo drenante en distribución que no produzca un efluente masivo. La zanja principal alcanzará en su punto más bajo una profundidad que se estima en 1,5 m.

2.5.2 Obra civil

Consiste en la realización de viales de rodadura de los transformadores, cimentaciones, canales de cables y drenajes.

Se dispondrá de campa de almacenaje de materiales de construcción en zona que no interfiera a los restantes trabajos y a las vías de circulación de vehículos.

La preparación de armaduras de encofrados se ubicará fuera las zonas de paso.

- **Cimentaciones de soportes**

  Las cimentaciones para la reactancia y estructuras soportantes de la nueva aparamenta se realizarán en dados de hormigón armado.

- **Canales de cables**

Se diseñan para proteger los cables de control y fuerza en su recorrido desde los mandos de cada equipo a las casetas de relés y desde estas últimas hasta el edificio de control. Los canales de cables serán prefabricados de hormigón.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

- **Edificio de control**

El edificio de control, de elementos prefabricados de hormigón armado, estará ejecutado con paneles tipo sándwich.

. Dispondrá de sala de control y comunicaciones, sala de servicios auxiliares y aseos.

Albergará los equipos de comunicaciones, unidad central y monitores del sistema de control digital, equipos cargador-batería, cuadros de servicios auxiliares de c.c./c.a. y centralitas de alarmas de los sistemas de seguridad y antiintrusismo.

Los paneles serán de 20 cm de grueso, de hormigón armado, con malla doble de acero electrosoldada. En los paneles que se precise se dejarán los huecos necesarios para puertas, entrada de cables, aire acondicionado, etc., y se armarán convenientemente. La cubierta será plana y se resolverá del siguiente modo: sobre el forjado de piezas prefabricadas de placa alveolar pretensada con capa de compresión, se dispondrá una capa aislante de poliestireno extrusionado, y sobre ella, el resto de los elementos que conforman la cubierta. Se dispondrá una capa de mortero ligero con perlita de espesor variable, armada con malla de gallinero, para evacuar el agua de lluvias y membrana impermeabilizante.

La cimentación vendrá determinada por las cargas propias y de uso, así como de las condiciones de cimentación del terreno que determine el oportuno estudio geotécnico.

En la solera de la sala de servicios auxiliares, en todo el perímetro, se construirá un canal para el paso de cables. Las salas de control y comunicaciones contarán con falso suelo. Para el paso de cables entre dependencias se dispondrán tubos en la solera.

2.5.3 Montaje de estructuras y equipos

En esta fase se instalarán los embarrados altos, las estructuras soportantes de los equipos, los propios equipos y los embarrados de conexión.

Se planificarán las actividades de montaje de forma que no interfieran entre sí y especialmente se cuidará que no afecten a las de obra civil que aún persistan.

Las estructuras metálicas y soportes de la aparamenta se construirán con perfiles normalizados de alma llena.

- **Trabajos de cableado y trabajos en baja tensión (b.t.)**

El tendido de cables de fuerza y control desde los equipos del parque a las casetas de relés se realizará manualmente siguiendo el trazado marcado por los canales.

El montaje de los equipos de control, protecciones, comunicaciones y medidas se realizará simultáneamente a los trabajos de cableado.

- **Puesta en servicio**

Se prevé que la puesta en servicio se realice por fases terminadas conectando eléctricamente la nueva posición / instalación a la red de transporte de electricidad.

Las calles y equipos puestos en servicio se delimitarán y se aislarán, de forma que permitan la ejecución de las posteriores fases de trabajo.

2.6 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Las empresas adjudicatarias de las obras han de considerar que la evaluación de los riesgos asociados a cada una de las actividades de construcción de subestaciones supone el análisis previo de:

- Las condiciones generales del trabajo, 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.

Por ello las empresas contratistas adjudicatarias de los trabajos deben disponer de una evaluación de riesgos genérica concerniente a sus trabajos.

No obstante se prevé que los riesgos que se pueden presentar son:

Situaciones pormenorizadas de riesgo	
Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el suelo, por pisar o tropezar con objetos, por existencia de vertidos o líquidos, por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.).
Caídas de personas a distinto nivel	Caída desde escaleras portátiles, desde andamios y plataformas temporales, desniveles, huecos, zanjas, taludes, desde estructuras pórticos.
Caídas de objetos	Caída por manipulación manual de objetos y herramientas o de elementos manipulados con aparatos elevadores.
Desprendimientos desplomes y derrumbes	Desprendimientos de elementos de montaje fijos, desplome de muros o hundimiento de zanjas o galerías
Choques y golpes	Choques contra objetos fijos, contra objetos móviles, golpes por herramientas manuales y eléctricas.
Maquinaria automotriz y vehículos	Atropello a peatones, choques y golpes entre vehículos, vuelco de vehículos y caída de cargas
Atrapamientos por mecanismos en movimiento	Atrapamientos por herramientas manuales, portátiles eléctricas. Atrapamientos por mecanismos en movimiento.
Cortes	Cortes por herramientas portátiles eléctricas o manuales y cortes por objetos superficiales o punzantes.
Proyecciones	Impacto por fragmentos, partículas sólidas o líquidas.
Contactos térmicos	Contactos con fluidos o sustancias calientes / fríos. Contacto con proyecciones.
Contactos químicos	Contacto con sustancias corrosivas, irritantes/ alergizantes u otras.
Contactos eléctricos	Contactos directos, indirectos o descargas eléctricas
Arcos eléctricos	Calor, proyecciones o radiaciones no ionizantes.
Sobreesfuerzos	Esfuerzos al empujar, tirar de objetos. Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.
Explosiones	Máquinas, equipos y botellas de gases.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Situaciones pormenorizadas de riesgo	
Incendios	Acumulación de material combustible. Almacenamiento y trasvase de productos inflamables. Focos de ignición, proyecciones de chispas o partículas calientes.
Confinamiento	Golpes, choques, cortes o atrapamientos por espacio reducido. Dificultades para rescate.
Tráfico	Choques entre vehículos o contra objetos fijos Atropello de peatones o en situaciones de trabajo Vuelco de vehículos por accidente de tráfico.
Agresión de animales	Picadura de insectos, ataque de perros o agresión por otros animales.
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor o al frío Cambios bruscos de temperatura.
Radiaciones no ionizantes	Exposición a radiación ultravioleta, infrarroja o visible.
Carga física	Movimientos repetitivos. Carga estática o postural (espacios de trabajo) o dinámica (actividad física). Condiciones climáticas exteriores.
Carga mental	Distribución de tiempos. Horario de trabajo

2.6.1 Organización de la seguridad

- **Coordinador en materia de seguridad y salud**

Las tareas de obra civil y montaje electromecánico si bien estarán programadas en su mayor parte en periodos distintos, pueden que en algún momento interfieran entre sí, por lo que si así fuera sobre la base del Art. 3 del R.D. 1627, RED ELÉCTRICA en su calidad de promotor procederá a nombrar coordinador en materia de seguridad.

- **Jefes de trabajo de las empresas contratistas**

Las personas que ejerzan in situ las funciones de jefe de trabajo, dirigiendo y planificando las actividades de los operarios, garantizarán que los trabajadores conocen los principios de acción preventiva y velarán por su aplicación.

- **Vigilante de seguridad 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 vigilante de seguridad para los trabajos, bien a tiempo total o compartido, con formación en temas de seguridad (cursillo, prueba, etc.) o con suficiente experiencia para desarrollar este cometido.

Quien actúe como jefe de obra organizará la labor del vigilante y pondrá a su disposición los medios precisos para que pueda desarrollar las funciones preventivas.

2.6.2 Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

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 y en particular:

a) Garantizar que solo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada pueden acceder a las zonas de riesgo grave o específico.
b) Dar las debidas instrucciones a los empleados.
c) El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
d) La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
e) El mantenimiento de los medios y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra.
f) La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de trabajo.
g) La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
h) 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.
i) La cooperación entre RED ELÉCTRICA y el contratista.

2.6.3 Formación

El personal de la empresa contratista que sea habitual en estos trabajos debe estar instruido en seguridad. No obstante en las fechas inmediatas a la incorporación recibirá información específica acorde al trabajo que va a realizar

La empresa contratista garantizará que el personal de sus empresas subcontratadas será informado del contenido del Plan de seguridad.

Los operarios que realicen trabajos con riesgo eléctrico tendrán la categoría de “personal autorizado o cualificado” para las funciones que le asigna el R.D. 614/2001.

2.6.4 Medicina preventiva

La empresa contratista queda obligada a aportar a la obra trabajadores con reconocimiento médico realizado. 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 certificados de estos reconocimientos.

2.6.5 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.*

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

2.7 LOCALES DE DESCANSO Y SERVICIOS HIGIÉNICOS

A tenor de lo establecido en el R.D. 486/1997 sobre *Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo* y particularmente en su Anexo V, el contratista dispondrá de los locales y servicios higiénicos necesarios

Si se utilizasen instalaciones permanentes existentes en la instalación, no será preciso dotar a la obra de instalaciones temporales. Esta circunstancia será reflejada en el Plan de Seguridad.

2.8 DISPOSICIONES DE EMERGENCIA

2.8.1 Vías de evacuación

Dadas las características de la obra, trabajos en exterior, casetas y edificios de pequeñas dimensiones no es necesario la definición de vías o salidas de emergencia para una posible evacuación.

Si en la construcción del edificio de control estima la presencia de más de 20 trabajadores, se realizará un plano con las distintas vías de evacuación que serán definidas teniendo en cuenta el número de los posibles usuarios, que deberá instalarse en un lugar visible a la entrada del edificio. Además, se instalará señalización indicando las diferentes vías de emergencia con la mayor prontitud posible.

Cuando sea necesario, la decisión de la evacuación del lugar trabajo será tomada por el coordinador de seguridad, y en el caso de que no esté presente, del supervisor de RED ELÉCTRICA. Siendo el punto de reunión el portón principal de entrada a la subestación.

Dado el limitado número de personas que se prevén van a coincidir en la obra y la no existencia de recintos cerrados no se considera necesario establecer equipos de evacuación ni realizar simulacros al respecto.

2.8.2 Iluminación

Al tratarse de trabajos que se realizarán a la intemperie y en horario diurno, no será necesaria la instalación de alumbrado.

En el caso, que se realicen trabajos en horario nocturno, se instalará un sistema de alumbrado adecuado al trabajo que se va a realizar y que incluirá las vías de acceso 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).

- **Instalaciones de suministro y reparto de energía**

  Se instalará un grupo electrógeno para el suministro de la energía eléctrica.

  El suministro eléctrico se tomará de la red existente

  Las instalaciones de suministro y reparto de energía en la obra deberán 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.

  Cuando se trate de instalaciones eléctricas el acceso a las partes activas de las mismas quedará limitado a trabajadores autorizados o cualificados.

2.8.3 Ventilación

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

No se prevé la necesidad de realizar controles de ventilación dado el tipo de obra.

En los trabajos en galerías, centros subterráneos, etc. 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).

2.8.4 Ambientes nocivos y factores atmosféricos

Dado que se trata de un trabajo a la intemperie, 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.

Los trabajadores no deberán estar expuestos a niveles sonoros nocivos ni a factores externos nocivos (gases, vapores, polvo,...), sin la protección adecuada.

2.8.5 Detección y lucha contra incendios

No se prevé en la obra la existencia de carga térmica elevada, para facilitarlo se mantendrán adecuadas condiciones de orden y limpieza.

La obra dispondrá de extintores la cantidad suficiente. Los extintores deberán situarse en lugares de fácil acceso.

No existirán bocas de extinción de incendios al no disponer el recinto de acometida de aguas.

El sistema de detección de incendios en casetas y edificio se instalará en cuanto el avance de la obra lo permita.

2.8.6 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 dispondrá de un botiquín de obra para prestar primero auxilios. Se podrá hacer uso de los medios de primeros auxilios (camilla, elementos de cura, etc.) que exista en la subestación. Asimismo deberá estar disponible en la obra un vehículo, para evacuar a un posible accidentado.

El contratista expondrá, para conocimiento de todos sus trabajadores la dirección de los centros de asistencia más próximos.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

2.9 PLAN DE SEGURIDAD

El Plan de Seguridad que elabore la empresa adjudicataria de los trabajos debe establecer su forma particular de ejecutarlos, debe ser un documento ajustado a las situaciones de riesgos previsibles en la obra.

El Plan de Seguridad una vez aprobado debe ser el documento aplicable en obra, para lo cual debe permanecer en poder del jefe de trabajo y del coordinador de seguridad.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 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
- Ley 54/03 de 12 de diciembre de Reforma del Marco Normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 1627/97 de 24 de octubre sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- R.D. 171/04 de 30 enero, por el que desarrolla el Art. 24 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- 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.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- R.D. 337/2014, de 9 de mayo, 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-RAT 01 a 23.

3.2 NORMATIVA INTERNA DE RED ELÉCTRICA

La ejecución de la Obra queda igualmente condicionada 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 en los trabajos en instalaciones de AT.
- IM-002. Medidas de seguridad en instalaciones de AT. para trabajos sin tensión.
- IM-013. Medidas de seguridad en trabajos en instalaciones de BT.
- AM-004. Aplicación de la línea de seguridad para trabajos en alturas.
- AM-005. Trabajos de manutención manual y mecánica.
- IC-003. Subcontratación por proveedores de RED ELÉCTRICA a terceros.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

CAPÍTULO 4. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD

Sub GATICA

Duración del trabajo: (meses) 5

Operarios previstos: 8

Material de asignación personal

Nº de orden	Concepto	Dotación anual por operario	Unidades equiv.	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Casco de protección	2	7	5,11	36
2	Botas de seguridad	4	13	46,58	606
3	Botas de agua.	2	7	38,43	269
4	Guantes de trabajo.	36	120	4,38	526
5	Arnés de cintura o completo	0,5	2	146,12	292
6	Dispositivos anticaida y compl.	0,5	2	90,29	181
7	Trajes impermeables.	2	7	28,33	198
8	Gafas antiimpactos.	6	20	4,78	96
9	Pantalla de protección facial	2	7	9,44	66
10	Pantallas y gafas para soldadura	1	3	7,81	23
11	Mandiles, polaina, guantes soldadura	1	3	26,38	79
12	Ropa de trabajo	2	7	69,20	484
				Coste Parcial	**2.856**

Material de asignación colectiva

Nº de orden	Concepto	Dotación anual	Unidades equivalentes	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Cuerda 100m Línea de Seguridad	4	2	107,94	216
2	Complementos uso Lín. Seg.	10	4	120,05	480
3	Malla perforada de delimitación	1.000	417	0,49	204
4	Cinta o cadena de delimitación	1000	417	0,04	17
5	Señales de obligación e informativas	60	25	3,01	75
6	Botiquín primeros auxilios	2	1	18,06	18
7	Tablero o camilla evac. accidentados	1	0	253,80	0
8	Extintores	4	2	30,80	62
				Coste Parcial	**1.072**

Formación + Medicina preventiva

Nº de orden	Concepto	Unidades	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Charla informativa seg. y prim.auxilios	8	34,00	272
2	Reconocimientos médicos	8	30,50	244
			Coste Parcial	**516**

Total **4.444**

Asciende este Presupuesto de Seguridad a la cantidad de: 4.444+ 2.056 de repuestos= **6.500 EUROS**.

Madrid, Marzo de 2021

El Ingeniero industrial

Luis Cabezón López

Jefe del Departamento de Ingeniería de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN GATICA 400/220 kV

DOCUMENTO 3

PLANOS

Dirección de **Ingeniería y Medio Ambiente**
Dpto. **Ingeniería de Subestaciones**

Marzo de 2021

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

ÍNDICE DE PLANOS

	Nº DE PLANO
1. Situación y emplazamiento	GATB1000
2. Esquema unifilar simplificado. Parque de 400/220	GATA1002-C, GATA220
3. Implantación general	GATB1001
4. Planta general 400/220	GATB2000
5. Secciones generales. Parque de 400/220	GATB2001
6. Planta fundaciones y canales	GATC5029-Q
7. Planta general de red de tierras	GATF1000
8. Caseta de relés prefabricada	GATJ1001

Madrid, Marzo de 2021

El Ingeniero industrial

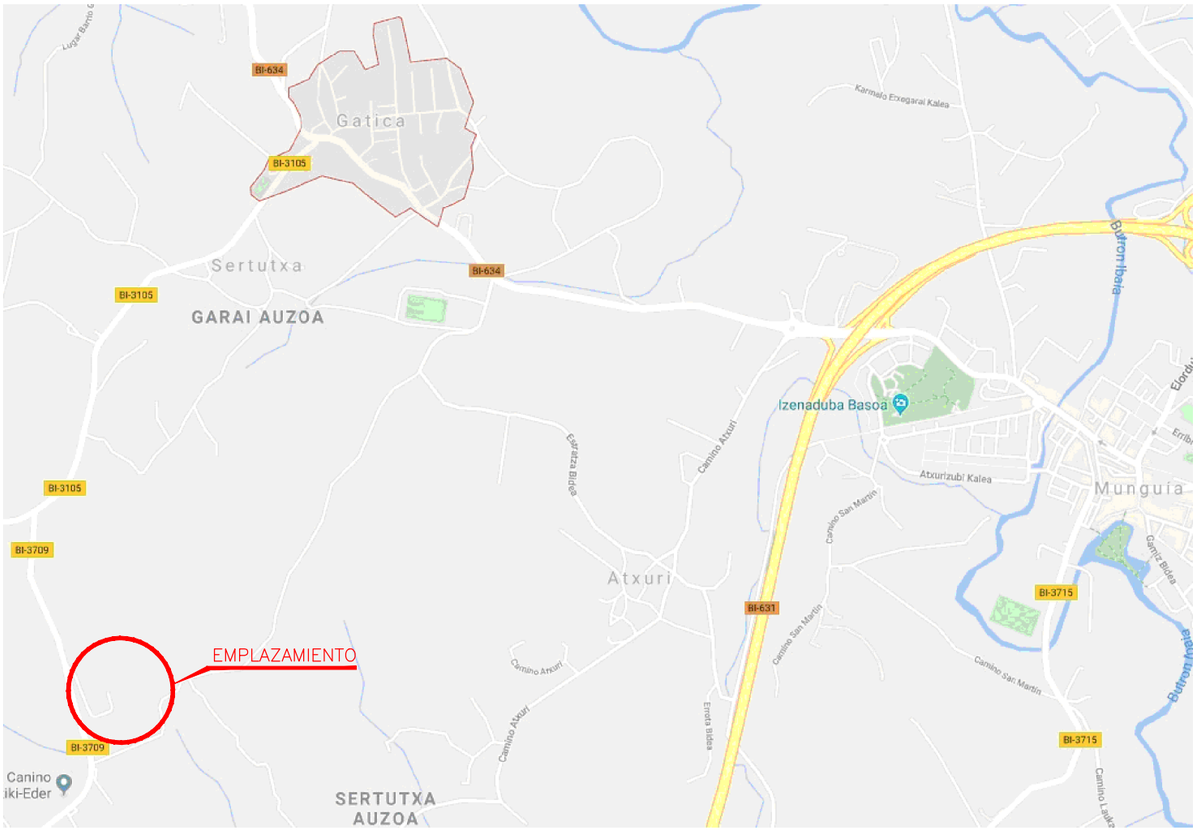
Luis Cabezón López

Jefe del Departamento de Ingeniería de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece única y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. El acceso a este documento no supondrá en forma alguna, licencia para su reproducción total o parcial, modificación o distribución que, en todo caso, estarán prohibidas salvo previo y expreso consentimiento por escrito de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., no asumirá ninguna responsabilidad derivada del uso no autorizado del contenido del presente documento.



0	12-18	O.D.G.	J.C.M.	B.M.I.	PROYECTO J-3426-L7483	A.G.M.
REVISION	FECHA	PROYECT.	DIBUJADO	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

INSTALACION

SUBESTACION DE GATICA

PARQUE DE 400/220 kV

intradel

N° –

	FECHA	NOMBRE
PROYECTADO	10-18	O.D.G.
DIBUJADO	10-18	J.C.M.
COMPROBADO	10-18	B.M.I.
APROBADO POR R.E.E.	10-18	A.G.M.

TITULO

SITUACION Y EMPLAZAMIENTO

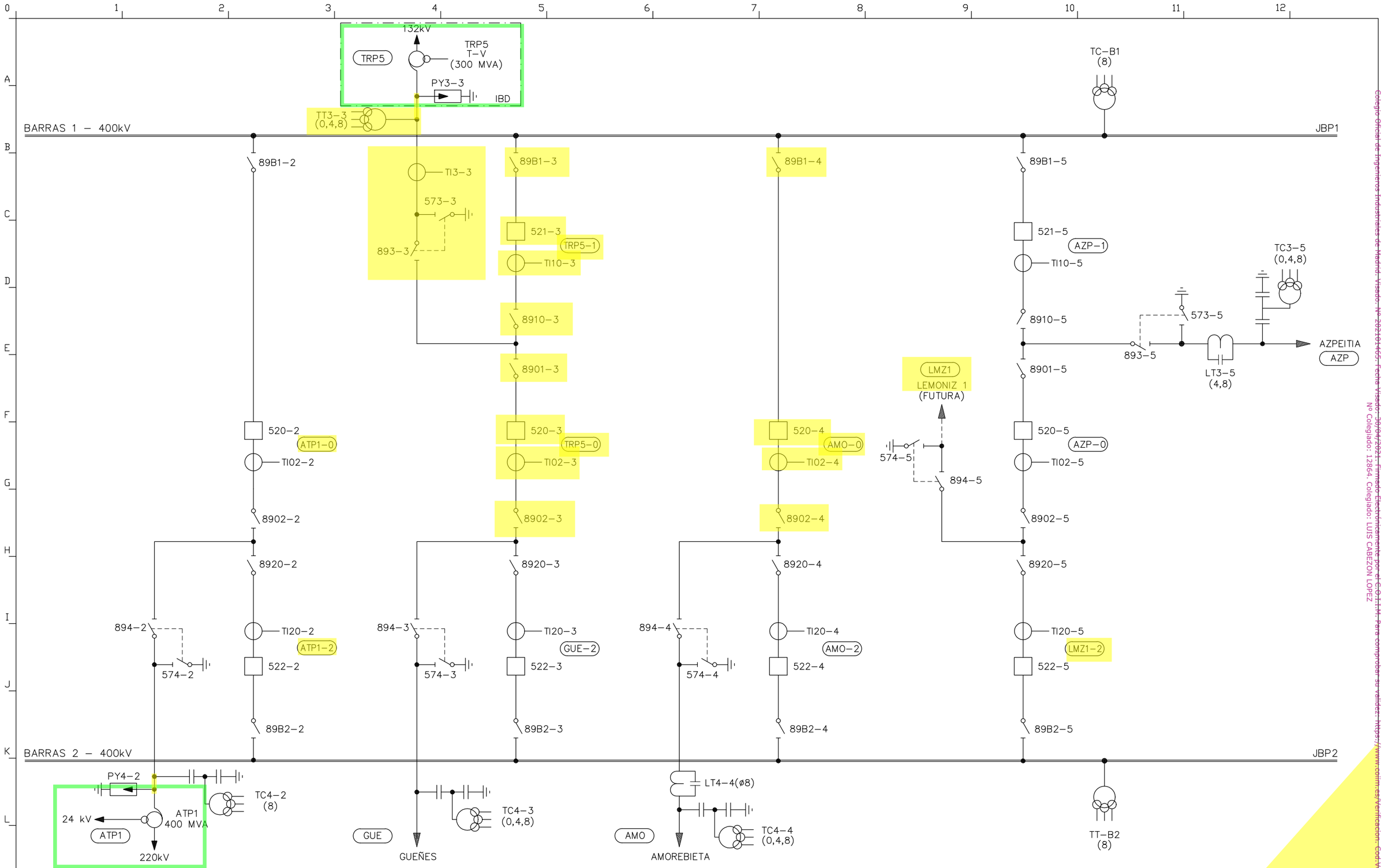
FORMATO: A3

ESCALA: S/E

N° P-GATB1000 0 Rev.

HOJA 1 SIGUE –

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado: Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electronicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/validacion. Cod.Ver: 7162875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ



REV.	FECHA	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.	REV.	FECHA	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.
B	07-18	S.R.G.	ACTUALIZACION BDI						
A	OCT-05	FJR	PARA INFORMACION						

	FECHA	NOMBRE
PROYECTADO	OCT-05	
DIBUJADO	OCT-05	R.B.G.
COMPROBADO		
APROBADO POR R.E.E.		
ESCALA		

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

INSTALACION: GAT

TITULO: ESQUEMA UNIFILAR SIMPLIFICADO SUBESTACION GATICA 400 kV

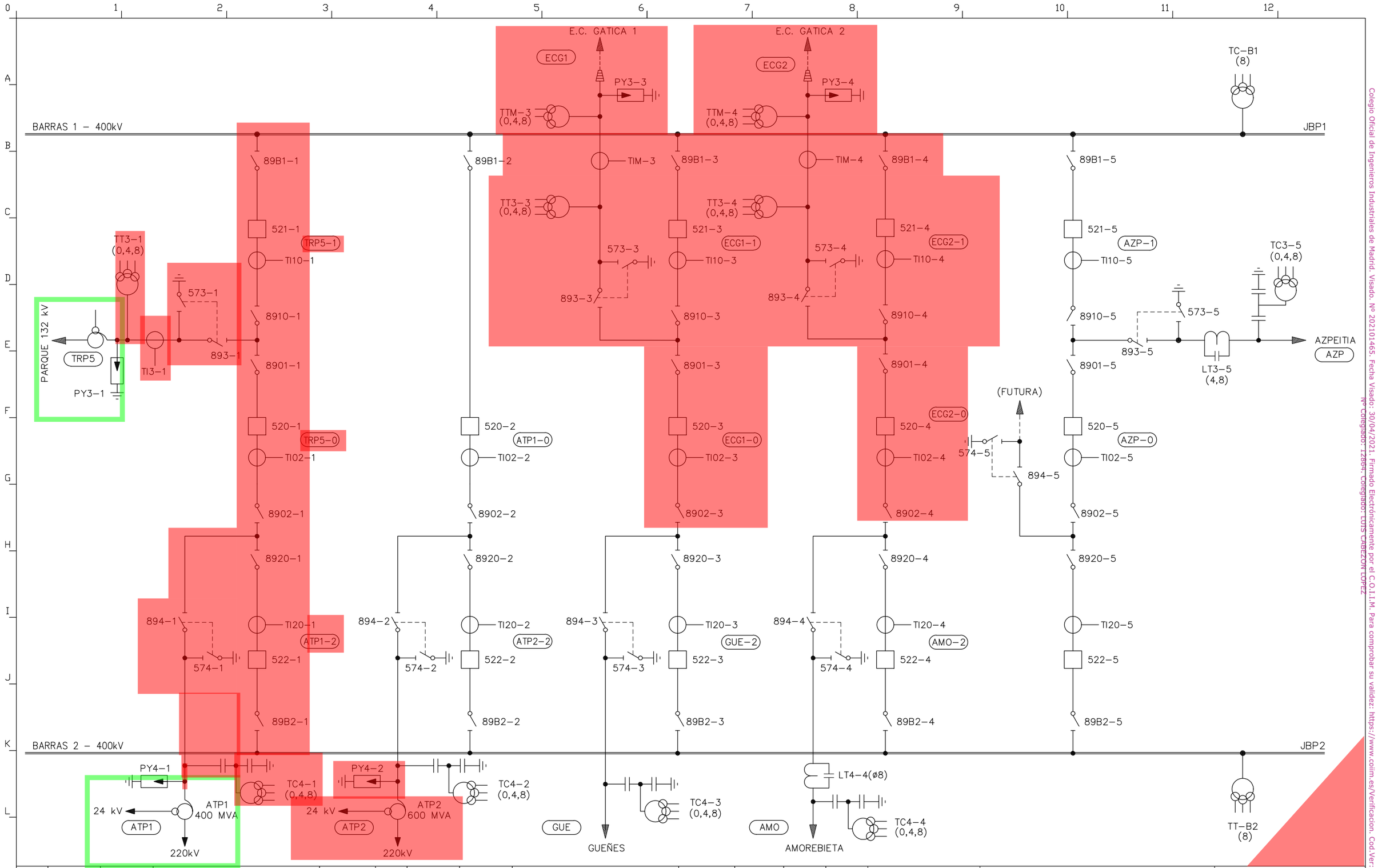
Nº

NID: 532267

Nº GATA1002 B Rev.

HOJA SIGUE

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado: Nº 20210165. Fecha visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver.: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ



REV.	FECHA	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.	REV.	FECHA	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.
C	07-18	S.R.G.	PROYECTO J-3426-L7983						
B	07-18	S.R.G.	ACTUALIZACION SEGÚN BDI						
A	OCT-05	FJR	PARA INFORMACION						

	FECHA	NOMBRE
PROYECTADO	OCT-05	
DIBUJADO	OCT-05	R.B.G.
COMPROBADO		
APROBADO POR R.E.E.		
ESCALA		

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

INSTALACION: GAT

TITULO: ESQUEMA UNIFILAR SIMPLIFICADO SUBESTACION GATICA 400 kV

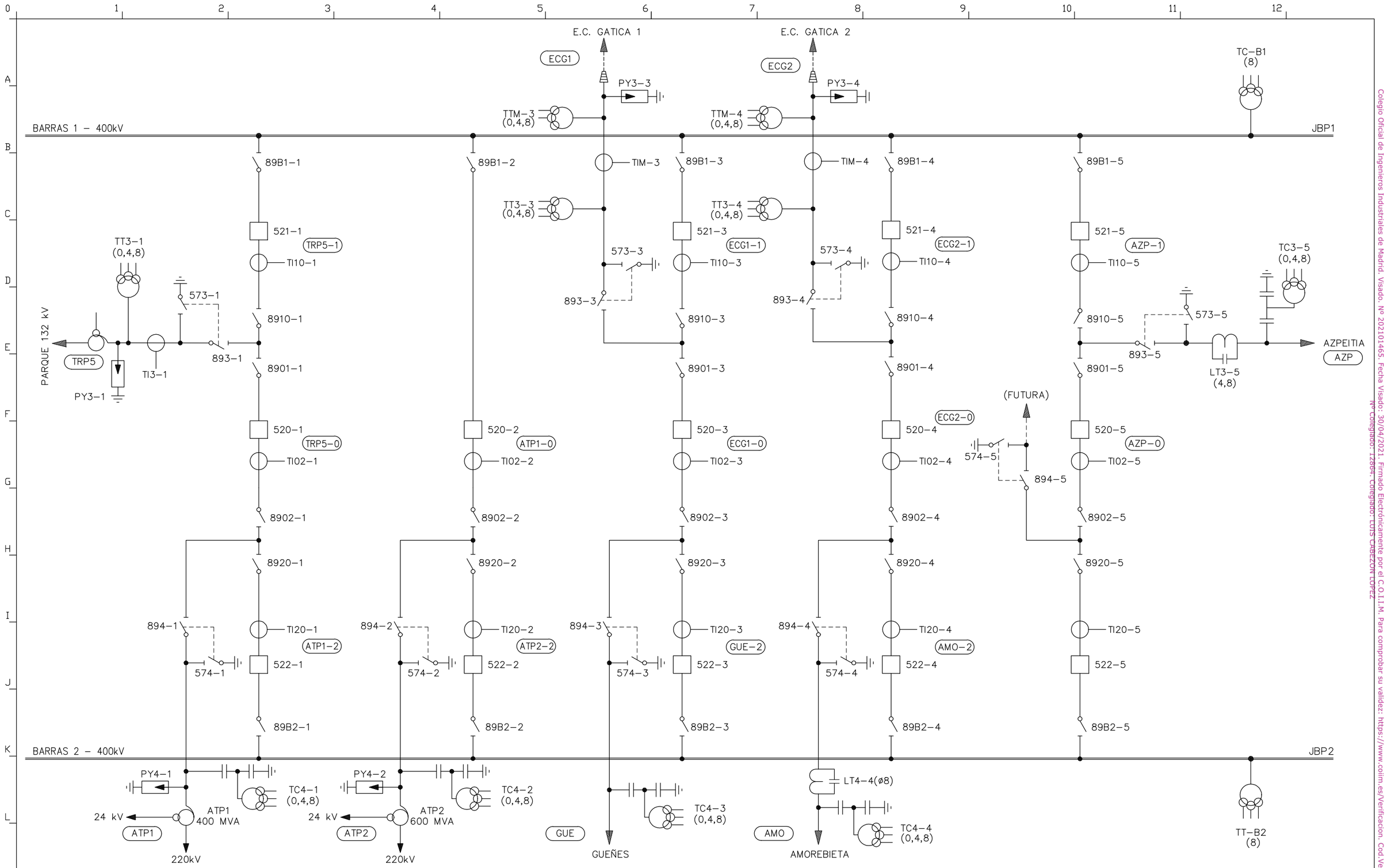
N°

NID: 532267

N° GATA1002 C Rev.

HOJA SIGUE

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12694. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ



REV.	FECHA	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.	REV.	FECHA	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.
C	07-18	S.R.G.	PROYECTO J-3426-L7983						
B	07-18	S.R.G.	ACTUALIZACION SEGÚN BDI						
A	OCT-05	FJR	PARA INFORMACION						

	FECHA	NOMBRE
PROYECTADO	OCT-05	
DIBUJADO	OCT-05	R.B.G.
COMPROBADO		
APROBADO POR R.E.E.		
ESCALA		

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

INSTALACION: GAT

TITULO: ESQUEMA UNIFILAR SIMPLIFICADO SUBESTACION GATICA 400 kV

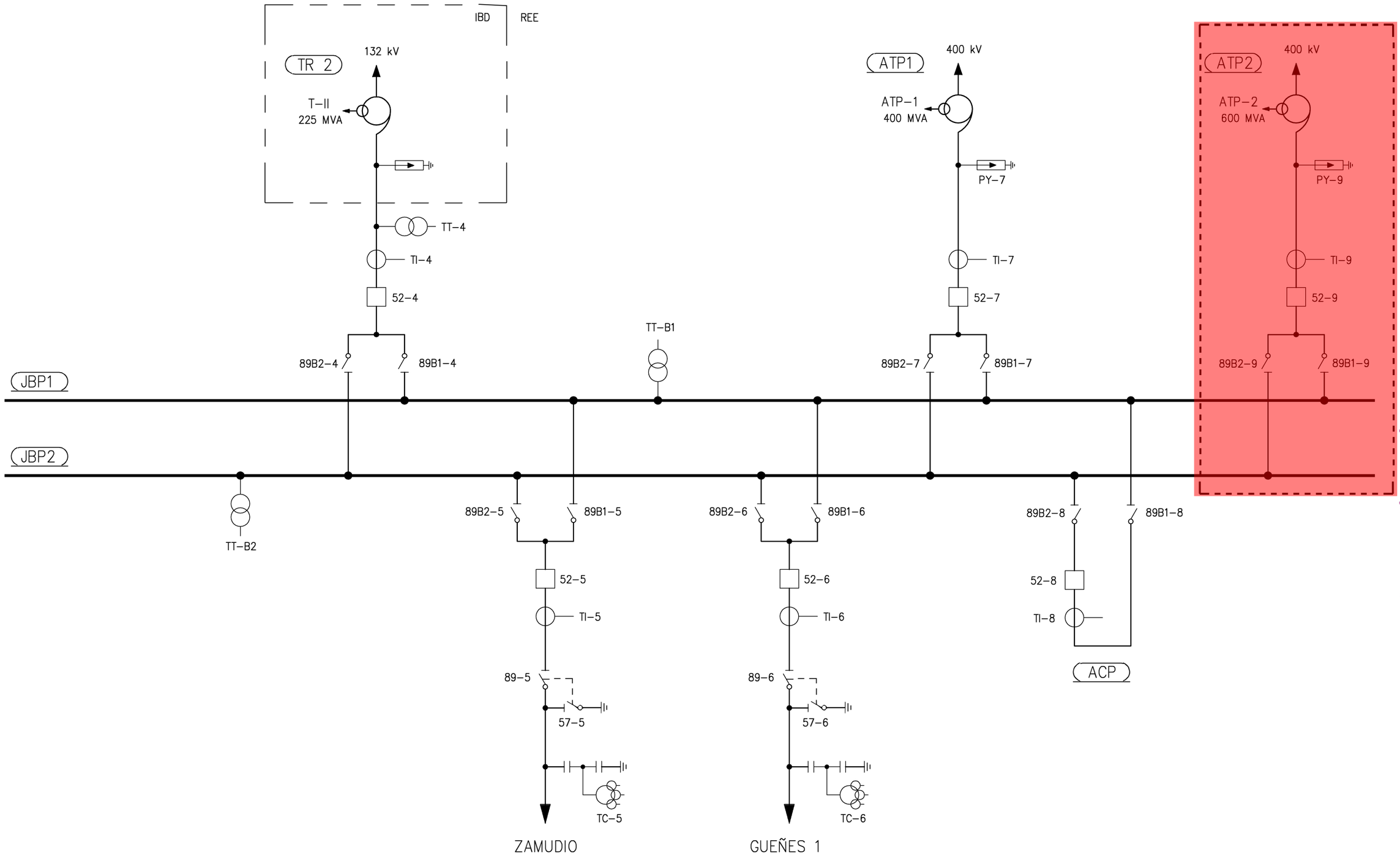
N°

NID: 532267

N° GATA1002 C Rev.

HOJA SIGUE

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12694. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ



											FECHA	NOMBRE
										PROYECTADO	07-18	A.G.M.
										DIBUJADO	07-18	S.P.O.
										COMPROBADO	07-18	A.G.M.
0	07-18	S.R.G.	PROYECTO J-3426-L7983							APROBADO POR R.E.E.	07-18	
REV.	FECHA	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.	REV.	FECHA	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.	ESCALA –		

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

INSTALACION

SUBESTACIÓN DE GATICA
PARQUE DE 220 kV

TITULO

ESQUEMA UNIFILAR SIMPLIFICADO

GATICA 220 kV

Nº

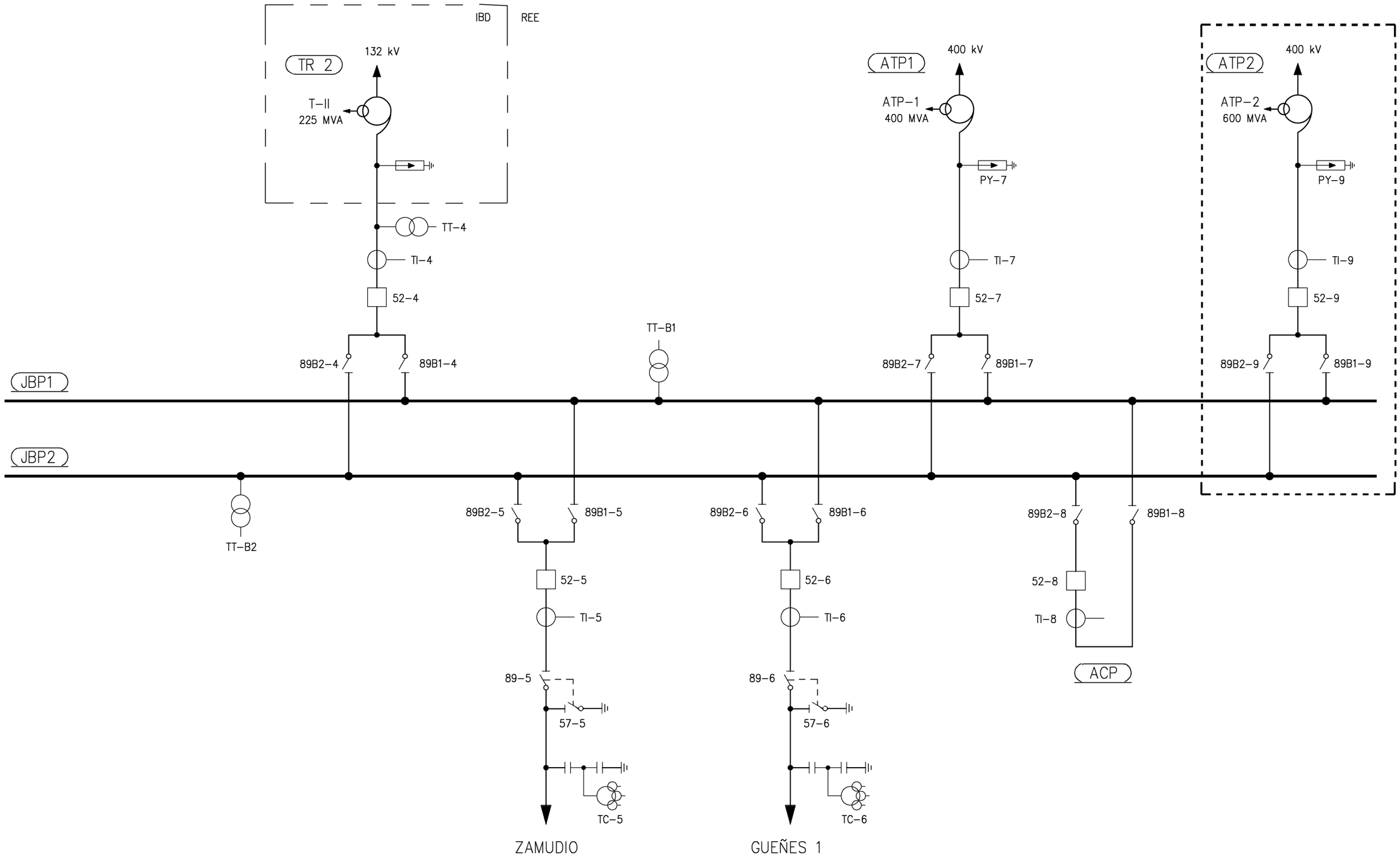
NID: DIN A3

Nº GATAXXXX 0 Rev.

HOJA 01 SIGUE –

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece única y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. El acceso a este documento no supondrá en forma alguna, licencia para su reproducción total o parcial, modificación o distribución que, en todo caso, estarán prohibidas salvo previo y expreso consentimiento por escrito de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., no asumirá ninguna responsabilidad derivada del uso no autorizado del contenido del presente documento.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado: Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 74622375.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ



											FECHA	NOMBRE
										PROYECTADO	07-18	A.G.M.
										DIBUJADO	07-18	S.P.O.
										COMPROBADO	07-18	A.G.M.
0	07-18	S.R.G.	PROYECTO J-3426-L7983							APROBADO POR R.E.E.	07-18	
REV.	FECHA	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.	REV.	FECHA	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.	ESCALA –		

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

INSTALACION

SUBESTACIÓN DE GATICA
PARQUE DE 220 kV

TITULO

ESQUEMA UNIFILAR SIMPLIFICADO

GATICA 220 kV

Nº

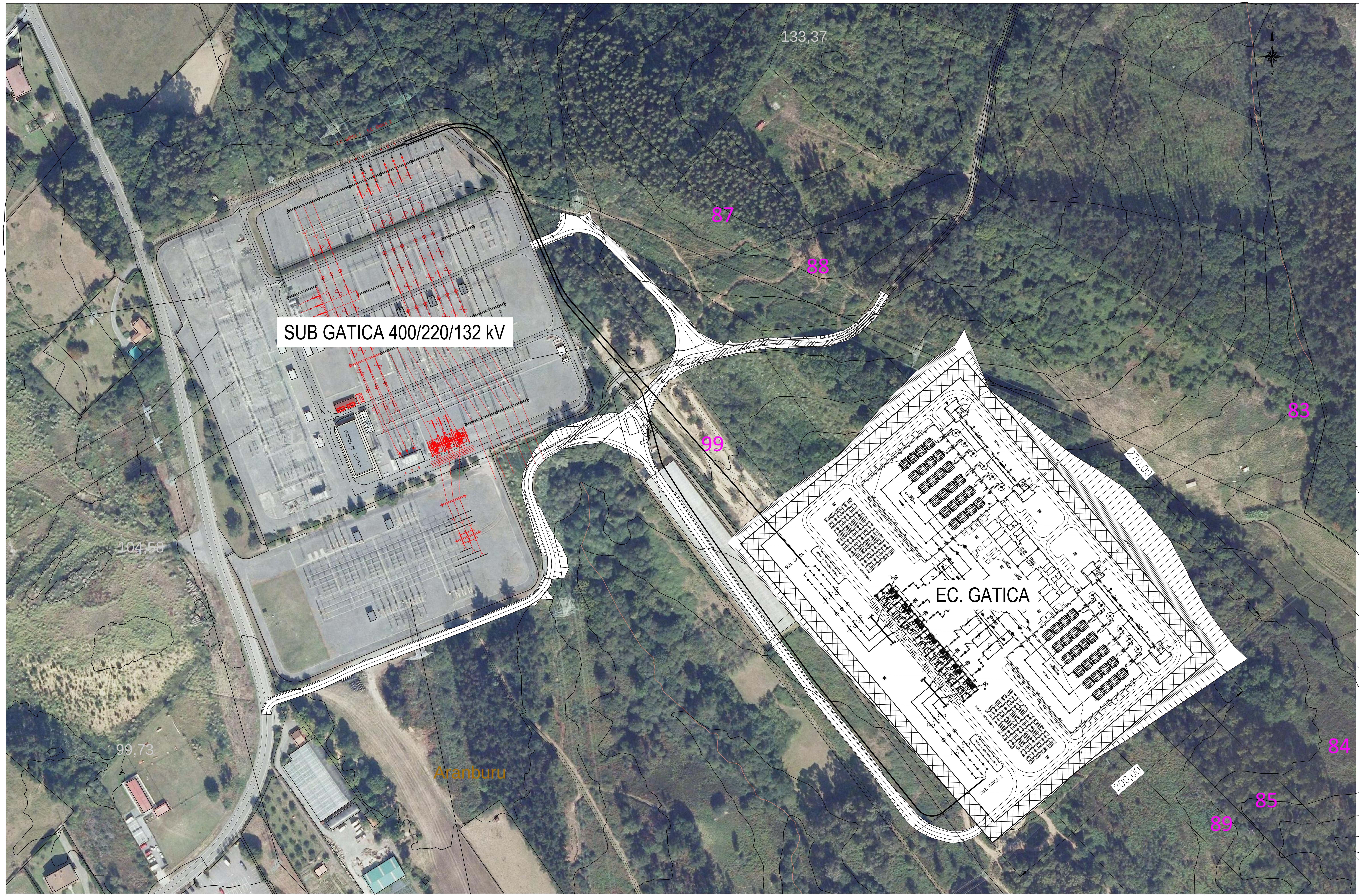
NID: DIN A3

Nº GATAXXXX 0 Rev.

HOJA 01 SIGUE –

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece única y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. El acceso a este documento no supondrá en forma alguna, licencia para su reproducción total o parcial, modificación o distribución que, en todo caso, estarán prohibidas salvo previo y expreso consentimiento por escrito de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., no asumirá ninguna responsabilidad derivada del uso no autorizado del contenido del presente documento.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado: Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 74622375.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ



LEYENDA

(hatched)	TERRAPLEN DESMONTE
(cross-hatched)	VIAL
(lines)	VIALES ACCESOS
(hatched)	VIAL TRAZADO EXISTENTE

A	04–19	O.D.G.	J.C.M.	B.M.I.	ACTUALIZACION	A.G.M.
0	12–18	O.D.G.	J.C.M.	B.M.I.	PROYECTO J–3426–L7483	A.G.M.
REVISION	FECHA	PROYECT.	DIBUJADO	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

INSTALACION
SUBESTACION DE GATICA
PARQUE DE 400/220 kV

intradel

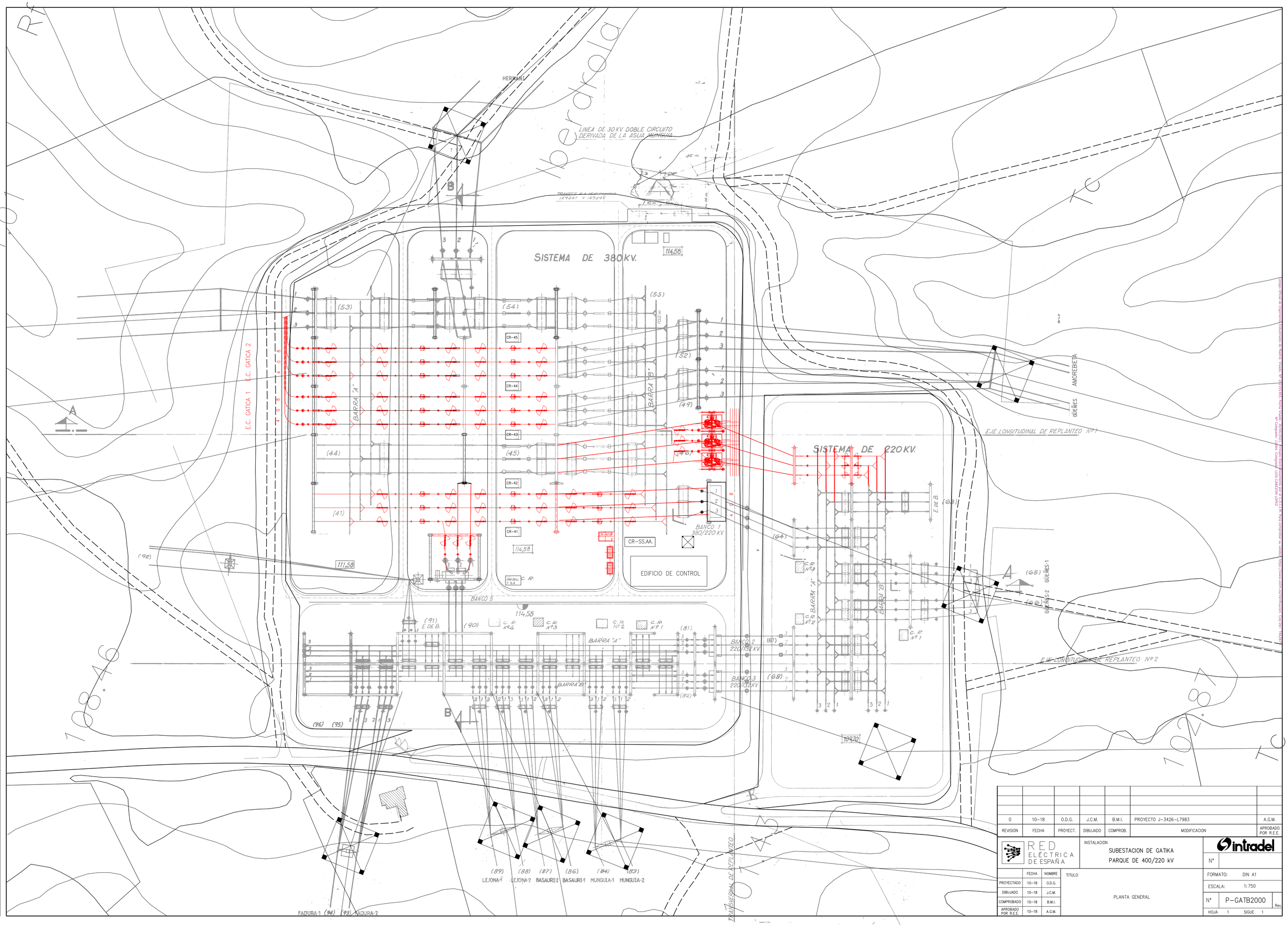
	FECHA	NOMBRE
PROYECTADO	10–18	O.D.G.
DIBUJADO	10–18	J.C.M.
COMPROBADO	10–18	B.M.I.
APROBADO POR R.E.E.	10–18	A.G.M.

TITULO
PLANTA IMPLANTACION GENERAL

Nº –
FORMATO: A1
ESCALA: 1:1250
Nº P–GATB1001 A Rev.
HOJA 1 SIGUE –

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece única y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. El acceso a este documento no supondrá en forma alguna, licencia para su reproducción total o parcial, modificación o distribución que, en todo caso, estarán prohibidas salvo previo y expreso consentimiento por escrito de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U.. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., no asumirá ninguna responsabilidad derivada del uso no autorizado del contenido del presente documento.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 746287
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ



0	10-18	O.D.G.	J.C.M.	B.M.I.	PROYECTO J-3426-L7983	A.G.M.
REVISION	FECHA	PROYECT.	DIBUJADO	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

INSTALACION
SUBESTACION DE GATIKA
PARQUE DE 400/220 kV

intradel

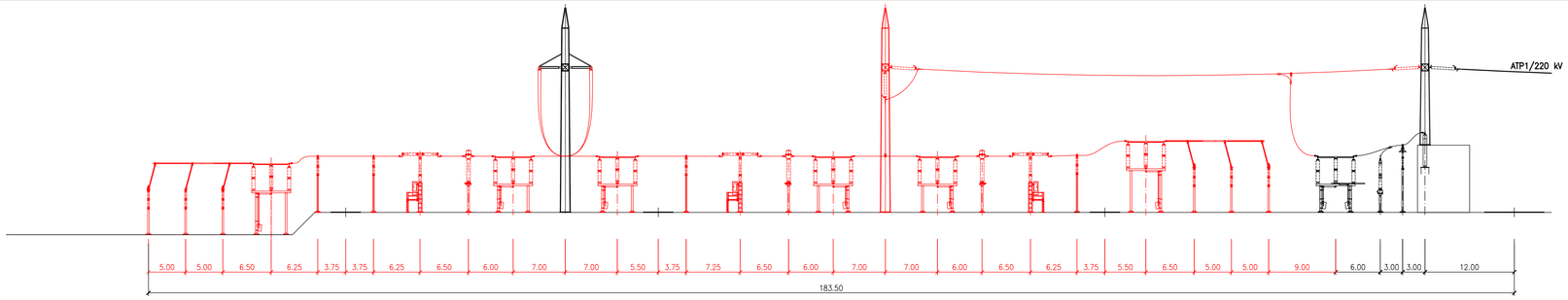
N°

	FECHA	NOMBRE
PROYECTADO	10-18	O.D.G.
DIBUJADO	10-18	J.C.M.
COMPROBADO	10-18	B.M.I.
APROBADO POR R.E.E.	10-18	A.G.M.

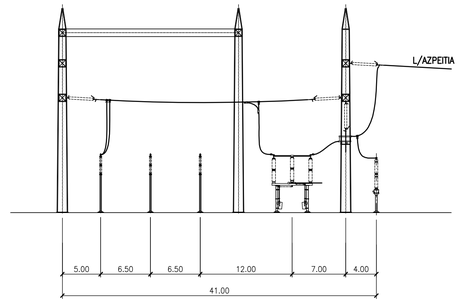
TITULO
PLANTA GENERAL

FORMATO: DIN A1
ESCALA: 1:750
N° P-GATB2000 Rev.
HOJA 1 SIGUE 1

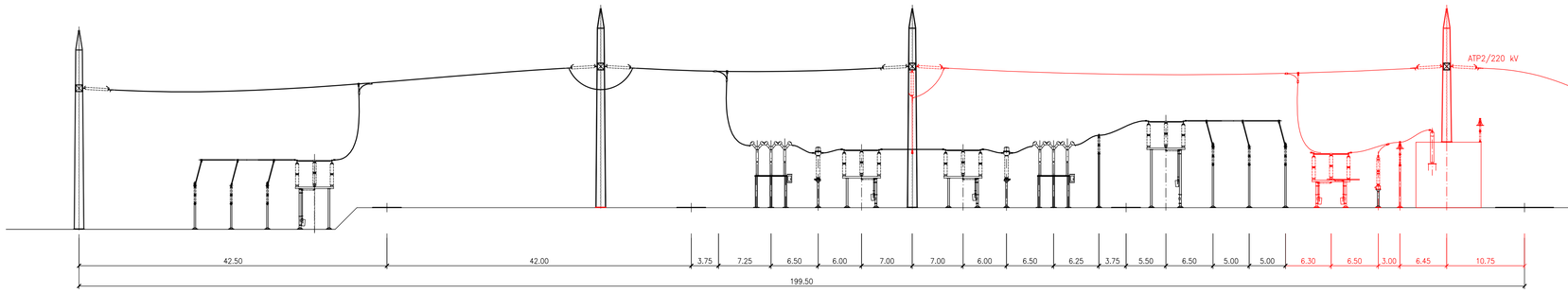
RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece única y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. Queda prohibida su reproducción total o parcial, su tratamiento informático, su distribución, su difusión o su puesta a disposición a terceras personas sin el consentimiento de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., no asumirá ninguna responsabilidad derivada del uso no autorizado del contenido del presente documento.



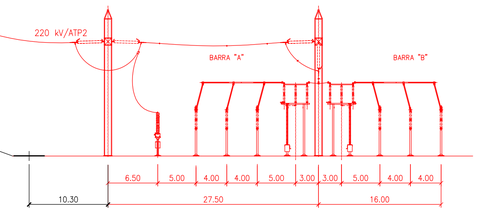
SECCION CALLE 1



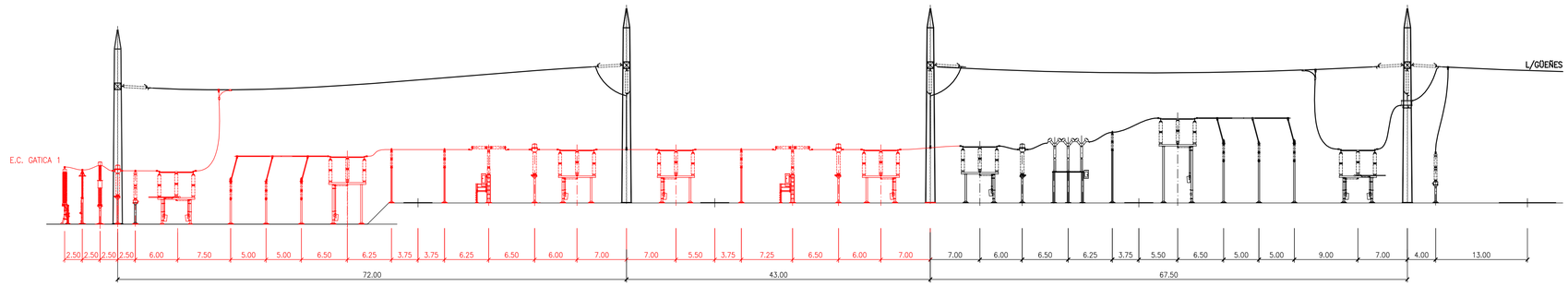
SECCION SALIDA L/AZPEITIA



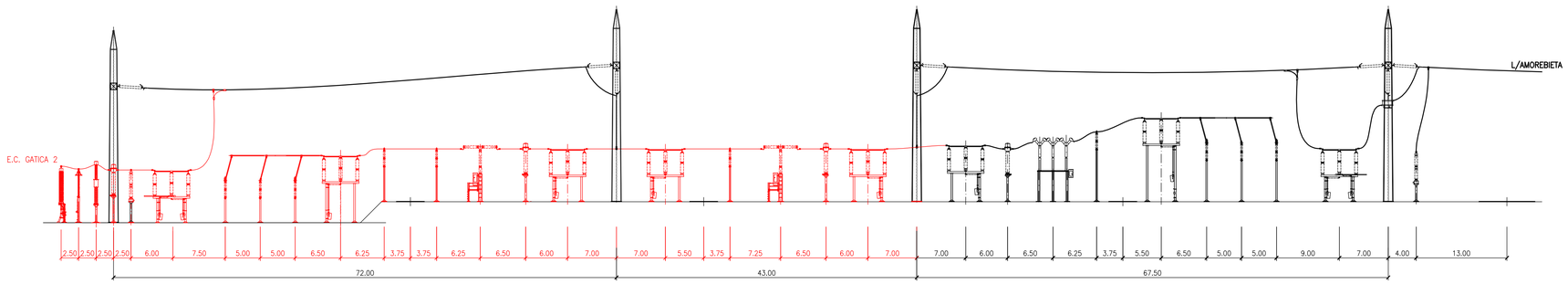
SECCION CALLE 2



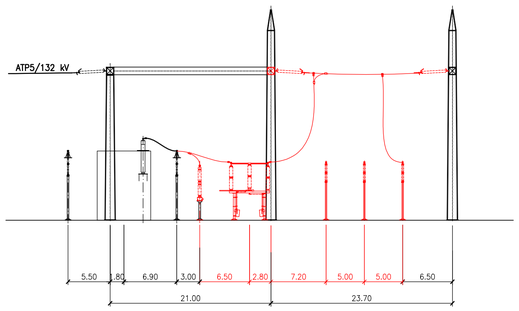
SECCION 220 kV



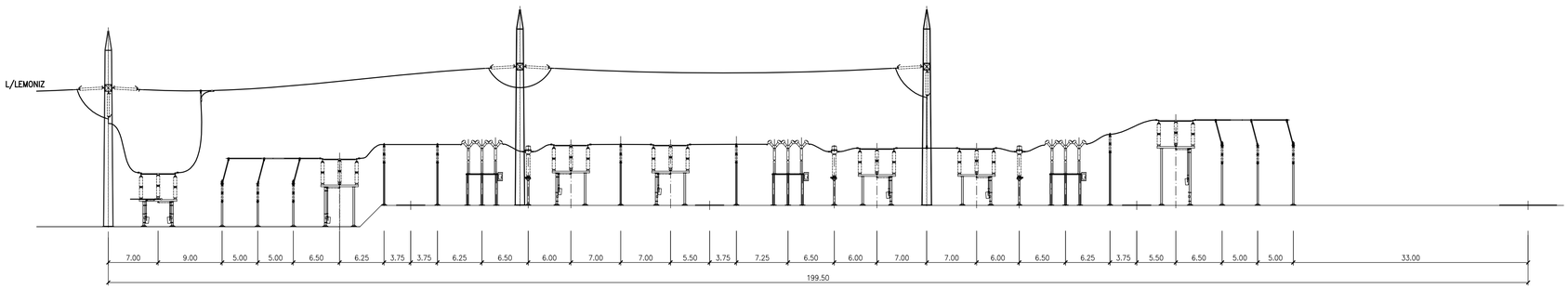
SECCION CALLE 3



SECCION CALLE 4



SECCION SALIDA ATP5/132 kV



SECCION CALLE 5

REVISION	FECHA	PROYECT.	DIBUJADO	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.
0	10-18	O.D.G.	J.C.M.	B.M.I.	PROYECTO J-3426-L7983	A.G.M.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

INSTALACION
SUBESTACION DE GATIKA
PARQUE DE 400/220 kV

intradel

Nº

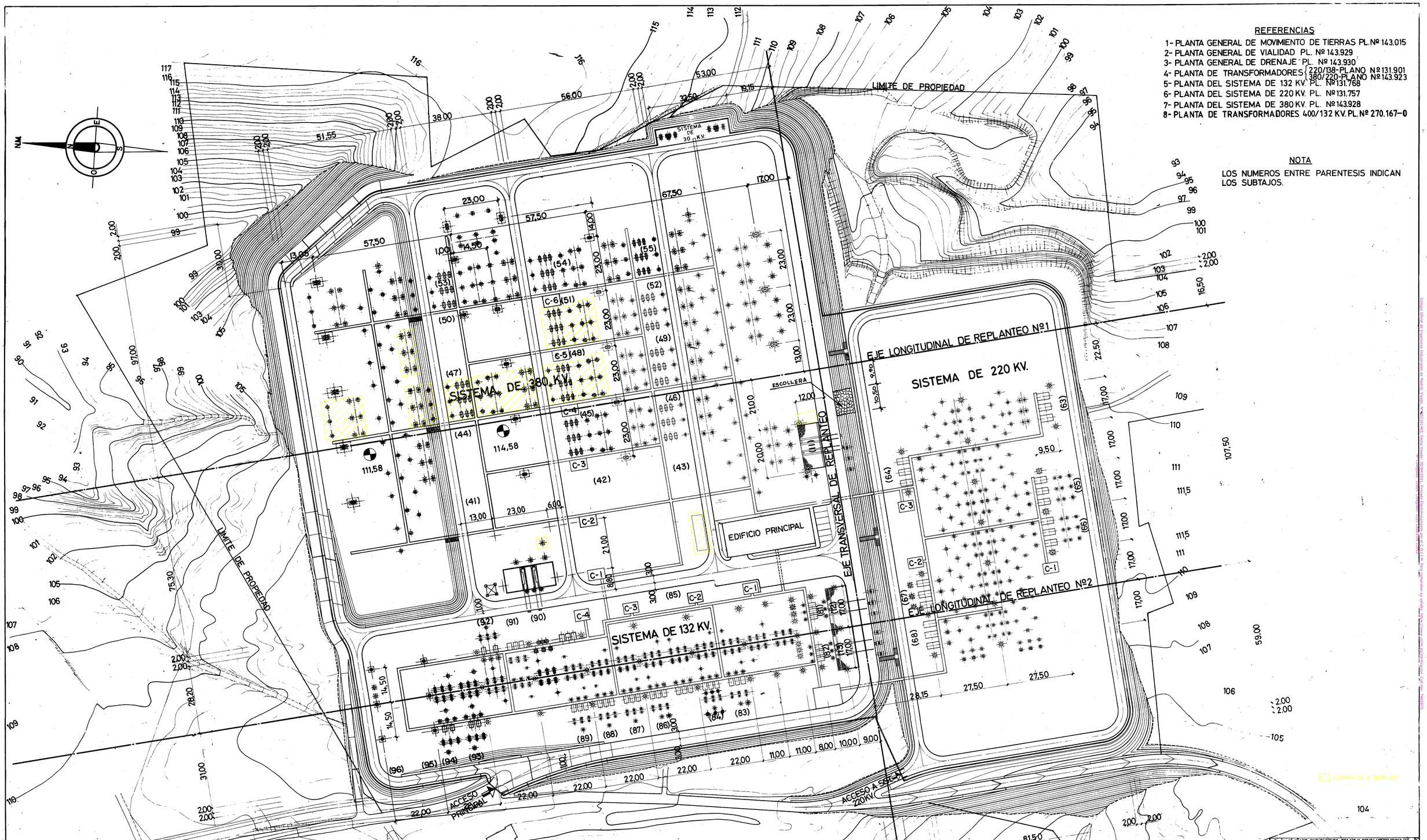
	FECHA	NOMBRE
PROYECTADO	10-18	O.D.G.
DIBUJADO	10-18	J.C.M.
COMPROBADO	10-18	B.M.I.
APROBADO POR R.E.E.	10-18	A.G.M.

TITULO
SECCIONES GENERALES

FORMATO: DIN A1
ESCALA: 1:400
Nº P-GATB2001 Rev.
HOJA 1 SIGUE 1

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece único y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. Queda prohibida su reproducción total o parcial, su distribución o su comunicación pública por cualquier medio o procedimiento, salvo en aquellos casos en que estén permitidas bajo pena y reparos establecidos por ley. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. no asumirá ninguna responsabilidad derivada del uso no autorizado del contenido del presente documento.

Copia fiel e íntegra del documento electrónico de firma: Nombre: ZUBIZARRETA ALDAMA, JOSE MARIA Fecha: 2019.07.02 14:27:24 +02'00' Motivo: Firmado con un certificado reconocido Emisor: ACCV Pruebas PROCEDIMIENTOS INTERNOS, ACCV, PSC-01-02, VALENCIA, ES, Nº de certificado: 1289



REFERENCIAS

1- PLANTA GENERAL DE MOVIMIENTO DE TIERRAS PL.Nº 143.015
2- PLANTA GENERAL DE VIALIDAD PL. Nº 143.929
3- PLANTA GENERAL DE DRENAJE PL. Nº 143.930
4- PLANTA DE TRANSFORMADORES { 220/138-PLANO Nº 131.901 / 380/220-PLANO Nº 143.923
5- PLANTA DEL SISTEMA DE 132 KV. PL. Nº 131.768
6- PLANTA DEL SISTEMA DE 220 KV. PL. Nº 131.757
7- PLANTA DEL SISTEMA DE 380 KV. PL. Nº 143.928
8- PLANTA DE TRANSFORMADORES 400/132 KV. PL. Nº 270.167-0

NOTA

LOS NUMEROS ENTRE PARENTESIS INDICAN LOS SUBTAJOS.

P	4-4-91	AÑADIR CIMENTACIONES TTª 132 Y 220 KV (IBERSHIPYMUL	
O		AÑADIDO CIMIENTOS-KV. TAB. (R4)	12-9-90
N		REVISION GENERAL POR CAMBIOS 380 y 220 KV	1-9-90
M		AÑADIDA BANCADA DE TRAFO. NUEVAS POSICIONES.	1-7-90
L		MODIFICACION CIMIENTO INTERRUPTOR 400/132KV (PEDIDO)	
J		AÑADIDO BANCADA 132 y 16	(8-5-85)
I		AÑADIDO CIMIENTO PARA TRANSFORMADOR DE TENSION FTV SUBTAJO (BC) FASE B	(12-2-83)
H		AÑADIR CIMIENTO EN BANCADA (B3)	(6-4-81)
G		AMPLIACION 1.100	
F		23-4-78 CAMBIO PARA TRANSF. TRAT. 380 KV.	
E		TRAZADO PRENTE A EDIFICIO PRINCIPAL - CASAS.	
D			
C			28-4-78
B			
A		AÑADIDA NOTA	
K			

REV. POR | MODIFICACION | APROBADO FECHA | FIRMA

CONFORME

FECHA | FIRMA

CODIGO DE IDENTIFICACION: 4 1 3 0 7 3 8 0 5 2 0 0

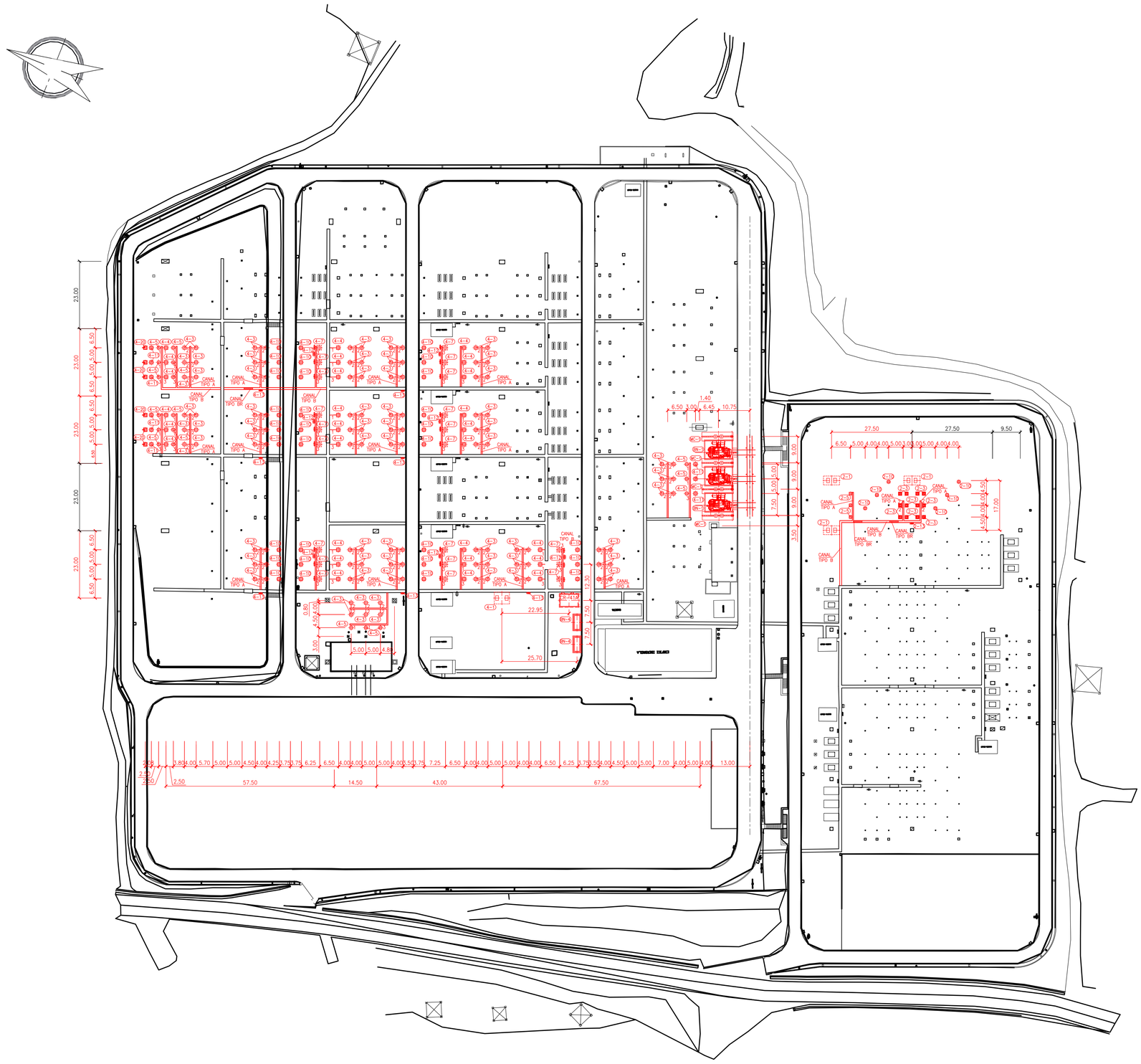
SUSTITUYE AL | SUSTITUIDO POR | ARCHIVO A0-3-1 | PLANO Nº 143.731 P O

OFICINA CONSULTADA 23 | REVISADO | CONFORME

ESCALA 1:500

HOJA | SIGUE

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece único y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. Queda prohibida su reproducción total o parcial, su distribución, su comunicación pública, su puesta a disposición del público, su transformación o su almacenamiento en cualquier formato, salvo que sea para uso personal y privado. Queda también prohibida toda forma, o medio, comercialmente por medio de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. no asumirá ninguna responsabilidad derivada del uso no autorizado del contenido del presente documento.



RELACION DE CIMENTACIONES PARQUE 400 kV

POS.	CANT.	DENOMINACION	PLANO Nº	OBSERVACIONES
4-1	1	PILAR PORTICO PRINCIPAL 400 kV	--	--
4-3	108	SECCIONADOR ROTATIVO 400 kV	--	--
4-4	21	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD	--	--
4-5	18	TRAFO DE TENSION CAPACITIVO 400 kV	--	--
4-7	21	INTERRUPTOR	--	--
4-10	30	AISLADOR DE APOYO	--	--
4-11	9	AUTOVALVULA 400 kV	--	--
4-12	7	ARMARIO CENTRALIZACION INTERRUPTOR	--	--
4-13	7	ARMARIO CENTRALIZACION FUERZA Y CONTROL	--	--
4-20	6	SOPORTE TERMINAL BOTELLA	--	--
BN-1	3	BANCADA AUTOTRANSFORMADOR	--	--
BN-4	2	CENTRO DE TRANSFORMACION DEL TERCIARIO	--	--
MC-1	4	MURO CORTAFUEGOS	--	--

RELACION DE CIMENTACIONES PARQUE 220 kV

POS.	CANT.	DENOMINACION	PLANO Nº	OBSERVACIONES
2-1	3	PILAR PORTICO PRINCIPAL 220 kV	--	--
2-3	12	SECCIONADOR ROTATIVO 220 kV	--	--
2-5	3	TRAFO DE TENSION CAPACITIVO 220 kV	--	--
2-10	6	AISLADOR DE APOYO	--	--
2-13	1	ARMARIO CENTRALIZACION FUERZA Y CONTROL	--	--

NOTAS:

1. DIMENSIONES EN METROS.
2. SE HAN REPRESENTADO CIMENTACIONES DE SECCIONADORES DE MESA E INTERRUPTORES DE ABB. PARA OTROS FABRICANTES VER DETALLES DE CIMENTACIONES.
3. LA CIFRA INDICADA EN ALGUNAS CIMENTACIONES (1,2,3,...) CORRESPONDE AL NUMERO DE TUBOS DE ø90mm NECESARIOS SEGÚN DETALLE DE LA CIMENTACION CORRESPONDIENTE.

PLANOS DE REFERENCIA:

GATB2000 PLANTA GENERAL.
GATB2001 SECCIONES GENERALES.

REVISION	FECHA	PROYECT.	DIBUJADO	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.
Q	10-18	O.D.G.	J.C.M.	B.M.I.	PROYECTO J-3426-L7983	A.G.M.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

INSTALACION
SUBESTACION DE GATICA
PARQUE DE 400/220 kV

intradel

Nº

	FECHA	NOMBRE
PROYECTADO	10-18	O.D.G.
DIBUJADO	10-18	J.C.M.
COMPROBADO	10-18	B.M.I.
APROBADO POR R.E.E.	10-18	A.G.M.

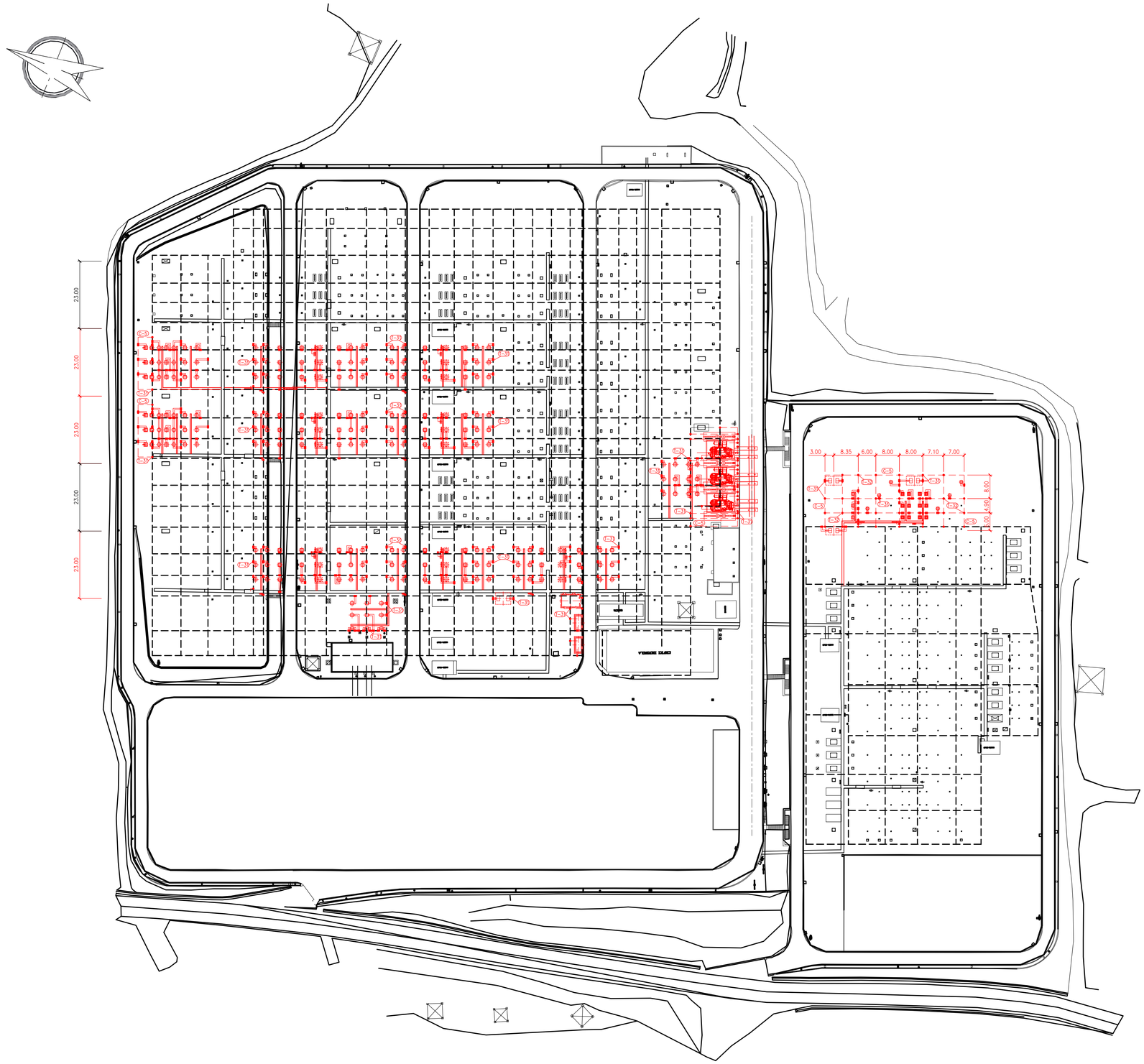
TITULO
PLANTA GENERAL
CIMENTACIONES Y CANALES DE CABLES

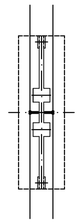
FORMATO: DIN A1
ESCALA: 1:750
Nº P-GATC5029 Q Rev.
HOJA 1 SIGUE –

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece única y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. Queda prohibida su reproducción, distribución y/o comunicación pública sin previo consentimiento por escrito de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., no asumirá ninguna responsabilidad derivada del uso no autorizado del contenido del presente documento.

Creado bajo licencia de Autodesk Educational Institution. Para uso académico. Prohibida su venta. Contactar con Autodesk para obtener una licencia comercial. Email: 1232847@alumnos.uva.es Nº de Usuario: 1232847 CIUD

RELACION DE MATERIALES					
CODIGO/LOTE	POS.	CANT.	DENOMINACIÓN	OBSERVACIONES	SUMINISTRO
3050033	C-5	3800	m. CABLE DE Cu DESNUDO DE 120mm2 ø14,2mm	--	--
--	T-31	605	SOLDADURA EXOTERMICA EN "T" PARA CABLES DE Cu DESNUDOS 120mm2 (ø14.2mm)	--	--
	T-32	25	SOLDADURA EXOTERMICA EN CRUZ PARA CABLES DE Cu DESNUDOS 120mm2 (ø14.2mm)	--	--
--	--	570	LATIGUILLO DE CONEXION A LA RED GENERAL DE TIERRAS	COMPUTADO POR UNIDAD	--





DETALLE -1-
ESCALA 1:200

SIMBOLOS

- SOLDADURA EXOTERMICA EN CRUZ O EN "T"
- CONEXION A ESTRUCTURA (LOS LATIGUILLOS IRAN PROTEGIDOS CON TUBO CORRUGADO SENCILLO DE DIAMETRO MAYOR DE 20 mm)
- CONEXION A CERRAMIENTO
- CONEXION A RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO (HASTA DENTRO DE CANAL DE CABLES CERCANO)
- MALLA PRINCIPAL DE CABLE DE Cu DE 120 mm2 A 60 cm DE PROFUNDIDAD (SE EJECUTARA PREFERENTEMENTE DURANTE LOS TRABAJOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA).
- CONEXIONES CON LA MALLA PRINCIPAL CON CABLE DE Cu DE 120 mm2 (SE REALIZARAN DURANTE LOS TRABAJOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS):
  - DEBAJO DE CADA CIMENTACION SE DEJARA UNA COCA POR CADA LATIGUILLO CON LONGITUD DE CABLE SUFICIENTE PARA CONECTAR A LA ESTRUCTURA CUANDO SE INSTALE LA MISMA
  - PARA LOS SOPORTES DE APARAMENTA SE DEJARAN LATIGUILLOS DE 1.50 m DE LONGITUD EN LA CIMENTACIÓN.
  - PARA LAS COLUMNAS PRINCIPALES SE DEJARAN LATIGUILLOS DE 2.0 m DE LONGITUD EN LA CIMENTACIÓN.
  - EN LOS MUROS CORTAFUEGOS SE DEJARAN LATIGUILLOS DE 2.50 m DE LONGITUD APROXIMADA EN AMBOS LADOS A LA ALTURA DEL EJE CENTRAL (DETALLE 1).
  - PARA LAS TIERRAS INTERIORES DE CASETAS Y EDIFICIOS DEJAR LATIGUILLOS DE 1.50m EN EL INTERIOR

NOTAS:

LOS SIGUIENTES ELEMENTOS DEBERÁN SER CONECTADOS A LA MALLA DE TIERRAS :

- CERRAMIENTO APROXIMADAMENTE CADA 20 m (MOVIMIENTO DE TIERRAS)
- PUERTA DE ENTRADA SUBESTACION (MOVIMIENTO DE TIERRAS)
- CERCOS METÁLICOS DE ARQUETAS (TANTO DE CABLES COMO DE DRENAJE) Y CANALES REFORZADOS (OBRA CIVIL)
- MUERTOS DE ARRASTRE (OBRA CIVIL)
- RAILES DE VIALES DE RODADURA (OBRA CIVIL)
- CIMENTACIONES DE EDIFICIOS Y CASETAS (OBRA CIVIL)
- TODOS LOS ELEMENTOS METALICOS QUE SE EJECUTEN EN LA FASE DE MOVIMIENTO DE TIERAS/OBRA CIVIL QUE REQUIERAN CONEXION A TIERRA.

1. SE DARÁ CONTINUIDAD EN LAS CASETAS Y EDIFICIO A LAS ARMADURAS DE MURO DE CIMENTACIÓN Y SOLERA
2. LA SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES CON LA ESTRUCTURA EN CADA CIMENTACIÓN ES ORIENTATIVA. EN CADA PROYECTO SE HARÁN COINCIDIR CON EL LADO INDICADO EN LOS PLANOS DE MONTAJE DE CADA EQUIPO
3. AL INTERIOR DE LAS ARQUETAS DE P. a T. DE LOS NEUTROS SE LLEVARAN ADEMAS 4 CABLES DE Cu DE 120 mm2

PLANOS DE REFERENCIA:

GATF1002 PLANTA GENERAL RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO

REVISION	FECHA	PROYECT.	DIBUJADO	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.
0	10-18	O.D.G.	J.C.M.	B.M.I.	PROYECTO J-3426-L7983	A.G.M.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

INSTALACION
SUBESTACION DE GATICA
PARQUE DE 400/220 kV

intradel
Nº

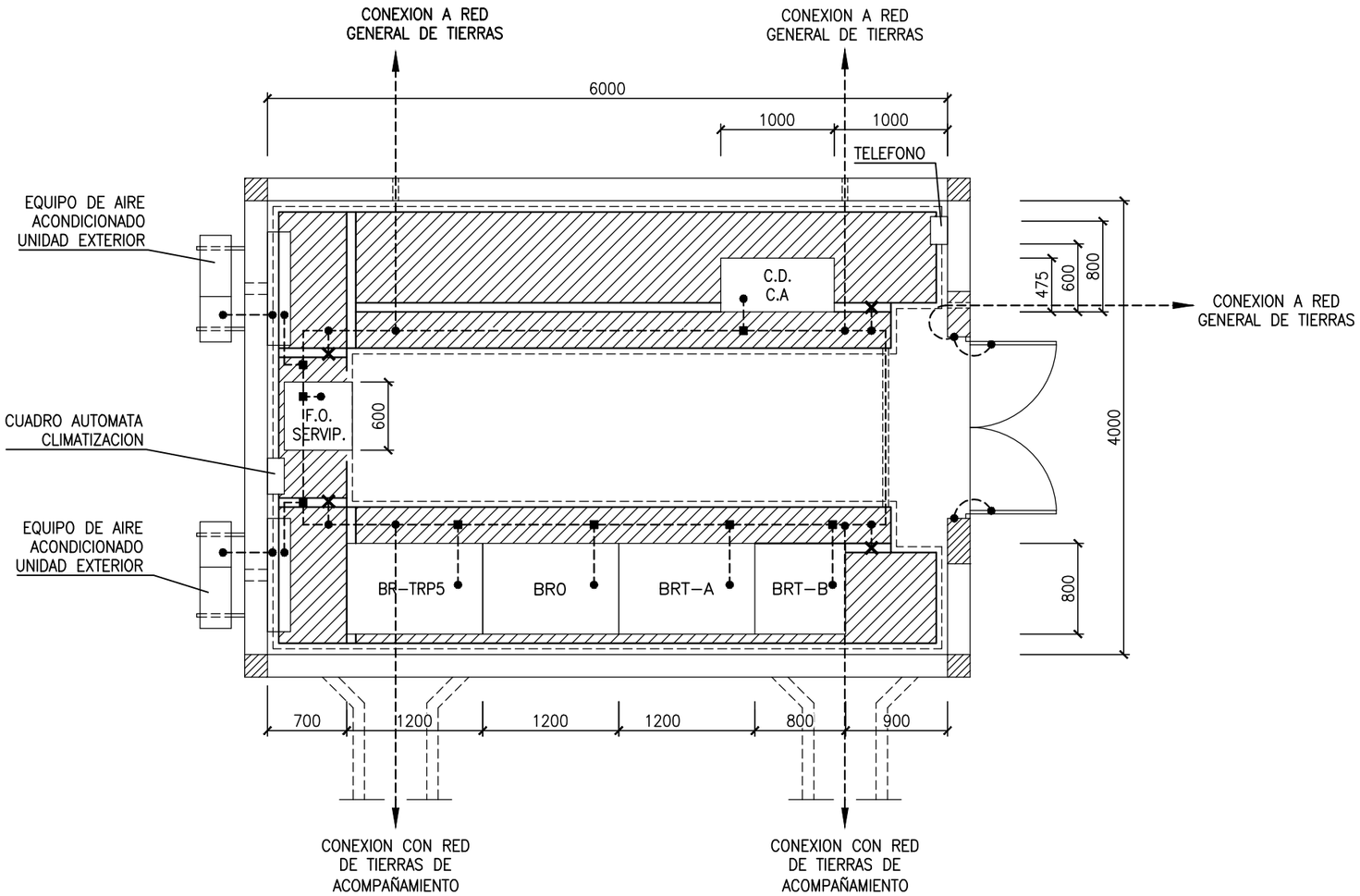
	FECHA	NOMBRE
PROYECTADO	10-18	O.D.G.
DIBUJADO	10-18	J.C.M.
COMPROBADO	10-18	B.M.I.
APROBADO POR R.E.E.	10-18	A.G.M.

TITULO
PLANTA GENERAL
RED DE TIERRAS INFERIORES

FORMATO: DIN A1
ESCALA: 1:750
Nº P-GATF1000 Rev. 0
HOJA 1 SIGUE -

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual de presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece único y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. Queda prohibida su reproducción, distribución y/o comunicación pública, total o parcial, sin previa autorización de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., que no asumirá ninguna responsabilidad derivada del uso no autorizado del contenido del presente documento.

Creado por Intradel con Microstation V8 Versión 08.11.07.443 Fecha 2018/07/02 18:46 Usuario: LUIS GARCIA LOPEZ
N.º Ordenador: 12846 Complejo: SUBESTACION GATICA Diseño: PLANTA GENERAL RED DE TIERRAS INFERIORES.dgn



SIMBOLOS:

- CABLE DESNUDO DE Cu de 120mm2
- DERIVACION MEDIANTE GRAPA DE CONEXION (TIPO T-3, S/PL. DYESF2001)
- DERIVACION EN "T" MEDIANTE SOLDADURA EXOTERMICA
- CONEXION A EQUIPO O CUADRO MEDIANTE TERMINAL DE PRESION (TIPO T-5, S/PL. DYESF2001)
- PUESTA A TIERRA PUERTAS Y MARCO CON CABLE AISLADO DE Cu 16mm2
- PUESTA A TIERRA SOPORTES METALICOS DE ARMARIOS
- PANEL LAMINADO COMPACTO TIPO PARKLEX O SIMILAR

NOTAS:

1. LOS CABLES DE ACOMPAÑAMIENTO SE UTILIZARAN PARA LA CONEXION A TIERRA DE TODAS LAS PANTALLAS DE LOS CABLES DE FUERZA, MANDO Y CONTROL, REALIZADA EN LOS RESPECTIVOS CUADROS DE LA APARAMENTA Y EN LAS CASETAS DE RELES.
2. PANEL SERA SUMINISTRADO EN LA OBRA CIVIL Y MONTADO POR EL CONTRATISTA DE MONTAJE.
3. EN CASO DE CONTENER LA CASETA POSICIONES ADIF O EQUIPOS DE TELEPROTECCION, SE INSTALARA UN CUADRO DE 48V c.c. DE 600x600mm AL LADO DEL CUADRO DE C.A.

REVISION	FECHA	PROYECT.	DIBUJADO	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.
0	10-18	O.D.G.	J.C.M.	B.M.I.	PROYECTO J-3426-L7483	A.G.M.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

INSTALACION
SUBESTACION DE GATICA
PARQUE DE 400/220 kV

intradel

	FECHA	NOMBRE
PROYECTADO	10-18	O.D.G.
DIBUJADO	10-18	J.C.M.
COMPROBADO	10-18	B.M.I.
APROBADO POR R.E.E.	10-18	A.G.M.

TITULO
CASETA DE RELES CR-41A
IMPLANTACION DE EQUIPOS

N° –

FORMATO: A3

ESCALA: 1:1250

N° P-GATJ1001 0 Rev.

HOJA 1 SIGUE –

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece única y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. El acceso a este documento no supondrá en forma alguna, licencia para su reproducción total o parcial, modificación o distribución que, en todo caso, estarán prohibidas salvo previo y expreso consentimiento por escrito de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., no asumirá ninguna responsabilidad derivada del uso no autorizado del contenido del presente documento.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado: Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electronicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/validacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN GATICA 400/220 kV

DOCUMENTO 4

PRESUPUESTO

Dirección de **Ingeniería y Medio Ambiente**
Dpto. **Ingeniería de Subestaciones**

Mayo de 2019

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

El presupuesto del presente proyecto incluye las partidas necesarias para el diseño y ejecución del proyecto. En este presupuesto no se incluyen otros costes incurridos para la final realización de la instalación, como son los costes de terrenos, licencias y tasas, costes financieros y costes de gestión y administración

1. PRESUPUESTO DESGLOSADO SUBESTACIÓN DE GATICA (en euros)

400 kV

1.1. Ingeniería de proyecto.....81.000

1.1.1. Ingeniería 75.000

1.1.2. Tramitaciones 6.000

1.2. Materiales 5.787.000

1.2.1. Aparamenta y materiales de alta tensión..... 3.287.000

Transformador 1.600.000

1.2.2. Protecciones, control y comunicaciones 800.000

1.2.3. Estructura metálica..... 100.000

1.3. Construcción 3.204.915

1.3.1. Obra civil de parque.....1.952.915

1.3.2. Montaje electromecánico.....1.000.000

1.3.3. Pruebas y puesta en servicio.....100.000

1.3.4. Servicios diversos.....52.000

TOTAL PRESUPUESTO 400 kV .....9.072.915 euros

220 kV

1.1. Ingeniería de proyecto.....15.000

1.1.1. Ingeniería 15.000

1.2. Materiales 470.000

1.2.1. Aparamenta y materiales de alta tensión..... 400.000

1.2.2. Protecciones, control y comunicaciones 50.000

1.2.3. Estructura metálica..... 20.000

1.3. Construcción 210.000

1.3.1. Obra civil de parque.....100.000

1.3.2. Montaje electromecánico.....100.000

1.3.3. Pruebas y puesta en servicio.....10.000

TOTAL PRESUPUESTO 220 kV.....695.000 euros

TOTAL PRESUPUESTO 1 400 kV + 220 kV.....9.767.915 euros

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

2. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL (en euros)

2.1 .Seguridad y salud laboral..... 6.500

TOTAL PRESUPUESTO 2 ..... 6.500 **euros**

3. PRESUPUESTO TOTAL

3.1 .SUBESTACIÓN 400 y 220 kV.....**9.767.915**

3.2 SEGURIDAD Y SALUD LABORAL.....**6.500**

TOTAL.....9.774.415 EUROS

El presupuesto total de la ampliación de la subestación GATICA 400/220 kV asciende a **Nueve millones Setecientos setenta y cuatro mil cuatrocientos quince Euros.**

Madrid, Marzo de 2021

El Ingeniero industrial

Luis Cabezón López

Jefe del Departamento de Ingeniería de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN GATICA 400/220 KV

DOCUMENTO 5

ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

PARQUE 400 kV

Dirección de **Ingeniería y Medio Ambiente**
Dpto. **Ingeniería de Subestaciones**

Marzo de 2021

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Índice

1. OBJETO 3

2. NORMATIVA VIGENTE 3

3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CAMPOS MAGNÉTICOS 4

4. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO 4

5. RESULTADOS 10

6. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS 11

7. CONCLUSIONES 11

8. REFERENCIAS 12

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

1. OBJETO

El objeto de este estudio es estimar las emisiones de campo magnético en el exterior accesible por el público del parque de 400 kV AIS del proyecto tipo, con el propósito de comprobar el cumplimiento de los límites establecidos por la normativa vigente.

El estudio comprende el cálculo de los niveles máximos del campo magnético que por razón del funcionamiento de la subestación pueden alcanzarse en su entorno, y su evaluación comparativa con los límites establecidos en la normativa vigente.

El cálculo se circunscribe al parque de 400 kV AIS del proyecto tipo según se observa en la figura 4.

2. NORMATIVA VIGENTE

El R.D. 337/2014 de 9 de mayo, recoge el "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión" (RAT). Este nuevo Reglamento limita los campos electromagnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión, remitiendo al R.D. 1066/2001.

El R.D. 1066/2001 de 28 de septiembre, por el que se aprueba el "Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a las emisiones radioeléctricas", adopta medidas de protección sanitaria de la población estableciendo unos límites de exposición del público a campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas acordes a las recomendaciones europeas. Para el campo magnético generado a la frecuencia industrial de 50 Hz, el límite establecido es de 100 microteslas (100 µT).

En el RAT, las limitaciones y justificaciones necesarias aparecen indicadas en las instrucciones técnicas complementarias siguientes:

1. ITC-RAT-14. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE INTERIOR. 4.7: Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.
2. ITC-RAT-15. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EXTERIOR. 3.15: Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.
3. ITC-RAT-20. ANTEPROYECTOS Y PROYECTOS. 3.2.1: Memoria.

En relación al campo magnético generado por los transformadores de potencia, se aplica la norma UNE-CLC/TR 50453 IN de noviembre de 2008, "Evaluación de los campos electromagnéticos alrededor de los transformadores de potencia".

Aunque la medida de campos magnéticos no es objeto del presente documento, a continuación se indican las normas aplicables a la misma:

1. Norma UNE 20833 de abril de 1997: "Medida de los campos eléctricos a frecuencia industrial".
2. Norma UNE-EN 62110 de mayo de 2013. "Campos eléctricos y magnéticos generados por sistemas de alimentación en corriente alterna. Procedimientos de medida de los niveles de exposición del público en general".
3. Norma UNE-EN 61786-1 de octubre de 2014. "Medición de campos magnéticos en corriente continua, campos eléctricos y magnéticos en corriente alterna de 1 Hz a 100 kHz. Parte 1: Requisitos para los instrumentos de medida".
4. Norma IEC 61786-2 de diciembre de 2014. "Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings. Part 2: Basic standard for measurements.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Para la elaboración del análisis del campo magnético, se ha desarrollado una aplicación que realiza la simulación y cálculo del campo magnético en los puntos deseados de la instalación y su entorno.

La aplicación desarrollada está realizada sobre Matlab/Octane. El cálculo está basado en un cálculo analítico (Biot y Savart de un segmento) realizado sobre el conjunto de conductores 3D de una subestación, discretizados a segmentos rectilíneos, y sobre un periodo de onda completo para obtener valores eficaces. Se tienen en cuenta los diferentes desfases entre fases o motivados por la presencia de un transformador. La misma metodología ha sido empleada con buenos resultados en otros estudios publicados [1], [2], [3].

A modo de validación de la aplicación se han calculado los ejemplos descritos en la Norma UNE-EN 62110, obteniéndose los mismos resultados que en dicha norma. El desarrollo de estos cálculos se recoge en el anexo a este documento.

El cálculo no tiene en cuenta el campo generado por los transformadores, sólo por los conductores. Esta simplificación no afecta de forma significativa a los resultados obtenidos según se indica en UNE-CLC/TR-50453. De igual forma, no se consideran los posibles apantallamientos debidos a pantallas de cables o envolventes de la aparamenta eléctrica, quedando el cálculo por el lado de la seguridad.

La entrada de datos de la aplicación es la topología en 3D del conjunto de conductores de la subestación, así como las corrientes que circulan por cada conductor. Las corrientes consideradas para el cálculo son las máximas previstas para cada posición (en especial de los transformadores) o tramo de ella, de forma que se obtiene el máximo campo magnético. El estado de carga máximo planteado es técnicamente posible de alcanzar, pero difícil que se produzca en realidad, y en todo caso durante un breve espacio de tiempo.

En ocasiones, debido a la topología de la instalación, no es posible determinar las corrientes por todos los tramos de las diferentes posiciones. Para estos casos se estiman las corrientes por dichos tramos que den lugar a los campos más desfavorables.

Los resultados obtenidos se presentan en los límites exteriores de la subestación accesibles por el público, considerándose para el cálculo una distancia de 0,2 m del vallado y a una altura de 1 m, según UNE-EN 62110. De igual forma, se facilita el cálculo del campo B en toda la superficie de la subestación a una altura de 1 m a efectos informativos.

4. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO

El parque de 400 kV AIS del proyecto tipo tiene las siguientes características:

Nivel de 400 kV.

- Tipo ..... Intemperie convencional
- Topología ..... Interruptor y medio
- Posiciones de línea 4
- Posiciones de transformador..... 2
- Posiciones de barras 2
- Posiciones de reactancia 1
- Superficie aprox. del parque ..... 27830 m^2

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

El estado de carga considerado consiste en considerar las líneas 1 y 3 aportando su máxima potencia, los dos transformadores 400/220 kV evacuando su potencia máxima, la línea 2 evacuando su potencia máxima, y la línea 4 evacuando la potencia que no ha sido evacuada por los transformadores y la línea 2, hasta completar el total de la potencia aportada por las líneas 1 y 3. La reactancia consume su máxima potencia reactiva.

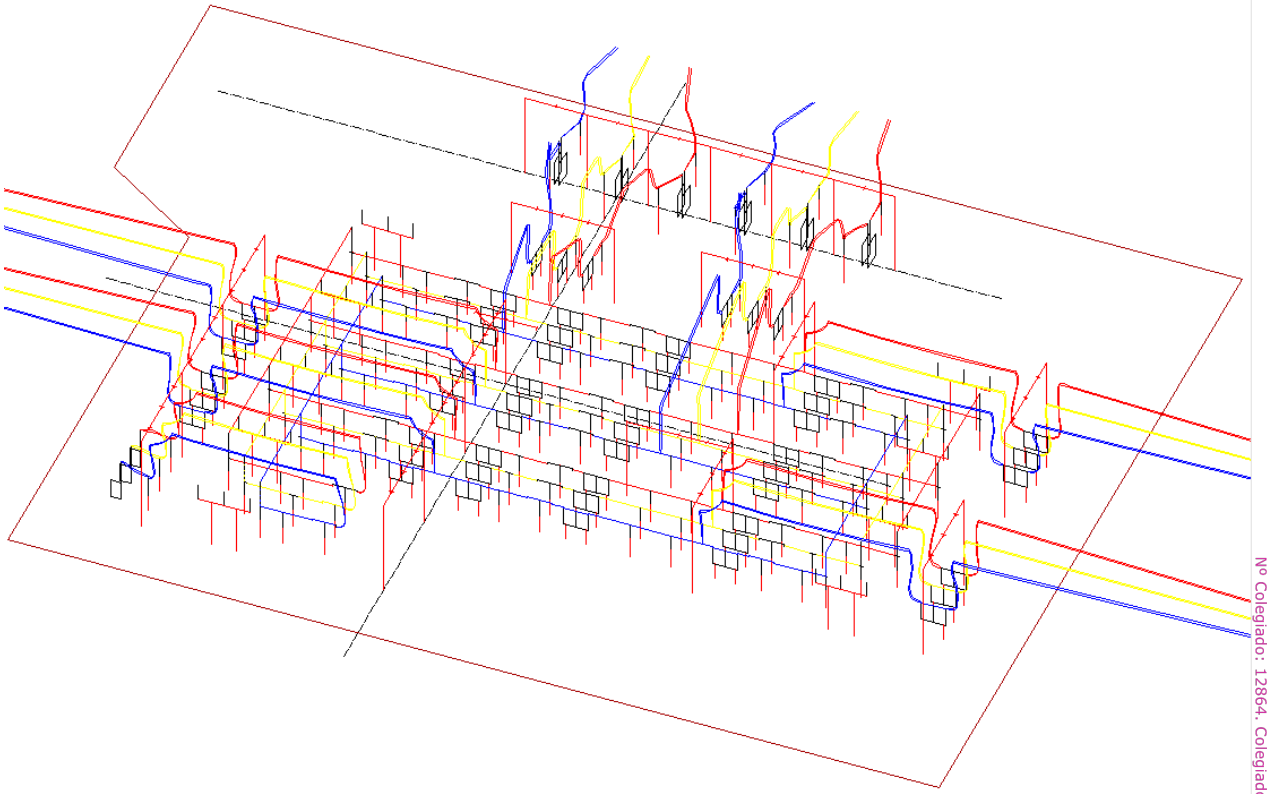


Fig 1: Modelo 3D de los cables de la instalación.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

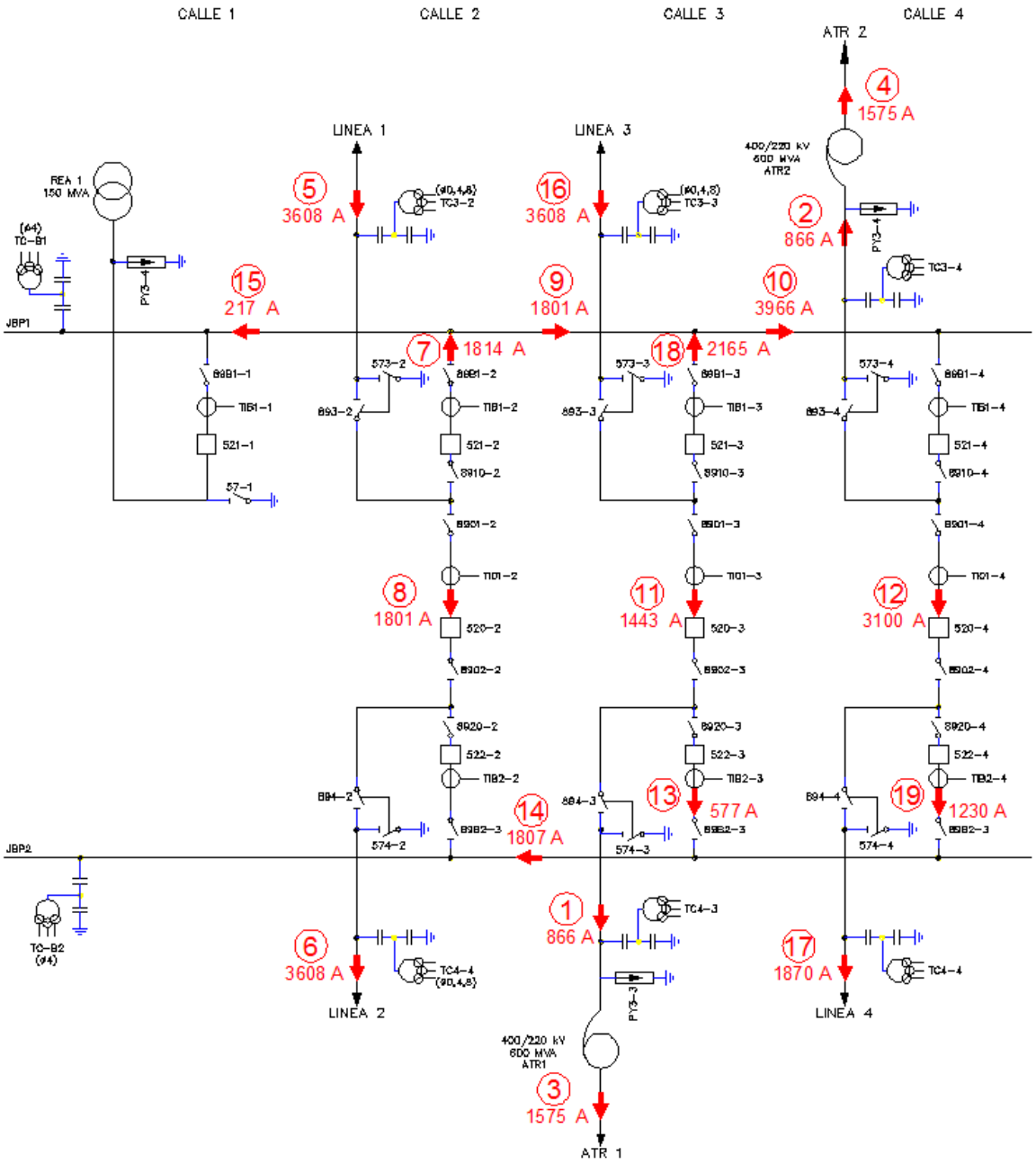


Fig 2: Unifilar con intensidades consideradas

Las intensidades consideradas para el cálculo del campo magnético son las siguientes:

POSICIÓN O TRAMO	REF.	INTENSIDAD (A)	FASE (º)	TIPO
TRAFO 1 400 kV	1	866 (2)	0	Trifásica equilibrada
TRAFO 2 400 kV	2	866 (2)	0	Trifásica equilibrada
TRAFO 1 220 kV	3	1575 (2)	0	Trifásica equilibrada

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

TRAFO 2 220 kV	4	1575 (2)	0	Trifásica equilibrada
LÍNEA 1	5	3608 (1)	-3.4	Trifásica equilibrada
LÍNEA 2	6	3608 (1)	0	Trifásica equilibrada
CALLES 2 - BARRAS 1	7	1814	-6.9	Trifásica equilibrada
CALLE 2	8	1801	0	Trifásica equilibrada
BARRAS 1: CALLE 2- CALLE 3	9	1807	0	Trifásica equilibrada
CALLE 4 – BARRAS 1	10	3966	0	Trifásica equilibrada
CALLE 3	11	1443	0	Trifásica equilibrada
CALLE 4	12	3100	0	Trifásica equilibrada
CALLE 3 – BARRAS 2	13	577	0	Trifásica equilibrada
CALLE 2 – BARRAS 2	14	1807	0	Trifásica equilibrada
REACTANCIA	15	217 (3)	-90	Trifásica equilibrada
LÍNEA 3	16	3608 (1)	0	Trifásica equilibrada
LÍNEA 4	17	1870	0	Trifásica equilibrada
CALLE 3 – BARRAS 1	18	2165	0	Trifásica equilibrada
CALLE 4 – BARRAS 2	19	1230	0	Trifásica equilibrada

(1) Intensidad correspondiente a la capacidad de transporte máxima de la línea, 2500 MVA.

(2) Intensidad correspondiente a la potencia máxima del transformador, 600 MVA.

(3) Intensidad correspondiente a la potencia máxima de la reactancia, 150 MVA.

El Real Decreto 1066/2001 aconseja tomar medidas que limiten las radiaciones de campo eléctrico y magnético. En el caso que nos ocupa, las distancias existentes entre los equipos eléctricos y el cierre de la instalación, permiten reducir los niveles de exposición al público en general por debajo de los límites establecidos en el Real Decreto.

No se consideran las aportaciones del parque adyacente de 220 kV, salvo los representados en la figura 3.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

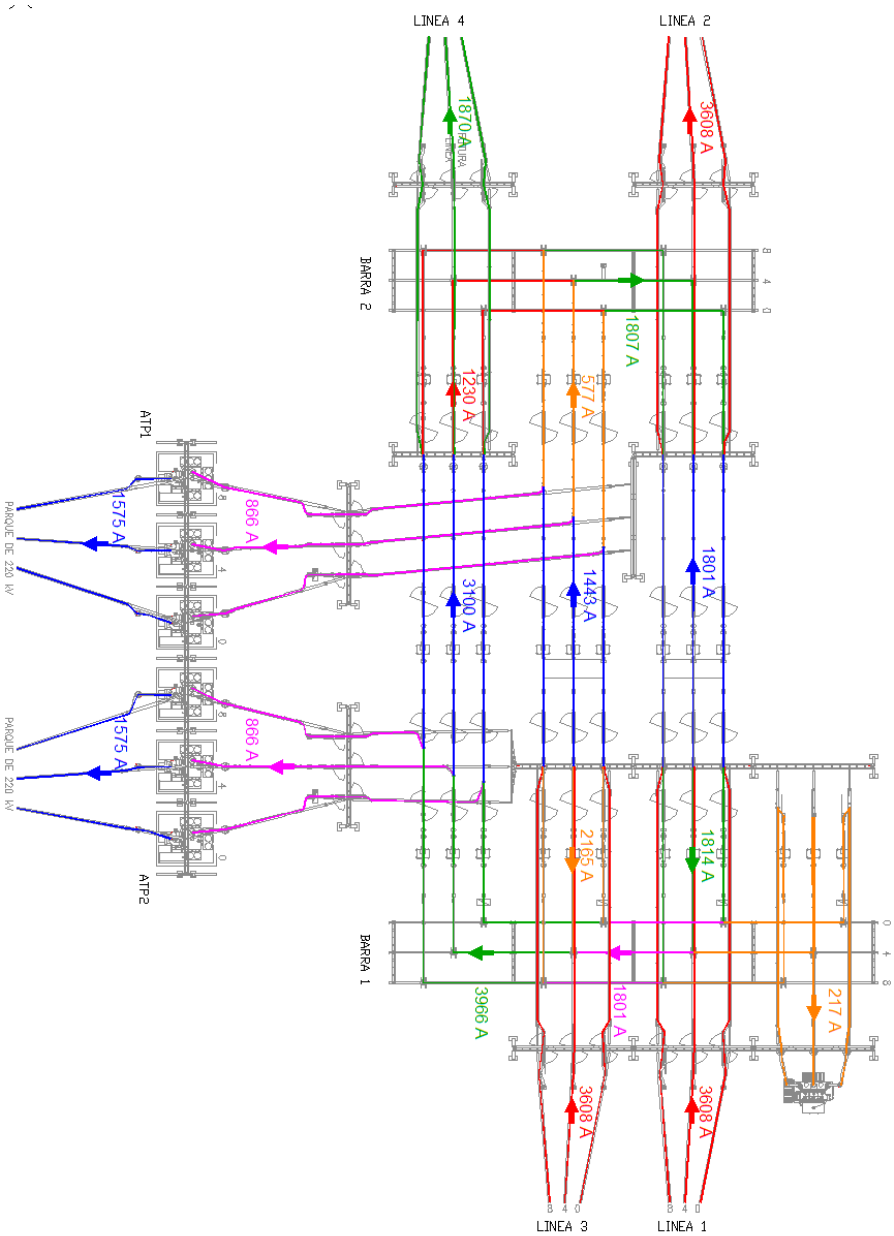


Fig 3: Intensidades estimadas para cálculo de campo magnético

Para la introducción de la topología del parque se ha partido de los planos de planta general del parque y cortes de las calles, así como la potencia de los transformadores y potencia máxima de las líneas.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

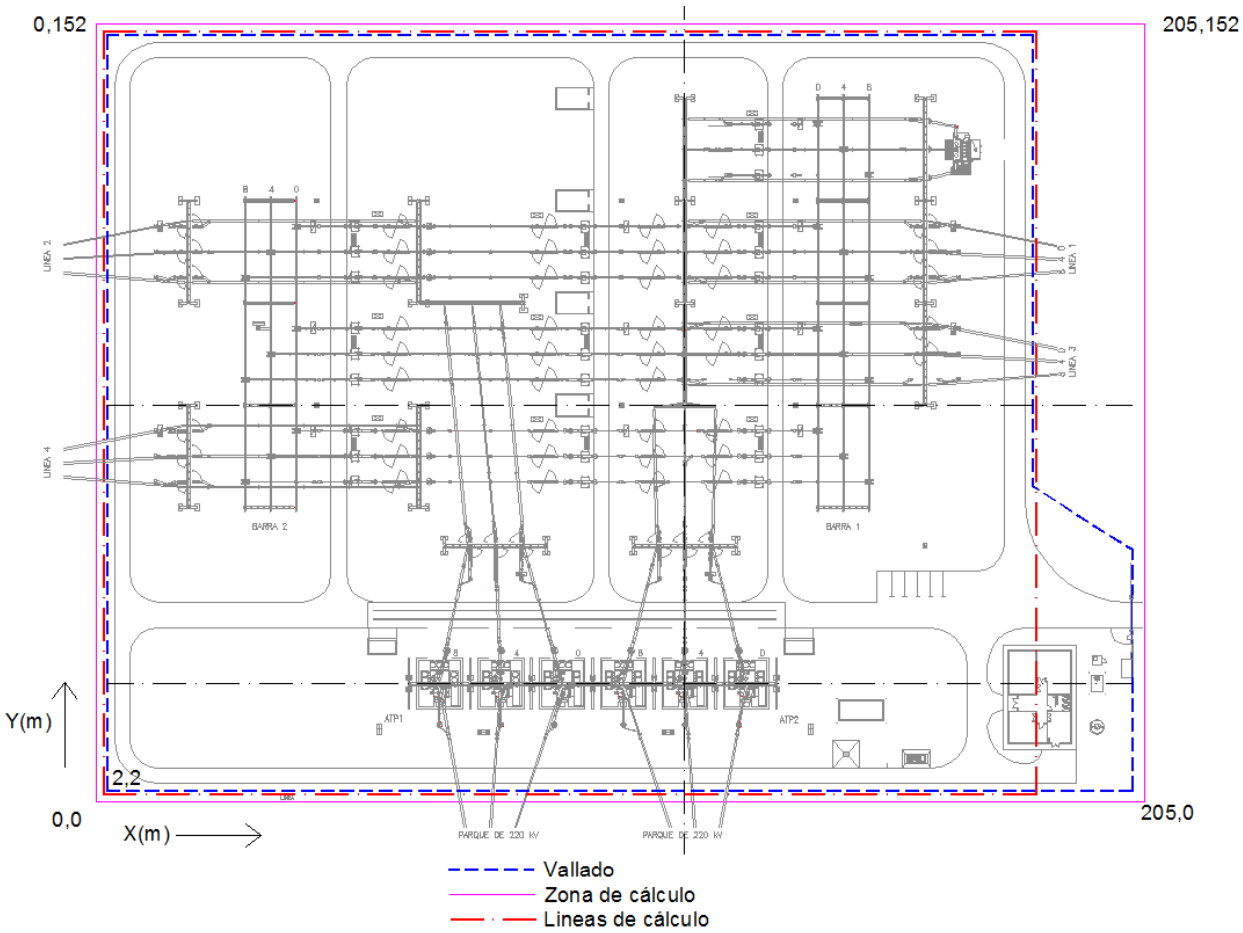


Fig 4: Vallado y zonas límite del cálculo

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

5. RESULTADOS

La simulación del campo magnético ha sido realizada con el estado de carga indicado anteriormente, estado de carga máximo realizable. Por tanto, los valores de campo magnético calculados y representados serán superiores a los que se producirán durante el funcionamiento habitual de la subestación.

Se ha obtenido el campo magnético en el parque de 400 kV, a 1 metro de altura del suelo. Los resultados obtenidos se representan tanto en el límite exterior del parque de 400 kV. (Requerimiento reglamentario) como en el interior del mismo.

Debido a la irregularidad del vallado exterior, y a que los valores de campo magnético obtenidos están alejados de los límites reglamentarios, se ha considerado más adecuado presentar los resultados en las 4 líneas de cálculo representadas en la figura 4, aunque no coinciden en todo su recorrido con el vallado real del parque. En las zonas donde coincide el recorrido del vallado del parque con las líneas de cálculo, estas se sitúan en el exterior, a **0.2 m** del mismo.

Los valores más elevados de campo en el exterior se producen en la zona de entrada de las líneas de 400 kV, siendo de **22.4 µT.**

Los resultados se incluyen en el plano “CAMPO MAGNÉTICO A 1 m. SOBRE EL SUELO”.

En las figuras siguientes se representa, como resumen, el campo magnético en los puntos de intersección de una cuadrícula de 21 x 17, correspondiendo a un separación de 10.25 x 9.5m. La resolución utilizada para el cálculo es de 0.2 m.

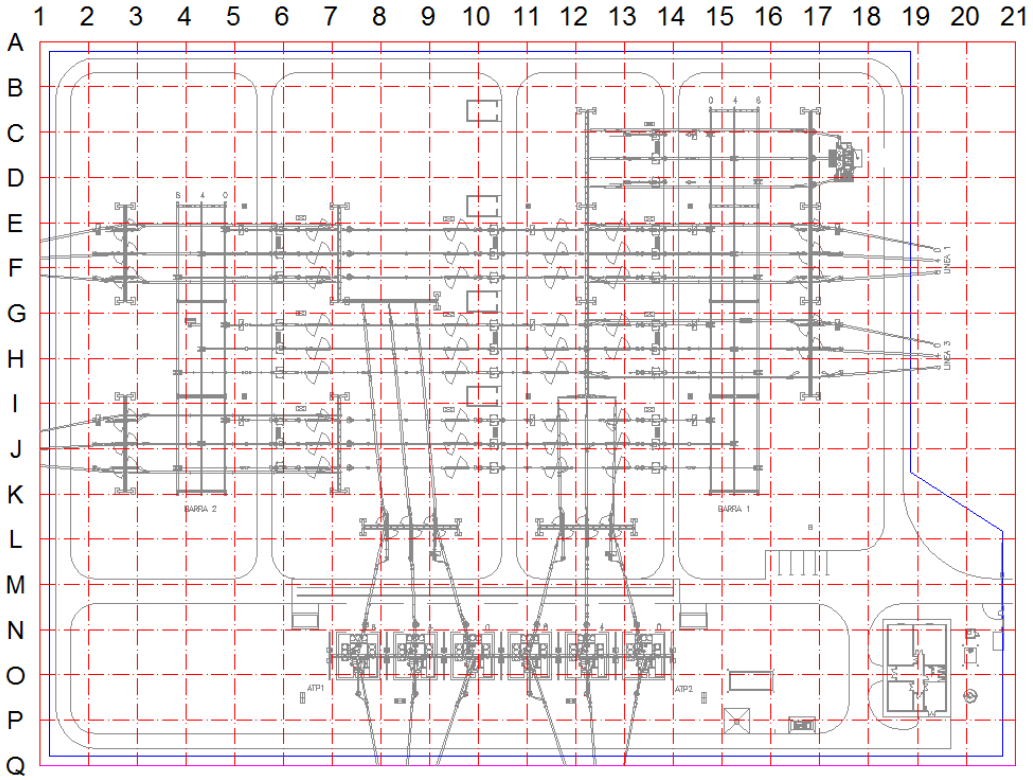


Fig 5: Cuadrícula para resumen de los resultados

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
A	3,49	3,46	3,43	3,42	3,39	3,31	3,19	3,11	3,11	3,17	3,30	3,51	3,77	4,01	4,14	4,21	4,27	4,36	4,42	4,41	4,33
B	4,79	4,69	4,61	4,63	4,63	4,50	4,25	4,10	4,12	4,22	4,38	4,69	5,18	5,60	5,71	5,71	5,75	5,94	6,06	6,02	5,87
C	7,50	7,17	6,84	7,04	7,20	7,04	6,45	6,16	6,37	6,55	6,66	7,05	8,07	9,01	8,57	8,73	8,98	9,21	9,35	9,15	8,82
D	12,57	12,36	11,38	11,40	11,16	11,31	10,21	10,65	12,02	12,37	11,96	11,26	12,24	12,33	13,36	14,59	14,47	15,48	14,98	14,18	13,48
E	19,03	27,21	34,09	18,90	10,67	13,59	7,86	25,99	31,49	31,59	29,72	17,63	10,35	10,88	13,42	28,08	38,41	26,49	21,26	19,58	18,53
F	19,34	36,10	54,29	26,44	32,78	30,95	16,25	34,23	39,26	38,15	36,31	21,35	27,26	36,07	37,86	33,31	52,55	25,80	21,10	19,79	18,77
G	12,45	13,86	16,00	29,98	28,78	18,37	10,52	12,88	17,35	19,05	20,15	12,43	27,30	33,59	42,37	29,13	20,46	16,27	18,66	17,81	16,88
H	4,15	5,90	12,45	24,05	23,88	16,82	12,44	11,99	20,29	22,12	20,66	10,79	39,54	44,82	39,10	39,12	58,73	28,29	21,26	20,06	19,22
I	3,85	6,82	13,37	17,79	13,64	14,18	23,39	36,08	36,76	34,18	35,77	41,15	48,24	50,42	62,31	48,78	25,57	21,53	19,12	17,88	17,04
J	9,21	18,93	30,30	31,23	41,32	43,79	56,43	72,14	75,59	78,68	82,17	92,60	110,57	114,63	102,70	57,53	21,29	14,45	13,43	12,60	11,91
K	10,03	13,54	18,54	20,94	24,65	27,21	32,43	43,01	48,43	43,33	45,49	57,74	60,15	58,98	53,18	32,03	15,90	10,66	9,17	8,47	7,97
L	7,14	7,57	8,43	9,81	10,87	11,97	13,39	22,76	28,83	14,91	15,74	32,70	24,44	18,53	16,58	12,95	9,46	7,37	6,37	5,85	5,48
M	4,70	4,86	5,14	5,57	5,95	6,56	9,58	18,23	19,95	10,69	11,46	21,51	18,65	10,18	7,59	6,63	5,73	4,98	4,49	4,17	3,92
N	3,21	3,29	3,36	3,45	3,52	4,01	8,12	18,08	18,78	9,93	10,74	19,41	18,43	7,68	4,14	3,82	3,64	3,42	3,21	3,04	2,89
O	2,28	2,31	2,30	2,28	2,38	3,58	10,56	25,42	24,37	14,80	15,76	24,45	25,33	9,45	3,28	2,47	2,44	2,42	2,35	2,27	2,18
P	1,69	1,68	1,65	1,63	1,91	3,81	10,67	19,13	17,72	10,41	11,89	18,30	18,56	9,94	3,62	1,94	1,75	1,77	1,77	1,73	1,68
Q	1,29	1,28	1,25	1,25	1,53	2,83	5,91	8,55	7,48	3,83	4,52	7,87	8,52	5,77	2,78	1,58	1,35	1,36	1,37	1,36	1,32

Fig 6: Valores de campo magnético en microteslas en los puntos de intersección de la cuadrícula de la figura 5. Los valores recuadrados son los más cercanos al vallado del parque.

6. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

De acuerdo con el Resumen informativo elaborado por el Ministerio de Sanidad y Consumo con fecha 11 de Mayo de 2001, a partir del informe técnico realizado por un Comité pluridisciplinar de Expertos Independientes en el que se evaluó el riesgo de los campos electromagnéticos sobre la salud humana, se puede concretar que para los niveles de campo magnético que se generan en el parque de 400 kV AIS del proyecto tipo, no se ocasionan efectos adversos para la salud, ya que son unos niveles de radiación muy inferiores a las 100 µT., límite preventivo para el cual, se puede asegurar que no se ha identificado ningún mecanismo biológico que muestre una posible relación causal entre la exposición a estos niveles de campo electromagnético y el riesgo de padecer alguna enfermedad, en concordancia así mismo, con las conclusiones de la Recomendación del Consejo de Ministros de Salud de la Unión Europea (1999/519/CE), relativa a la exposición del público a campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz, cuya trascripción al ámbito nacional queda recogido en el Real Decreto 1066/2001 28 de Septiembre de 2001.

Estos niveles de campo magnético no son, por otra parte, exclusivos de subestaciones eléctricas, siendo habituales en otros ambientes, como oficinas, medios de locomoción o incluso en ambientes residenciales fruto de la evolución tecnológica de la sociedad.

7. CONCLUSIONES

Como conclusión de la simulación y cálculo realizado del campo magnético generado por la actividad del parque de 400 kV AIS del proyecto tipo, en las condiciones más desfavorables de funcionamiento (hipótesis de carga máxima realizable), se obtiene que los valores de radiación emitidos están muy por debajo de los valores límite recomendados, esto es, 100 µT para el campo magnético a la frecuencia de la red, 50Hz.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

8. REFERENCIAS

[1] C. Munteanu, Ioan T. Pop, V. Topa, C. Hangea, T. Gutiu, S. Lup "Study of the Magnetic Field Distribution inside Very High Voltage Substations" 2012 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE 2012) IEEE.

[2] C. Munteanu, C. Diaconu, I. T. Pop, and V. Topa "Electric and Magnetic Field Distribution Inside High Voltage Power Stations from Romanian Power Grid" International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion. IEEE.

[3] G. Visan, I. T. Pop and C. Munteanu "Electric and Magnetic Field Distribution in Substations belonging to Transelectrica TSO" 2009 IEEE Bucharest Power Tech Conference.

Madrid, Marzo de 2021

El Ingeniero industrial

Luis Cabezón López

Jefe del Departamento de Ingeniería de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN GATICA 400/220 kV

DOCUMENTO 5

ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Parque 220 KV

Dirección de **Ingeniería y Medio Ambiente**
Dpto. **Ingeniería de Subestaciones**

Marzo de 2021

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Índice

1. OBJETO 3

2. NORMATIVA VIGENTE 3

3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CAMPOS MAGNÉTICOS 4

4. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO 4

5. RESULTADOS 10

6. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS 11

7. CONCLUSIONES 11

8. REFERENCIAS 12

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

1. OBJETO

El objeto de este estudio es estimar las emisiones de campo magnético en el exterior accesible por el público del parque de 220 kV AIS del proyecto tipo, con el propósito de comprobar el cumplimiento de los límites establecidos por la normativa vigente.

El estudio comprende el cálculo de los niveles máximos del campo magnético que por razón del funcionamiento de la subestación pueden alcanzarse en su entorno, y su evaluación comparativa con los límites establecidos en la normativa vigente.

El cálculo se circunscribe al parque de 220 kV AIS del proyecto tipo según se observa en la figura 4.

2. NORMATIVA VIGENTE

El R.D. 337/2014 de 9 de mayo, recoge el "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión" (RAT). Este nuevo Reglamento limita los campos electromagnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión, remitiendo al R.D. 1066/2001.

El R.D. 1066/2001 de 28 de septiembre, por el que se aprueba el "Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a las emisiones radioeléctricas", adopta medidas de protección sanitaria de la población estableciendo unos límites de exposición del público a campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas acordes a las recomendaciones europeas. Para el campo magnético generado a la frecuencia industrial de 50 Hz, el límite establecido es de 100 microteslas (100 µT).

En el RAT, las limitaciones y justificaciones necesarias aparecen indicadas en las instrucciones técnicas complementarias siguientes:

1. ITC-RAT-14. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE INTERIOR. 4.7: Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.
2. ITC-RAT-15. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EXTERIOR. 3.15: Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.
3. ITC-RAT-20. ANTEPROYECTOS Y PROYECTOS. 3.2.1: Memoria.

En relación al campo magnético generado por los transformadores de potencia, se aplica la norma UNE-CLC/TR 50453 IN de noviembre de 2008, "Evaluación de los campos electromagnéticos alrededor de los transformadores de potencia".

Aunque la medida de campos magnéticos no es objeto del presente documento, a continuación se indican las normas aplicables a la misma:

1. Norma UNE 20833 de abril de 1997: "Medida de los campos eléctricos a frecuencia industrial".
2. Norma UNE-EN 62110 de mayo de 2013. "Campos eléctricos y magnéticos generados por sistemas de alimentación en corriente alterna. Procedimientos de medida de los niveles de exposición del público en general".
3. Norma UNE-EN 61786-1 de octubre de 2014. "Medición de campos magnéticos en corriente continua, campos eléctricos y magnéticos en corriente alterna de 1 Hz a 100 kHz. Parte 1: Requisitos para los instrumentos de medida".
4. Norma IEC 61786-2 de diciembre de 2014. "Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings. Part 2: Basic standard for measurements.

3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Para la elaboración del análisis del campo magnético, se ha desarrollado una aplicación que realiza la simulación y cálculo del campo magnético en los puntos deseados de la instalación y su entorno.

La aplicación desarrollada está realizada sobre Matlab/Octane. El cálculo está basado en un cálculo analítico (Biot y Savart de un segmento) realizado sobre el conjunto de conductores 3D de una subestación, discretizados a segmentos rectilíneos, y sobre un periodo de onda completo para obtener valores eficaces. Se tienen en cuenta los diferentes desfases entre fases o motivados por la presencia de un transformador. La misma metodología ha sido empleada con buenos resultados en otros estudios publicados [1],[2],[3].

A modo de validación de la aplicación se han calculado los ejemplos descritos en la Norma UNE-EN 62110, obteniéndose los mismos resultados que en dicha norma. El desarrollo de estos cálculos se recoge en el anexo a este documento.

El cálculo no tiene en cuenta el campo generado por los transformadores, sólo por los conductores. Esta simplificación no afecta de forma significativa a los resultados obtenidos según se indica en UNE-CLC/TR-50453. De igual forma, no se consideran los posibles apantallamientos debidos a pantallas de cables o envolventes de la aparamenta eléctrica, quedando el cálculo por el lado de la seguridad.

La entrada de datos de la aplicación es la topología en 3D del conjunto de conductores de la subestación, así como las corrientes que circulan por cada conductor. Las corrientes consideradas para el cálculo son las máximas previstas para cada posición (en especial de los transformadores) o tramo de ella, de forma que se obtiene el máximo campo magnético. El estado de carga máximo planteado es técnicamente posible de alcanzar, pero difícil que se produzca en realidad, y en todo caso durante un breve espacio de tiempo.

En ocasiones, debido a la topología de la instalación, no es posible determinar las corrientes por todos los tramos de las diferentes posiciones. Para estos casos se estiman las corrientes por dichos tramos que den lugar a los campos más desfavorables.

Los resultados obtenidos se presentan en los límites exteriores de la subestación accesibles por el público, considerándose para el cálculo una distancia de 0,2 m del vallado y a una altura de 1 m, según UNE-EN 62110. De igual forma, se facilita el cálculo del campo B en toda la superficie de la subestación a una altura de 1 m a efectos informativos.

4. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO

El parque de 220 kV AIS del proyecto tipo tiene las siguientes características:

Nivel de 220 kV.

- Tipo ..... Intemperie convencional
- Topología ..... Doble barra
- Posiciones de línea 4
- Posiciones de barras 2
- Posiciones de acoplo 1
- Superficie aprox. del parque ..... 14852 m^2

El estado de carga considerado consiste en considerar los dos transformadores 400/220 kV a potencia máxima y conectados a la barra 1. Las líneas se conectan a la barra 2, estando el acoplamiento cerrado, por tanto, por el acoplamiento pasa toda la potencia aportada por los transformadores. La línea 1 evacúa su potencia máxima y la línea 2 la restante hasta completar la aportada por los transformadores.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

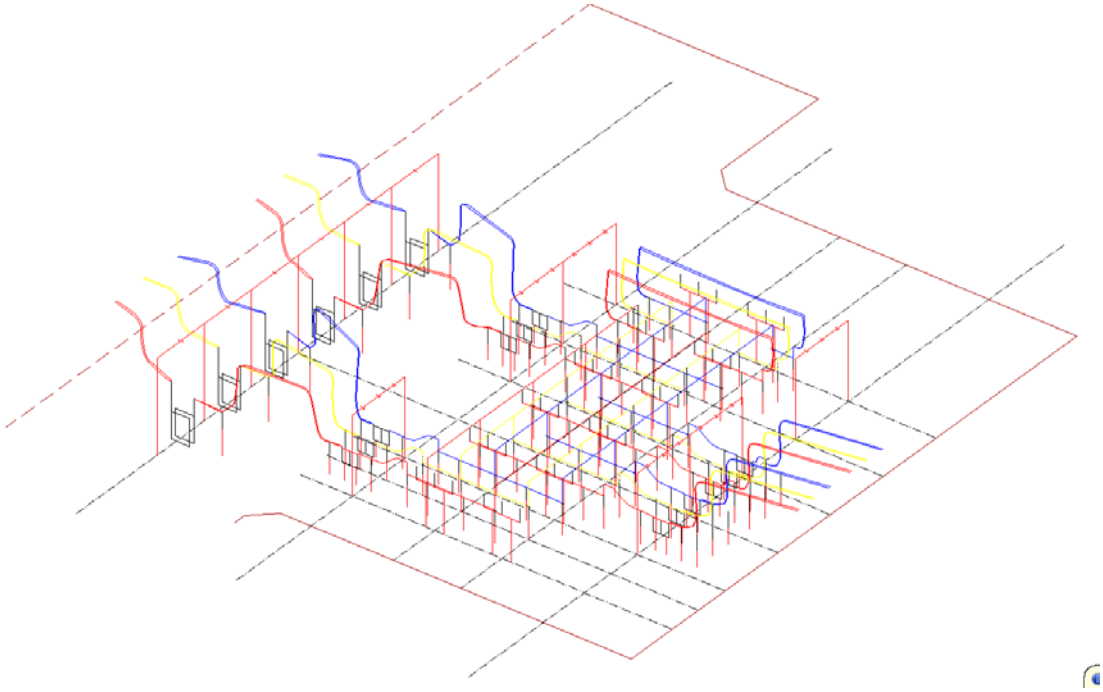


Fig 1: Modelo 3D de los cables de la instalación.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

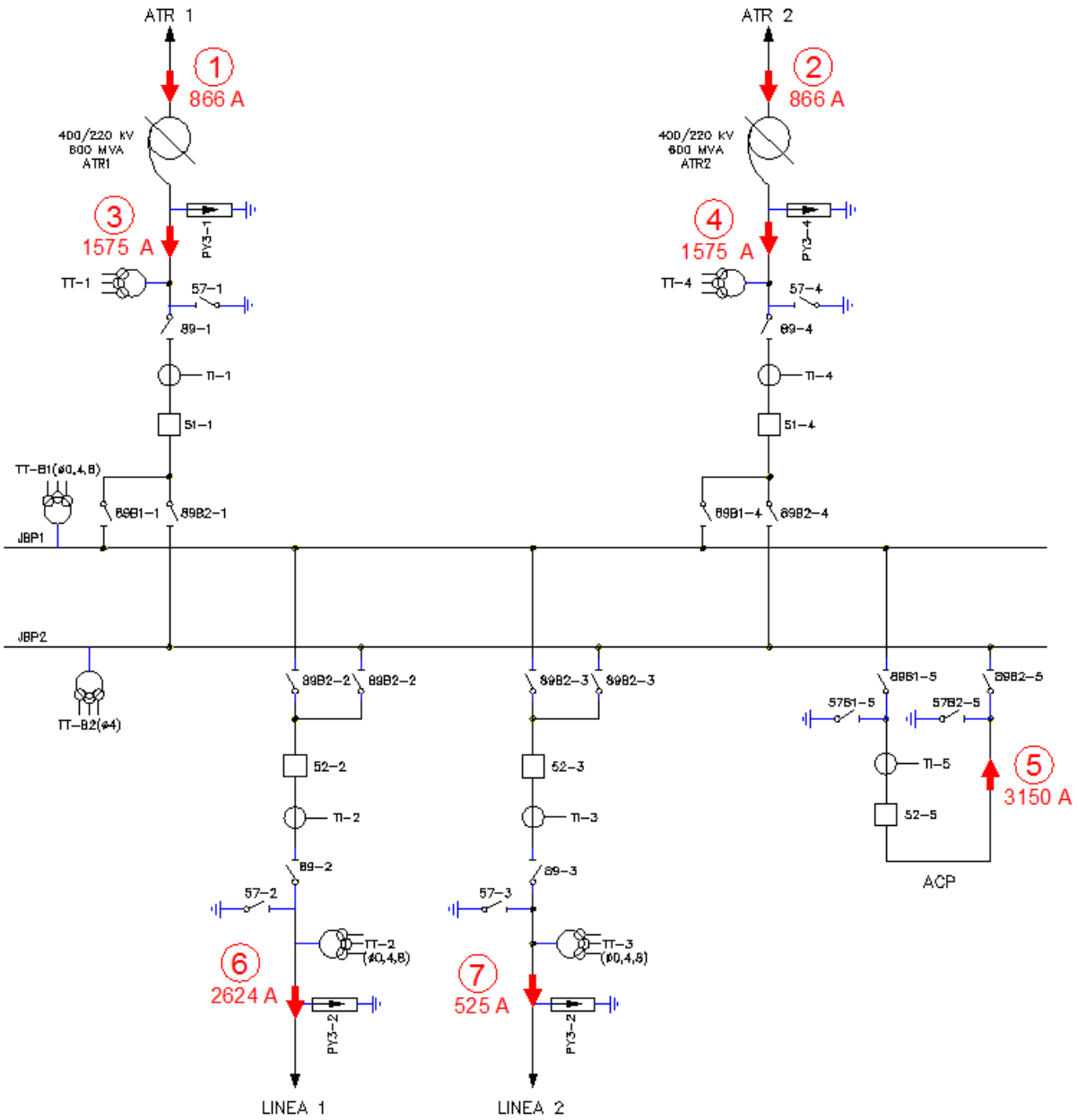


Fig 2: Unifilar con intensidades consideradas

Las intensidades consideradas para el cálculo del campo magnético son las siguientes:

POSICIÓN O TRAMO	REF.	INTENSIDAD (A)	FASE (º)	TIPO
TRAFO 1 400 kV	1	866 (2)	0	Trifásica equilibrada
TRAFO 2 400 kV	2	866 (2)	0	Trifásica equilibrada
TRAFO 1	3	1575 (2)	0	Trifásica equilibrada

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

TRAFO 2	4	1575 (2)	0	Trifásica equilibrada
UNIÓN DE BARRAS	5	3150	0	Trifásica equilibrada (1)
LÍNEA 1	6	2624 (1)	0	Trifásica equilibrada
LÍNEA 2	7	525	0	Trifásica equilibrada

(1) Intensidad correspondiente a la capacidad de transporte máxima de la línea, 1000 MVA.

(2) Intensidad correspondiente a la potencia máxima del transformador, 600 MVA.

El Real Decreto 1066/2001 aconseja tomar medidas que limiten las radiaciones de campo eléctrico y magnético. En el caso que nos ocupa, las distancias existentes entre los equipos eléctricos y el cierre de la instalación, permiten reducir los niveles de exposición al público en general por debajo de los límites establecidos en el Real Decreto.

No se han tenido en cuenta las aportaciones del parque adyacente de 400 kV, salvo el de los conductores representados en la figura 3.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

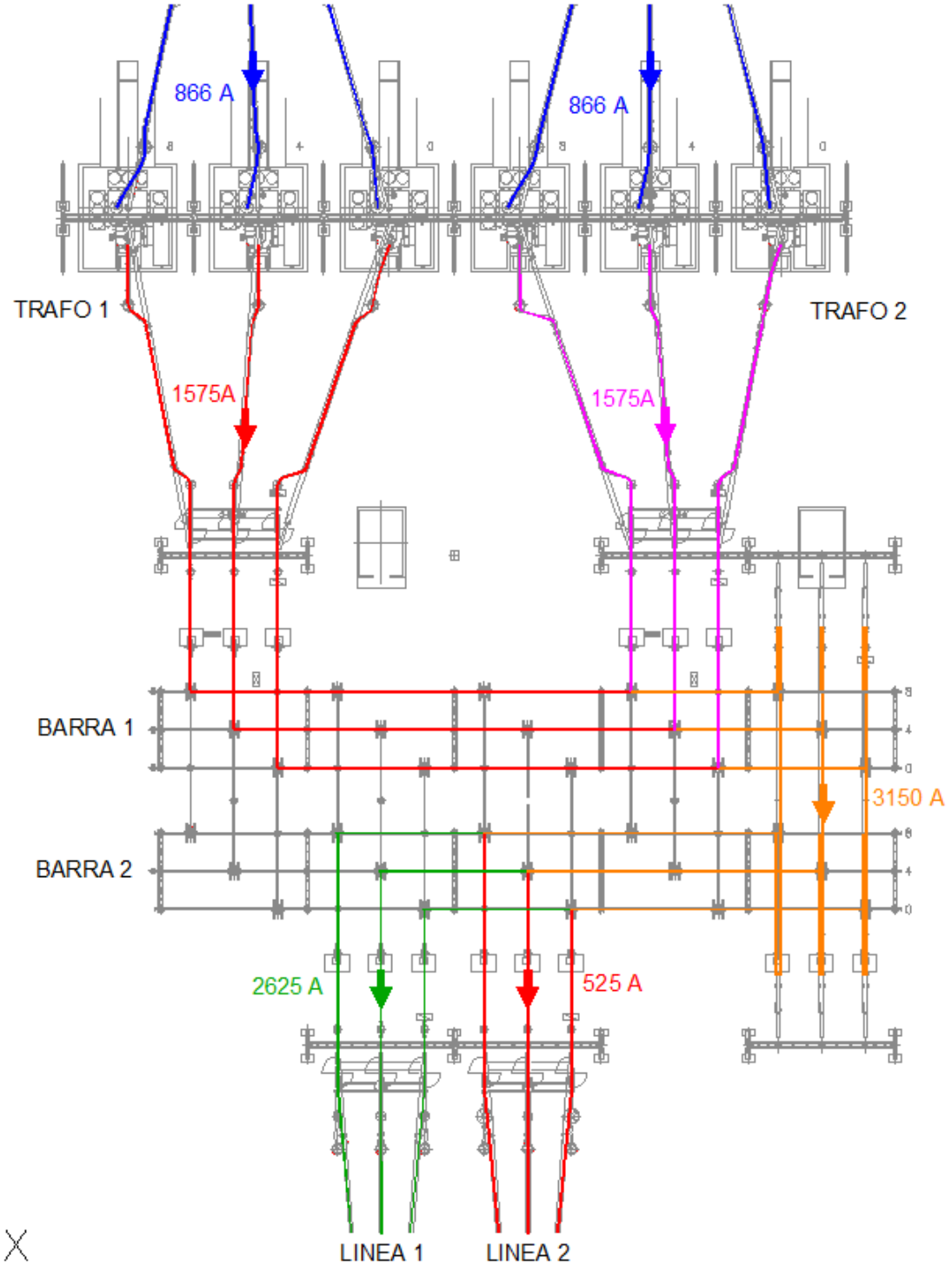


Fig 3: Intensidades estimadas para cálculo de campo magnético

Para la introducción de la topología del parque se ha partido de los planos de planta general del parque y cortes de las calles, así como la potencia de los transformadores y potencia máxima de las líneas.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

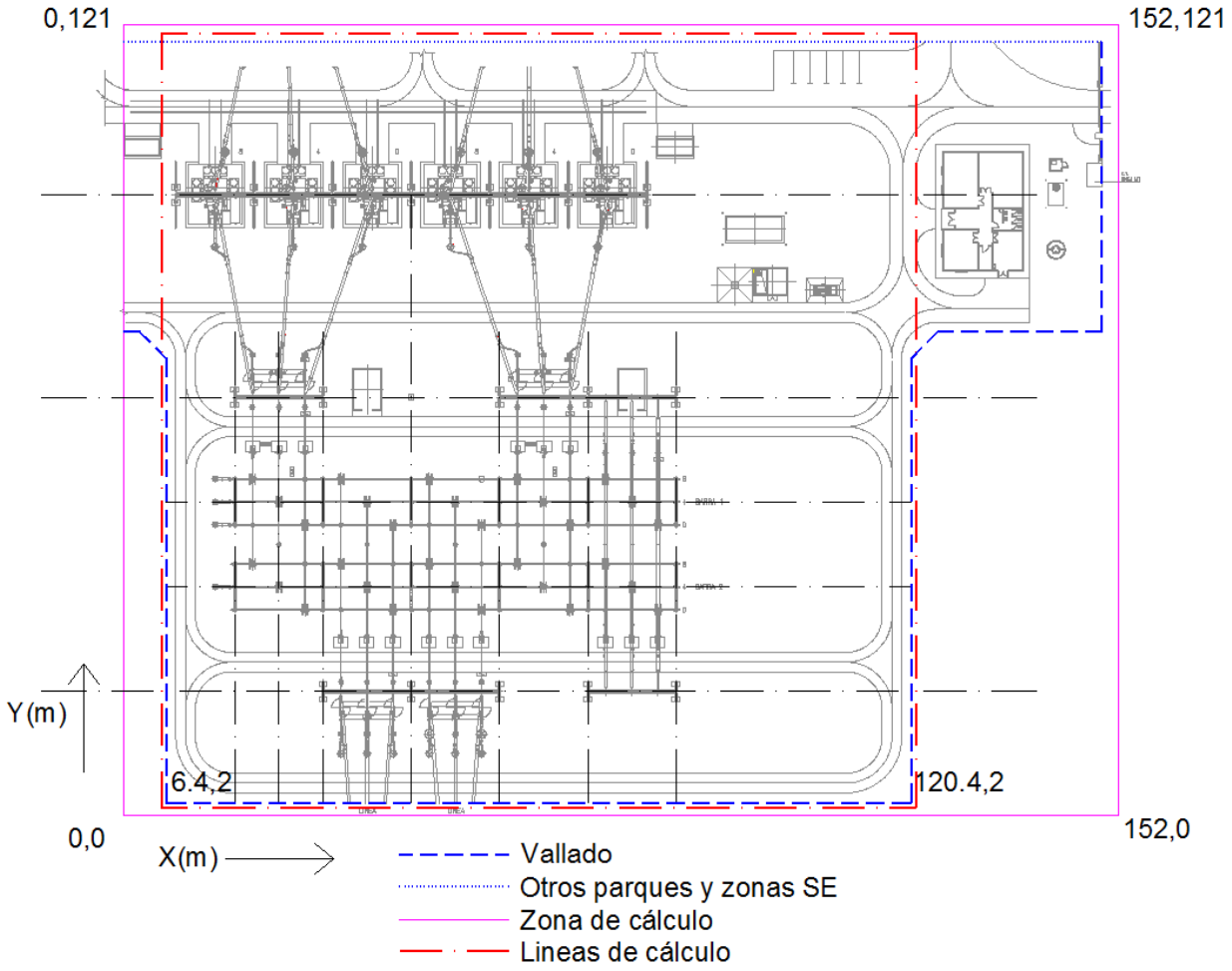


Fig 4: Vallado y zonas límite del cálculo

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

5. RESULTADOS

La simulación del campo magnético ha sido realizada con el estado de carga indicado anteriormente, estado de carga máximo realizable. Por tanto, los valores de campo magnético calculados y representados serán superiores a los que se producirán durante el funcionamiento habitual de la subestación.

Se ha obtenido el campo magnético en el parque de 220 kV, a 1 metro de altura del suelo. Los resultados obtenidos se representan tanto en el límite exterior del parque de 220 kV. (requerimiento reglamentario) como en el interior del mismo.

Debido a la irregularidad del vallado exterior, y a que los valores de campo magnético obtenidos están alejados de los límites reglamentarios, se ha considerado más adecuado presentar los resultados en las 4 líneas de cálculo representadas en la figura 4, aunque no coinciden en todo su recorrido con el vallado real del parque. En las zonas donde coincide el recorrido del vallado del parque con las líneas de cálculo, estas se sitúan en el exterior, a **0.2 m** del mismo.

Los valores más elevados de campo en el exterior se producen en la zona de entrada de las líneas de 220 kV, siendo de **18** µT.

Los resultados se incluyen en el plano "CAMPO MAGNÉTICO A 1 m. SOBRE EL SUELO".

En las figuras siguientes se representa, como resumen, el campo magnético en los puntos de intersección de una cuadrícula de 21 x 17, correspondiendo a un separación de 7.6 x 7.56 m. La resolución utilizada para el cálculo es de 0.2 m.

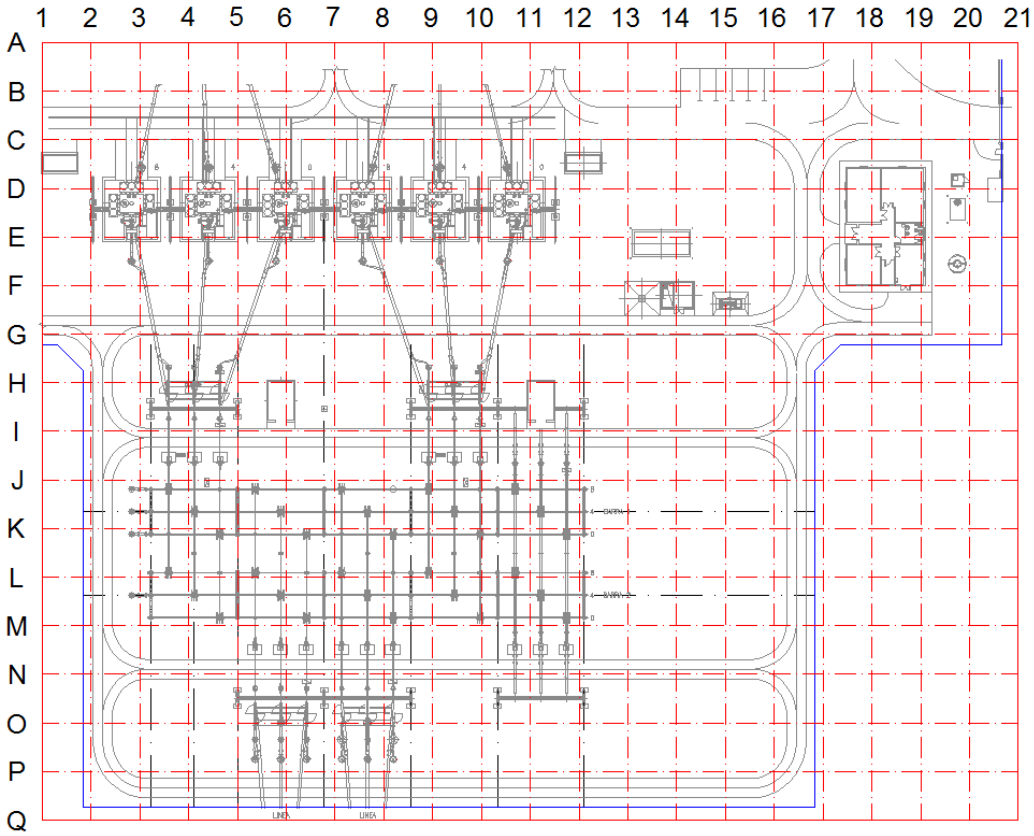


Fig 5: Cuadrícula para resumen de los resultados

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
A	0,97	1,58	2,36	2,87	2,70	2,05	1,88	2,52	2,94	2,66	1,90	1,16	0,69	0,44	0,32	0,26	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14
B	2,29	4,20	7,50	9,23	8,39	4,49	2,87	7,22	9,19	8,60	5,24	2,62	1,54	1,05	0,78	0,60	0,48	0,39	0,33	0,28	0,23
C	3,35	6,20	12,65	15,37	14,74	8,28	4,64	12,64	15,00	15,08	8,43	3,96	2,37	1,57	1,12	0,83	0,64	0,51	0,42	0,34	0,29
D	4,90	10,57	22,66	24,30	23,63	17,26	10,52	21,81	23,64	24,76	16,32	6,71	3,50	2,15	1,46	1,06	0,80	0,63	0,50	0,41	0,34
E	6,09	12,90	23,65	24,82	23,58	17,34	12,23	22,28	24,20	24,78	18,15	8,52	4,32	2,59	1,75	1,26	0,95	0,74	0,58	0,47	0,39
F	6,15	11,73	21,46	27,42	24,63	15,42	12,30	19,78	26,74	26,38	17,41	8,42	4,28	2,70	1,92	1,42	1,07	0,83	0,66	0,53	0,43
G	5,61	10,03	22,15	45,38	28,66	15,47	13,19	18,52	38,73	40,98	20,17	8,81	3,39	2,58	2,03	1,54	1,17	0,91	0,71	0,57	0,46
H	4,98	8,66	20,88	46,76	29,81	15,91	13,77	17,55	41,00	46,30	38,08	17,34	4,49	3,02	2,23	1,66	1,25	0,96	0,76	0,61	0,49
I	4,96	8,62	20,79	46,50	29,82	16,00	13,85	17,58	40,81	46,26	39,08	17,86	4,63	3,05	2,24	1,66	1,25	0,97	0,76	0,61	0,49
J	4,31	6,95	15,19	36,79	35,38	25,33	22,70	23,71	28,04	44,87	75,65	42,29	10,51	4,37	2,57	1,78	1,31	1,00	0,79	0,63	0,51
K	3,75	5,39	8,32	14,08	32,16	36,21	35,65	33,72	22,63	39,62	52,78	30,67	10,36	4,77	2,74	1,83	1,33	1,01	0,80	0,64	0,52
L	3,39	4,66	6,59	10,55	32,04	54,69	40,77	42,92	43,14	56,80	32,64	8,22	6,96	4,30	2,66	1,80	1,31	1,00	0,79	0,63	0,52
M	3,20	4,54	7,18	14,74	48,18	75,94	22,87	34,57	34,69	51,50	58,06	16,26	7,00	3,80	2,41	1,68	1,24	0,96	0,76	0,62	0,51
N	3,07	4,50	7,51	15,92	49,85	78,10	21,32	17,78	18,11	21,55	24,36	10,61	4,73	3,00	2,06	1,51	1,15	0,90	0,72	0,59	0,49
O	2,89	4,31	7,20	14,64	44,73	77,87	21,11	13,86	11,68	9,81	8,87	5,53	3,20	2,30	1,73	1,32	1,04	0,83	0,67	0,56	0,46
P	2,63	3,94	6,46	11,97	25,77	36,59	14,82	10,29	8,50	6,48	5,14	3,68	2,54	1,88	1,45	1,15	0,92	0,75	0,62	0,52	0,44
Q	2,27	3,36	5,40	9,15	13,99	14,85	11,15	8,17	6,37	4,75	3,58	2,67	2,00	1,54	1,22	0,98	0,81	0,67	0,56	0,47	0,40

Fig 6: Valores de campo magnético en microteslas en los puntos de intersección de la cuadrícula de la figura 5. Los valores recuadrados son los más cercanos al vallado del parque.

6. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

De acuerdo con el Resumen informativo elaborado por el Ministerio de Sanidad y Consumo con fecha 11 de Mayo de 2001, a partir del informe técnico realizado por un Comité pluridisciplinar de Expertos Independientes en el que se evaluó el riesgo de los campos electromagnéticos sobre la salud humana, se puede concretar que para los niveles de campo magnético que se generan en el parque de 220 kV AIS del proyecto tipo, no se ocasionan efectos adversos para la salud, ya que son unos niveles de radiación muy inferiores a las 100 µT., límite preventivo para el cual, se puede asegurar que no se ha identificado ningún mecanismo biológico que muestre una posible relación causal entre la exposición a estos niveles de campo electromagnético y el riesgo de padecer alguna enfermedad, en concordancia así mismo, con las conclusiones de la Recomendación del Consejo de Ministros de Salud de la Unión Europea (1999/519/CE), relativa a la exposición del público a campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz, cuya trascripción al ámbito nacional queda recogido en el Real Decreto 1066/2001 28 de Septiembre de 2001.

Estos niveles de campo magnético no son, por otra parte, exclusivos de subestaciones eléctricas, siendo habituales en otros ambientes, como oficinas, medios de locomoción o incluso en ambientes residenciales fruto de la evolución tecnológica de la sociedad.

7. CONCLUSIONES

Como conclusión de la simulación y cálculo realizado del campo magnético generado por la actividad del parque de 220 kV AIS del proyecto tipo, en las condiciones más desfavorables de funcionamiento (hipótesis de carga máxima realizable), se obtiene que los valores de radiación emitidos están muy por debajo de los valores límite recomendados, esto es, 100 µT para el campo magnético a la frecuencia de la red, 50Hz.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875. Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ

8. REFERENCIAS

[1] C. Munteanu, Ioan T. Pop, V. Topa, C. Hangea, T. Gutiu, S. Lup "Study of the Magnetic Field Distribution inside Very High Voltage Substations" 2012 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE 2012) IEEE.

[2] C. Munteanu, C. Diaconu, I. T. Pop, and V. Topa "Electric and Magnetic Field Distribution Inside High Voltage Power Stations from Romanian Power Grid" International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion. IEEE.

[3] G. Visan, I. T. Pop and C. Munteanu "Electric and Magnetic Field Distribution in Substations belonging to Transelectrica TSO" 2009 IEEE Bucharest Power Tech Conference.

Madrid,Marzo de 2021

El Ingeniero industrial

Luis Cabezón López

Jefe del Departamento de Ingeniería de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202101465. Fecha Visado: 30/04/2021. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 7462875.
Nº Colegiado: 12864. Colegiado: LUIS CABEZON LOPEZ