



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE BURGOS Y PALENCIA

RESUMEN DE FIRMAS DEL DOCUMENTO

COLEGIADO01

ROMERO SENDINO
ENRIQUE - 50860571G

Firmado digitalmente por ROMERO SENDINO ENRIQUE - 50860571G
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES,
serialNumber=IDCES-50860571G, givenName=ENRIQUE, sn=ROMERO
SENDINO, cn=ROMERO SENDINO ENRIQUE - 50860571G
Fecha: 2024.08.27 13:26:48 +02'00'

COLEGIADO02

COLEGIADO03

COLEGIO

COLEGIO

OTROS

OTROS



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE BURGOS Y PALENCIA

HOJA DE SOLICITUD DE VISADO

EL (LOS) INGENIERO(S) AUTOR(ES) DEL TRABAJO:

D. /D ^a .	Enrique Romero Sendino		
Colegio al que pertenece:	COII de Burgos	Nº colegiado	1329
NIF	50860571G	correo-e	eromero@solida.com.es
Telf./Fax	649858636		
En este trabajo actúa: ☐ Ejercicio libre ☒ Sociedad de ingeniería ☐ Asalariado empresa ingeniería ☐ Empresa titular del proyecto			
D. /D ^a .			
Colegio al que pertenece:		Nº colegiado	
NIF		correo-e	
Telf./Fax			
En este trabajo actúa: ☐ Ejercicio libre ☐ Sociedad de ingeniería ☐ Asalariado empresa ingeniería ☐ Empresa titular del proyecto			
D. /D ^a .			
Colegio al que pertenece:		Nº colegiado	
NIF		correo-e	
Telf./Fax			
En este trabajo actúa: ☐ Ejercicio libre ☒ Sociedad de ingeniería ☐ Asalariado empresa ingeniería ☐ Empresa titular del proyecto			

Solicita el cobro de honorarios a través del Colegio ☐ SI ☐ NO

Rellenar si no ha señalado la opción de Ejercicio libre:

Nombre de la empresa o ingeniería	Sólida Energías Renovables S.L.		
Dirección:	Calle Musgo Nº 2, 1º C		
Localidad:	Madrid		
CIF:	B85294437	correo-e	solida@solida.com.es
Telf./Fax	914 855 316		

¿Visa como Ingeniero Socio de una Sociedad Profesional de Ingeniería?: ☒ SI ☐ NO

DATOS DEL TRABAJO:

Título del trabajo:	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol
Titular:	ALFANAR ENERGÍA ESPAÑA S.L.U.
Emplazamiento:	Término municipal de Berninches, Guadalajara, Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha
Organismo de destino	Delegación del Gobierno de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha

¿Es un reconocimiento de firma? ☐ SI ☒ NO

¿Existen antecedentes? ☒ SI ☐ NO

Nº Visado de antecedente: BU2300467

TIPO DE DOCUMENTO	TIPO DE TRABAJO	VALOR Y UNIDAD
Anexo que no suponga variación del parámetro de cálculo	Subestaciones	4.201.393,30 €

Seleccionar el o los códigos de los tipos de documento y/o trabajos presentados, indicando el valor de las características de los mismos. Indicar, si existe, el Presupuesto de Ejecución Material en el recuadro siguiente.

Presupuesto de Ejecución Material	4.201.393,30 €
-----------------------------------	----------------

OBSERVACIONES

--

Madrid, a 27 de Agosto de 2024

VISADO	El (Los) Ingeniero(s) Industrial(es)	Sello de la ingeniería o empresa	Titular

En el caso de que el trabajo reseñado no estuviera sometido a visado obligatorio, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 13 de la Ley 2/1974 de Colegios profesionales, el colegiado hace constar que ha obtenido el consentimiento previo de su cliente para proceder al visado

En cumplimiento de lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal le informamos que estos datos se incorporan a un fichero de titularidad del Colegio que tiene por finalidad la prestación de servicios, consintiendo que estos datos sean tratados con fines de desarrollo de actividades propias del Colegio. Este documento le informa que tiene reconocidos los derechos de acceso, rectificación o cancelación, que podrá ejercer gratuitamente personándose en el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Burgos y Palencia (Sede Burgos: C/ Madrid 17, 09002 BURGOS) (Sede Palencia: Pº San José 6 Duplicado 34004 PALENCIA).

		TIPO DE DOCUMENTO	UNIDAD	VALOR
	A	Asunción de dirección técnica		
	AAI	Autorización ambiental integrada		
	AAP	Acta de aprobación del plan de seguridad y salud		
	ACS	Asunción de coordinador de seguridad y salud		
	BRTD	Boletín de reconocimiento de líneas eléctricas de transporte y distribución		
	C	Certificado diverso.		
	CCP	Certificado de construcción o pruebas de aparatos a presión en serie		
	CCR	Certificado de características de vehículos (fichas técnicas)		
	CFO	Certificado necesario para llevar a efecto la dirección técnica, (incluido el certificado final de obra)		
	CFR	Certificado para ferias		
	CIF	Certificado de instalaciones frigoríficas (C.I.F.)		
	CITP	Certificado de instalaciones temporales		
	CPFN	Certificado de pruebas de fonometría		
	CPGS	Certificado de pruebas de aparatos de gas en serie		
	CPGU	Certificado de pruebas de aparatos de gas de tipo único		
	CPR	Certificado de construcción o pruebas de aparatos a presión de tipo único		
	CRI	Certificado o proyecto de registro industrial		
	D	Dictamen		
	DVA	Declaración de vertido de aguas residuales		
	EBSI	Estudio básico de seguridad y salud (realizado por ingeniero/a autor/a del proyecto)		
	EBSO	Estudio básico de seguridad y salud (realizado por ingeniero/a diferente al autor del proyecto)		
	ECT	Estudio de carga térmica (sin presupuesto)		
	ED	Estudio de detalle		
	EIAN	Estudio de impacto ambiental que no incluye medidas correctoras		
	EIAC	Estudio de impacto ambiental que incluye medidas correctoras		
	EP	Estudio previo		
	ESS	Estudio de Seguridad y Salud	€	82.489,05
	ETAG	Estudio sobre tarifas de aguas		
	F	Hoja de encargo		
	HD	Homologación no incluida en ninguno de los apartados específicos		
	HH	Homologación de productos ligeros prefabricados de hormigón		
	HU	Homologación de aparatos de tipo único		
	I	Informe		
	ITE	Inspección Técnica de Edificios		
	LE	Libro del edificio		
	LT1	Levantamiento topográfico		
	LT2	Levantamiento topográfico que se presente junto con el proyecto		
	MCE	Memoria de Cálculo de Estructuras de Edificación		
	MV	Memoria valorada		
	O	Copia		
	OD	Otros Documentos		
	P	Proyecto		
	PAUO	Programa de actuación urbanística para uso no residencial		
	PAUR	Programa de actuación urbanística para uso residencial.		
	PB	Proyecto básico		
	PCA	Proyecto para concursos de las administraciones		
	PCUO	Proyecto de compensación para uso no residencial	Hm ²	
	PCUR	Proyecto de compensación para uso residencial	Hm ²	
	PDP	Proyecto de delimitación de polígonos	Hm ²	
	PDSU	Proyecto de delimitación de suelo urbano)	Hm ²	
	PEM1	Plan de emergencia (Sup.< 500 m ²)		
	PEM2	Plan de emergencia (Sup ≥ 500 m ²)		
	PER	Peritación		
	PERI	Plan especial de reforma interior		
	PPAR	Plan parcial		
	PR	Proyecto reformado		
	PRC	Parcelación		
	PRD	Plan de ordenación		
	R	Renuncia de dirección técnica		
	RCS	Renuncia de coordinador de seguridad y salud		
	SCC	Solicitud de certificado de compatibilidad urbanística		
	SPI	Separata (cuyas CDV se hayan liquidado en el proyecto global)		
	SPN	Separata (cuyas CDV no se hayan liquidado en el proyecto global)		
	V	Anteproyecto		
	VL	Valoración		
	X	Anexo que no suponga variación del parámetro de cálculo		

	TIPO DE TRABAJO	UNIDAD	VALOR
AE	APARATOS ELEVADORES		
AEG	Grúas de obra	-	
AER	Reforma de ascensores	-	
AEV	Diversos aparatos elevadores	€	
AG	APARATOS A GAS		
AGG	Secaderos y generadores de vapor	N m³/h	
AGH	Hornos	N m³/h	
AGM	Motores a gas	N m³/h	
AGT	Turbinas a gas y atomizadores	N m³/h	
AGV	Aparatos de gas – Diversos	€	
CN	CONSTRUCCIÓN – OBRA CIVIL		
CNA	Vertederos	€	
CND	Derribos de edificios	m²	
CNN1	Edificios (industrial, almacenes y similares) ≤ 15 m Luz	m² (construido)	
CNN2	Edificios (industrial, almacenes y similares) 15 m < Luz ≤ 30 m	m² (construido)	
CNN3	Edificios (industrial, almacenes y similares) > 30 m Luz o > 12 m de altura	m² (construido)	
CNO	Otros edificios y oficinas de Edificios	m² (construido)	
CNR	Reforma de locales	€	
CNT	Estructuras	m² (superficie)	
CNU	Urbanizaciones	m²	
CNV	Diversos construcción y obra civil	€	
CNVP	Vallas publicitarias	-	
DV	OTROS		
DVCM	Diseño y construcción de maquinaria	€	
DVH	Homologación	-	
DVMP	Maquinaria no proyectada	€	
DVO	Diversos otros	€	
DVPG	Homologación de aparatos a presión de tipo único o en serie	-	
EL	ELECTRICIDAD		
ELBE	Instalaciones de enlace en Edificios de Viviendas.	Vivienda o local	
ELBES	Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión en Edificios Especiales.	KW	
ELBI	B.T. industria y aparcamientos	KW	
ELBL	B.T. locales y oficinas	KW (e)	
ELBT	Línea B.T	m (de línea)	
ELBVB	Instalación B.T. interior de vivienda en electrificación básica.	Vivienda	
ELBVE	Instalación B.T. interior de vivienda en electrificación elevada	Vivienda	
ELC	Centrales de producción de energía eléctrica	€	
ELCP	C.T. (cambio potencia)	KVA	
ELCT1	C.T (nuevo)	≤630 KVA	
ELCT2		>630 KVA	
ELGE	Grupos Electrógenos.	kVA	
ELFF	Instalaciones fotovoltaicas fijas	KW(pico)	
ELFS	Instalaciones fotovoltaicas con seguimiento solar	KW(pico)	
ELL1	Línea aérea A.T. de 1ª categoría > 66 kV	m (de línea)	
ELL2	Línea aérea A.T. de 2ª y 3ª categoría ≤ 66 kV	m (de línea)	
ELP	Alumbrado público	KW (e)	
ELPC	Plantas de cogeneración	KVA	
ELPH	Parques eólicos	KW	
ELPO	Alumbrado público ornamental	KW (e)	
ELS1	Línea subterránea A.T. de 1ª categoría > 66 kV	m (de línea)	
ELS2	Línea subterránea A.T. de 2ª y 3ª categoría ≤ 66 kV	m (de línea)	
ELSB	Subestaciones	€	4.201.393,30
ELTC	Instalaciones Termosolares mediante cilindro parabólico	KW	
ELV	Diversos electricidad	€	
IN	INSTALACIONES		
INA	Aire comprimido	KW (e)	
INAC	Climatización / Aire acondicionado	KW(t)	
INAI	Agua industria	€	
INCO	Instalaciones contra incendios para uso no residencial.	€	
INCR	Instalaciones contra incendios para uso residencial	Viv/Hab/Apart	
INCA	Captación y abastecimiento de aguas	€	
INCC	Instalaciones de Calefacción y ACS con caldera central	KW	
INCCI	Instalaciones de Calefacción y ACS con caldera individual	KW	
INCI	Instalaciones de calor industrial	KW(t)	
INER	Estaciones de regulación y medida, en redes de distribución de gas	€	
INES	Estaciones de servicio	€	
INEX	Extracción de minerales	€	
INFI	Instalaciones de frío industrial	KW (arrastre)	

	TIPO DE TRABAJO	UNIDAD	VALOR
INGI	Gas industria	N m ³ /h	
INGN	Gas locales no industriales	€	
INGV	Gas viviendas	Vivienda	
INH	Agua hoteles	Habitación	
INII	Instalaciones Industriales Singulares	€	
INRA	Redes de distribución de agua	m	
INRG	Redes de distribución de gas	m	
INS	Saneamiento	m	
INST	Instalaciones Solares Térmicas	m ²	
INTP	Instalaciones temporales (carpas, gradas, sonido, ...)	-	
INV	Diversos instalaciones	€	
INVG	Instalación de Ventilación en Garajes	m ²	
INV1	Agua viviendas	viv<25	
INV2		25≤viv≤40	
INV3		41≤viv≤100	
INV4		viv>100	
LA	ACTIVIDADES		
LAI	Actividades industriales	m ²	
LAN	Actividades no industriales	m ²	
LAV	Diversos actividades	€	
MG	ALMACENAMIENTO		
MGP	Depósitos (a presión)	m ³	
MGT	Depósitos (atmosféricos)	m ³	
MGV	Diversos almacenamiento	€	
RV	VEHÍCULOS		
RVR	Reforma de vehículos	-	
RVV	Diversos vehículos	€	
TE	TELECOMUNICACIONES		
TEC	Centrales de telemando y telecontrol	€	
TEE	Estaciones base de telefonía móvil, nuevas	Unidad	
TEI	Instalación de estaciones repetidoras de telefonía en edificios	Unidad	
TERV	Redes de telecomunicaciones en viviendas (I.C.T.)	Vivienda	
TERO	Redes de telecomunicaciones en otros edificios (I.C.T.)	Punto	
TERD	Red de distribución de señal	m (línea)	
TEV	Diversos telecomunicaciones	€	
UR	URBANISMO		
URP	Planificación urbanística	h m ²	
URV	Diversos urbanismo	€	



Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción

Subestación Haza del Sol

Agosto 2024 v01



Documento I: Memoria

Anexo I: Servicios Auxiliares

Anexo II: Cálculos Justificativos

Anexo III: Estudio de Gestión de Residuos

Anexo IV: Plan de Desmantelamiento

Documento II: Presupuesto

Documento III: Planos

Madrid, agosto de 2024

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Enrique Romero Sendino', with a horizontal line extending to the left.

Enrique Romero Sendino

Ingeniero Industrial

Colegiado en Burgos nº 1329



Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción

Subestación Haza del Sol

Agosto 2024 v02

Documento I: Memoria



	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

VERSIÓN	CREADO	REVISADO	FECHA	COMENTARIOS
01	D.J.S.Y.	E.R.S.	23/08/2024	Edición inicial
02	D.J.S.Y.	E.R.S.	26/08/2024	Comentarios cliente

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

Contenido

1.	JUSTIFICACIÓN DE LA ADENDA	8
2.	ANTECEDENTES	9
3.	OBJETO	10
4.	DATOS DEL PROMOTOR DEL PROYECTO	12
5.	EMPLAZAMIENTO	13
6.	MODIFICACIONES AL PROYECTO INCLUIDAS EN LA PRESENTE ADENDA	14
7.	NORMATIVA	17
8.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN	20
9.	DESCRIPCIÓN ESQUEMA UNIFILAR	21
9.1	Sistema de 220 kV	22
9.1.1	Aparellaje	22
9.2	Transformador de potencia	22
9.3	Sistema de 30 kV	23
9.3.1	Aparellaje	23
9.3.2	Transformadores de servicios auxiliares	25
9.3.3	Reactancia de neutro	25
9.4	Instalaciones auxiliares	26

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

9.5	Otras instalaciones.....	26
-----	--------------------------	----

10. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS GENERALES 27

10.1	Aislamiento.....	27
10.2	Distancias mínimas.....	27
10.2.1	Distancia fase-tierra y entre fases. Sistema de 220 kV.....	28
10.2.2	Distancia fase-tierra y entre fases. Sistema de 30 kV.....	30

11. TRANSFORMADOR DE POTENCIA 31

11.1	Transformador de potencia para la evacuación de la P.S. Haza del Sol.	31
11.1.1	Características constructivas	31
11.1.2	Ensayos dieléctricos	31
11.1.3	Regulador de tensión.....	32
11.1.4	Refrigeración.....	32
11.1.5	Transformadores de intensidad	32
11.1.6	Protecciones	32

12. INTERRUPTORES 34

13. SECCIONADORES 35

13.1	Seccionadores de 220 kV.....	35
13.2	Seccionadores con puesta a tierra de 220 kV.....	36
13.3	Seccionadores de 30 kV (intemperie).....	37

14. TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD 38

14.1	Transformadores de intensidad posición de transformador 220 kV	38
14.2	Transformadores de intensidad posición de línea 220 kV – SET Alcalá II Colectora.....	39

15. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN 40

15.1	Transformadores de tensión inductivos instalados en barras de 220 kV	40
15.2	Transformadores de tensión inductivos instalados en la posición de línea 220 kV – SET Alcalá II Colectora	41

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

16. CELDAS DE 30 kV	42
16.1 Aparellaje	44
16.2 Características del aparellaje	46
16.2.1 Interruptor	46
16.2.2 Transformadores de intensidad	46
16.2.3 Transformadores de tensión	48
16.2.4 Seccionadores de puesta a tierra.....	48
17. REACTANCIA DE PUESTA A TIERRA	49
18. AUTOVÁLVULAS	50
18.1 Tensión 220 kV	50
18.2 Tensión 30 kV	50
19. EMBARRADOS	51
19.1 Embarrado en 220 kV	51
19.2 Conexiones en 220 kV	51
19.3 Conexiones en 30 kV.....	51
19.4 Piezas de conexión.....	52
19.5 Aisladores soporte de 220 kV	52
19.6 Aisladores soporte de 30 kV	53
20. ESTRUCTURA METÁLICA	54
20.1 Estructura metálica en 220 kV.....	54
20.1.1 Posición de línea	54
20.1.2 Posiciones de transformador	55
20.1.3 Posición de embarrado principal	55
20.2 Estructura metálica en 30 kV.....	55
21. SERVICIOS AUXILIARES	56
21.1 Servicios auxiliares de corriente alterna (C.A.)	56
21.2 Servicios auxiliares de corriente continua (C.C.)	57
21.3 Protecciones CC y CA	57

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

22. CUADROS DE PROTECCIONES Y CONTROL	58
22.1 Unidades de control.....	58
22.2 Armarios de control y protecciones.	58
22.2.1 Protecciones de línea de 220 kV	58
22.2.2 Protecciones de embarrado principal 220 kV	59
22.2.3 Protecciones de transformador	59
22.2.4 Protecciones de las reactancias de p.a.t.	59
22.2.5 Protecciones de las celdas de 30 kV	60
23. MEDIDA	61
23.1 Medida de Energía.....	61
23.2 Resto de medidas	61
24. TELECONTROL Y COMUNICACIONES	62
25. ALUMBRADO	63
25.1 Alumbrado exterior.....	63
25.2 Alumbrado interior	63
25.3 Alumbrado de emergencia	64
26. SISTEMAS COMPLEMENTARIOS DE LA SUBESTACIÓN	65
27. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	66
27.1 Red de tierras inferiores.....	66
27.2 Red de tierras aéreas	67
28. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA	68
29. OBRA CIVIL	69
29.1 Explanación y acondicionamiento del terreno.....	69
29.2 Cerramiento perimetral.....	69
29.3 Accesos y viales interiores.....	69

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

29.4	Edificio	70
29.5	Bancada de transformador y depósito de aceite.....	71
29.6	Cimentaciones	71
29.7	Canalizaciones eléctricas	71
29.8	Drenaje de aguas pluviales	72
29.9	Terminado de la subestación	72

30. PLANIFICACIÓN
73

ANEXOS

ANEXO I: SERVICIOS AUXILIARES

ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ANEXO III: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

ANEXO IV: PLAN DE DESMANTELAMIENTO

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

1. JUSTIFICACIÓN DE LA ADENDA

Se redacta la presente adenda al proyecto para Autorización Administrativa de Construcción "Subestación Haza del Sol", ubicado en el término municipal de Berninches, provincia de Guadalajara, comunidad autónoma de Castilla – La Mancha, con el objetivo de incluir las modificaciones concurridas tras analizar el informe recibido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

Es importante destacar que las modificaciones que se incluyen en la presente adenda no van a producir ocupación alguna de nuevas superficies o parcelas.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

2. ANTECEDENTES

A continuación, se resume el estado actual de tramitación de las plantas de generación renovable que evacúan en la subestación objeto del presente proyecto, en los diferentes organismos competentes, en lo que respecta a la fase de autorización, licencias y concesiones necesarias para la construcción y puesta en funcionamiento de dicha planta.

- Con fecha de agosto de 2020, se emite Informe de Viabilidad de Acceso coordinado a la red de transporte para generación renovable en la subestación Alcalá II 220 kV (actual Complutum 220 kV) propiedad de REE.
- Con fecha de marzo de 2023 se obtiene Declaración de Impacto Ambiental Favorable.
- Con fecha de junio 2023 se obtiene la Autorización Administrativa Previa.
- Con fecha 19 de octubre de 2023, se visa el Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol, con número de visado BU2300467.
- Con fecha 7 de septiembre de 2023 ha tenido entrada en el Área Funcional la solicitud de modificación de la Autorización Administrativa Previa y Autorización Administrativa de Construcción del proyecto Planta fotovoltaica “FV HAZA DEL SOL”, de 150 MW de potencia instalada y sus infraestructuras de evacuación en las provincias de Guadalajara y Madrid promovido por ALFANAR ENERGÍA ESPAÑA, S.L.U., Expte. PFot-492.
- Con fecha 10 de diciembre de 2023, se visa el Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol, con número de visado BU2300467.

Durante el periodo de información pública se recibieron informes por parte de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible para la modificación de Autorización Administrativa Previa y Autorización Administrativa de Construcción del proyecto Parque fotovoltaico Haza del Sol de 150 MW y su infraestructura de evacuación asociada, en las provincias de Guadalajara y Madrid.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

3. OBJETO

Con fecha 18 de marzo de 2024, se recibe en cumplimiento del artículo 127 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, del Área Funcional de Industria y Energía de la Delegación de Gobierno en Madrid, comunicación en la que se reporta el informe remitido por la Subdirección General de Planificación y Explotación de la Dirección General de Carreteras del Ministerio De Transportes y Movilidad Sostenible, en el que se indica lo siguiente:

“Ubicarse la Subestación Haza del Sol por delante de la línea límite de edificación del ramal de conexión entre la N-320 y la carretera autonómica CM-2013 que según el artículo 33.2 de la Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de Carreteras, se encuentra a una distancia 50 metros medidos desde la arista exterior de la calzada, contraviniendo el artículo 33.1 de la citada Ley.

Según los planos aportados por el interesado, la Subestación se sitúa erróneamente a 25 metros de la arista exterior de la explanación, es decir fuera de la zona de servidumbre, pero quedando a unos 37,5 metros de la arista exterior de la calzada y, por lo tanto, dentro de la línea límite de edificación. Deberá alejarse hasta cumplir con los 50 m respecto a la arista exterior de la calzada, establecidos en la normativa.”

A este respecto, a continuación, se muestra a modo explicativo, en la Ilustración 1 la ubicación del proyecto de la SET Haza del Sol, así como la línea límite de edificación del ramal de conexión entre la N-320 y la carretera autonómica CM-2013 que se ubica a una distancia de 50 metros medidos desde la arista exterior de la calzada.

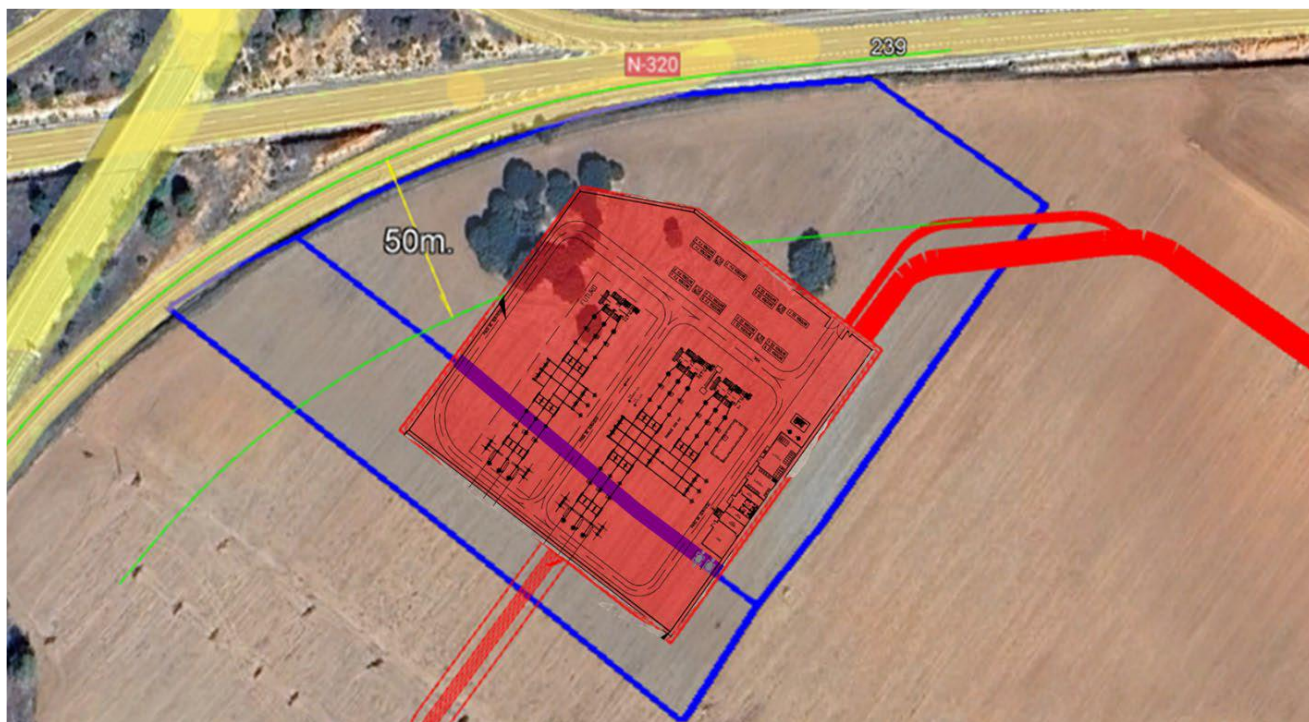


Ilustración 1 Configuración inicial SET Haza del Sol

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

La SET Haza del Sol, inicialmente estaba dotada de las instalaciones que a continuación se describen:

El sistema de 220 kV de la subestación consistía en dos sistemas en configuración simple barra independientes uno del otro, como se describe a continuación:

- Un (1) sistema simple barra que permite evacuar las instalaciones con permisos de Acceso y Conexón al nudo de la Red de Transporte Alcalá II 220 kV (actual Complutum 220 kV), con las siguientes posiciones:
 - Una (1) posición de transformador que permitirá evacuar la potencia generada por la Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol.
 - Una (1) posición de transformador que permitirá evacuar la potencia generada por el Parque Eólico El Mochal.
 - Una (1) posición de línea que interconectará dicha subestación Haza del Sol con la Subestación Alcalá II Colectora 220 kV.
- Un (1) sistema simple barra que permite evacuar las instalaciones con permisos de Acceso y Conexón al nudo de la Red de Transporte Daganzo 220 kV, con las siguientes posiciones:
 - Una (1) posición de transformador que permitirá evacuar la potencia generada por la Planta Solar Fotovoltaica Olmazo y la Planta Solar Fotovoltaica El Parral.
 - Una (1) posición de línea que interconectará dicha subestación Haza del Sol con la Subestación Daganzo Promotores 220kV.

NOTA: este sistema aparecía en el presente expediente y proyecto de la Subestación Haza del Sol como una ampliación de tramitación futura, tramitándose su instalación en el expediente correspondiente al proyecto de la instalación fotovoltaica El Parral, Expte. PFot-716. Por lo tanto, no forma parte del proyecto ni de la presente adenda.

Adicionalmente, la SET Haza del Sol contaba inicialmente con la instalación de sistemas de almacenamiento, compuestos por baterías de ion-litio, en bancadas propias en el campo intemperie de la subestación.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

4. DATOS DEL PROMOTOR DEL PROYECTO

El titular y a la vez promotor del proyecto de la Subestación Haza del Sol es la sociedad ALFANAR ENERGÍA ESPAÑA S.L.U.

A continuación, se resumen los datos principales del promotor:

Tabla 1. Datos del promotor

Promotor	NIF	Domicilio Social
ALFANAR ENERGÍA ESPAÑA S.L.U.	B-87910394	C/ Velázquez 34, 2º piso, 28001 Madrid.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

5. EMPLAZAMIENTO

La subestación estará situada en el término municipal de Berninches, provincia de Guadalajara, comunidad autónoma de Castilla-La Mancha. El cerramiento de la subestación se ubicará en las siguientes coordenadas en el sistema UTM ETRS89 H30:

Tabla 2. *Coordenadas del cerramiento de la subestación*

	X (m)	Y (m)
A	512.394	4.489.223
B	512.429	4.489.228
C	512.463	4.489.203
D	512.404	4.489.124
E	512.350	4.489.165

Las parcelas afectadas por el emplazamiento de la subestación son:

Tabla 3. *Parcelas afectadas por el emplazamiento de la subestación*

Polígono	Parcela	Referencia catastral	Término municipal
4	31	19062A004000310000LT	Berninches
4	32	19062A004000320000LF	Berninches

Su situación geográfica se indica en el plano “Localización y Emplazamiento” del documento Planos, incluido en el presente proyecto.

El acceso a la subestación se realizará desde la vía de comunicación de dominio público con referencias catastrales 19062A004090060000LZ y 19062A005090130000LE, denominado Camino del Berral.

Las entradas de los circuitos de media tensión (30 kV) procedentes de las instalaciones de generación renovable se realizarán subterráneamente, así como también la salida de línea de 220 kV de la subestación.

Todos los elementos de la subestación se ubicarán en un recinto vallado de dimensiones adecuadas, en su interior se situará la aparamenta de intemperie propia de la subestación, se dispondrá de un edificio de control, protección y operación.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

6. MODIFICACIONES AL PROYECTO INCLUIDAS EN LA PRESENTE ADENDA

Por un lado, cabe destacar que el Parque Eólico El Mochal, tramitado en el expediente PEol-471, en la fecha de redacción de la presenta adenda, no ha obtenido la Declaración de Impacto Ambiental en cumplimiento del Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica. Esto hace que el espacio que albergaba la posición de transformación proyectada inicialmente para la evacuación de El Mochal sea prescindible, siendo posible, por tanto, la disminución del área afectada inicialmente por la subestación Haza del Sol.

Por otro lado, los sistemas de almacenamiento, compuestos por baterías de ion-litio, proyectados inicialmente en bancadas propias en el campo intemperie de la subestación, se eliminan del proyecto de ejecución y por tanto de la solicitud de modificación de Autorización Administrativa Previa y solicitud de Autorización Administrativa de Construcción. Resultado de la eliminación de los sistemas de baterías, es posible disminuir el área afectada inicialmente por la subestación Haza del Sol.

Teniendo en consideración estos dos puntos señalados anteriormente, se concluye que la SET Haza del Sol estaba sobredimensionada y por ello se prescindirá de la posición de transformación de El Mochal y del sistema de almacenamiento, optimizando así la configuración de la SET Haza del Sol y reduciendo el espacio ocupado por las infraestructuras que componen la subestación.

En la Ilustración 2 se muestra la nueva configuración de la SET Haza del Sol optimizando la superficie ocupada prescindiendo de la posición de transformación de El Mochal y del sistema de almacenamiento como mencionado anteriormente. En esta optimización se mantienen inalteradas las coordenadas de los vértices C y D de la subestación, así como el vial de acceso a la misma.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

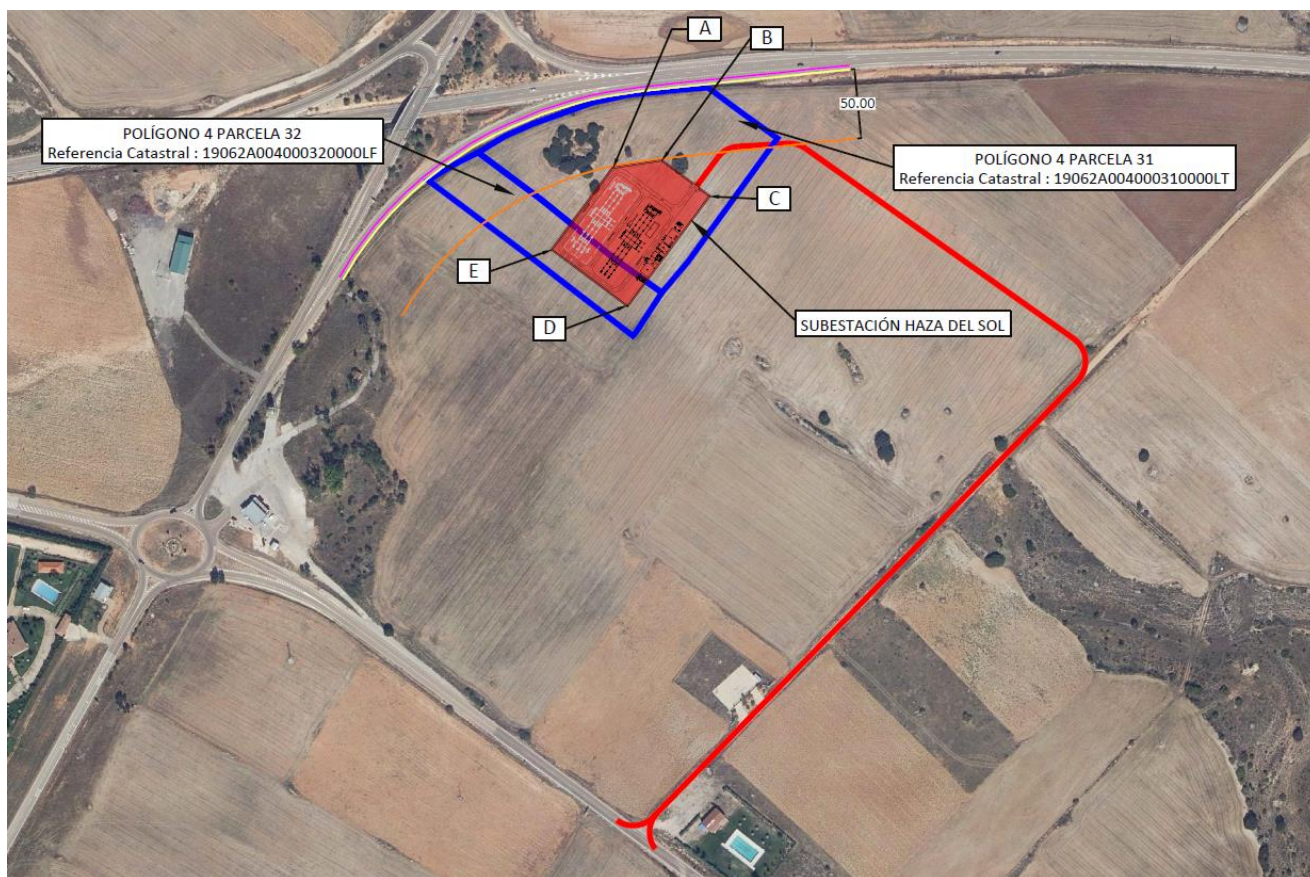


Ilustración 2 Configuración optimizada SET Haza del Sol

El sistema de 220 kV de la subestación consistirá en dos sistemas en configuración simple barra independientes uno del otro, como se describe a continuación:

- Un (1) sistema simple barra que permite evacuar las instalaciones con permisos de Acceso y Conexión al nudo de la Red de Transporte Alcalá II 220 kV (actual Complutum 220 kV), con las siguientes posiciones:
 - Una (1) posición de transformador que permitirá evacuar la potencia generada por la Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol.
 - Una (1) posición de línea que interconectará dicha subestación Haza del Sol con la Subestación Alcalá II Colectora 220 kV.
- Un (1) sistema simple barra que permite evacuar las instalaciones con permisos de Acceso y Conexión al nudo de la Red de Transporte Daganzo 220 kV, con las siguientes posiciones:
 - Una (1) posición de transformador que permitirá evacuar la potencia generada por la Planta Solar Fotovoltaica Olmazo y la Planta Solar Fotovoltaica El Parral.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

- Una (1) posición de línea que interconectará dicha subestación Haza del Sol con la Subestación Daganzo Promotores 220kV.

NOTA: este sistema aparece en el presente expediente y proyecto de la Subestación Haza del Sol como una ampliación de tramitación futura, tramitándose su instalación en el expediente correspondiente al proyecto de la instalación fotovoltaica El Parral, Expte. PFot-716. Por lo tanto, no forma parte del proyecto ni de la presente adenda.

Con la optimización del espacio de la SET Haza del Sol se cumplirá con lo establecido por la normativa de carreteras Ley 37/2015, de 29 de septiembre.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

7. NORMATIVA

Este Proyecto ha sido redactado de acuerdo con lo preceptuado en la siguiente Normativa y Reglamentación de Instalaciones de Alta Tensión:

- Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (B.O.E. 27 de diciembre de 2013).
- 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.
- 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.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51. Aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología (B.O.E. de 18-09-2002).
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1544/2011 sobre tarifas de acceso a productores, en régimen ordinario y especial.
- Ley 21/2013 de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.
- 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.
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
- Orden PRA/1080/2017, de 2 de noviembre, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI-2017), aprobado por Real Decreto 513/2017.
- Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI), aprobado por Real Decreto 2267/2004.
- Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de pre-asignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.
- Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
- Orden IET/221/2013, de 14 de febrero, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2013 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Orden HAP/703/2013, de 29 de abril, por la que se aprueba el modelo 583 «Impuesto sobre el valor de la producción de la energía eléctrica. Autoliquidación y Pagos Fraccionados», y se establece la forma y procedimiento para su presentación.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por Real Decreto 314/2006.
- Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Normas UNE de obligado cumplimiento.
- Condicionados que puedan ser emitidos por Organismos afectados por las instalaciones.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

La normativa descrita se enmarca en la legislación básica del Estado, correspondiendo a las comunidades autónomas en el ejercicio de sus competencias el desarrollo del marco normativo aplicable a las instalaciones eléctricas que les corresponda autorizar.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

La nueva subestación Haza del Sol consta de las instalaciones que a continuación se describen, según puede verse en el plano “Esquema unifilar simplificado” recogido en el Documento IV: Planos del presente proyecto.

En el sistema de 220 kV de la subestación se ha optado por una configuración simple barra con una (1) posición de transformador y una (1) posición de línea, descritas a continuación:

- Una (1) posición de transformador que permitirá evacuar la potencia generada por la Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol.
- Una (1) posición de línea que interconectará la subestación objeto del presente proyecto con la Subestación Alcalá II Colectora 220 kV.

Se instalarán un (1) transformador de potencia trifásicos con relación de transformación 220/30 kV, de 128/160 MVA de potencia ONAN/ONAF.

El sistema de 30 kV estará compuesto por dos (2) módulos de celdas de llegada. Las cuales servirán para la llegada y evacuación de la Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol.

Todas las posiciones de 220 y 30 kV estarán debidamente equipadas con los elementos de maniobra, medida y protección necesarios para su operación segura.

Para la alimentación de los servicios auxiliares se dispondrá de un (1) transformador de instalación en intemperie que alimentarán en baja tensión al cuadro de SSAA, así como un grupo electrógeno que actuará como respaldo para la alimentación de SSAA.

Se dispondrá un edificio que contará con una sola planta.

Además, la subestación contará con un cerramiento perimetral metálico.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

9. DESCRIPCIÓN ESQUEMA UNIFILAR

El esquema unifilar simplificado adoptado para los niveles de tensión de 220 kV y 30 kV de esta subestación se recoge en el plano “Esquema unifilar simplificado” adjunto a este proyecto.

En este esquema unifilar se han representado todos los circuitos principales que forman la subestación, figurando las conexiones existentes entre los elementos principales de cada posición.

En el sistema de 220 kV de la subestación se ha optado por una configuración simple barra con una (1) posición de transformador y una (1) posición de línea, descritas a continuación:

- Una (1) posición de transformador que permitirá evacuar la potencia generada por la Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol.
- Una (1) posición de línea que interconectará la subestación objeto del presente proyecto con la Subestación Alcalá II Colectora 220 kV.

Se instalará un (1) transformador de potencia trifásico con relación de transformación 220/30 kV, de 128/160 MVA de potencia ONAN/ONAF.

Para el sistema de 30 kV se ha optado por dos (2) módulos de celdas cada uno con un esquema de simple barra, tipo interior, en celdas blindadas de aislamiento en SF6:

- Módulos de evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol:
 - > Módulo 1:
 - Una (1) celda de acometida de transformador.
 - Cuatro (4) celdas de línea.
 - Una (1) celda de servicios auxiliares.
 - > Módulo 2:
 - Una (1) celda de acometida de transformador.
 - Cinco (5) celdas de línea.

Cada una de las posiciones de 220 kV y 30 kV estará debidamente equipada con los elementos de maniobra, medida y protección necesarios para su operación segura.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

9.1 Sistema de 220 kV

El sistema de 220 kV de la subestación consta de una configuración simple barra con una (1) posición de transformador y una (1) posición de línea.

9.1.1 Aparellaje

El aparellaje con que se equipa cada posición es el siguiente:

- Posición de transformador:
 - > Tres (3) autoválvulas unipolares con contador de descarga.
 - > Tres (3) interruptores automáticos de aislamiento en SF6 de accionamiento unipolar.
 - > Tres (3) transformadores de intensidad.
 - > Un (1) seccionador de aislamiento de barras.
- Posición de línea:
 - > Un (1) seccionador de aislamiento de barras.
 - > Tres (3) transformadores de intensidad.
 - > Tres (3) interruptores automáticos de aislamiento en SF6 de accionamiento unipolar.
 - > Un (1) seccionador con puesta a tierra.
 - > Tres (3) autoválvulas unipolares con contador de descarga.
 - > Tres (3) transformadores de tensión inductivos.
 - > Tres (3) botellas terminales para la transición subterráneo-intemperie de la línea eléctrica.
- Posición de embarrado principal:
 - > Tres (3) transformadores de tensión inductivos.

9.2 Transformador de potencia

Se instalará un (1) transformador de potencia trifásico con una relación de transformación 220/30 kV.

El transformador que permitirá la evacuación de la Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol será de 128/160 MVA de potencia ONAN/ONAF, contará con regulación en carga, se instalará en intemperie, y contará con aislamiento y enfriamiento en aceite.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

9.3 Sistema de 30 kV

El sistema de 30 kV de la subestación estará compuesto por:

- Módulos de evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol:
 - > Módulo 1:
 - Una (1) celda de acometida de transformador.
 - Cuatro (4) celdas de línea.
 - Una (1) celda de servicios auxiliares.
 - > Módulo 2:
 - Una (1) celda de acometida de transformador.
 - Cinco (5) celdas de línea.

El aparellaje con que se equipa cada posición se describe a continuación.

9.3.1 Aparellaje

Módulos de evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol.

Módulo 1.

El aparellaje con que se equipa cada posición es el siguiente:

- Cuatro (4) celdas de línea, compuestas por:
 - > Un (1) seccionador tripolar con puesta a tierra.
 - > Un (1) interruptor automático tripolar de corte en SF6.
 - > Tres (3) transformadores de intensidad.
 - > Un (1) juego de barras.
 - > Terminales unipolares.
- Una (1) celda de acometida de transformador, compuesta por:
 - > Un (1) seccionador tripolar con puesta a tierra.
 - > Un (1) interruptor automático tripolar de corte en SF6.
 - > Tres (3) transformadores de intensidad.
 - > Un (1) juego de barras.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

- > Tres (3) transformadores de tensión inductivos.
- > Terminales unipolares.
- Una (1) celda de servicios auxiliares compuesta por:
 - > Un (1) interruptor-seccionador en carga, mando manual de 3 posiciones (abierto-cerrado-p.a.t.).
 - > Tres (3) fusibles calibrados en AT.
 - > Tres (3) transformadores de intensidad.
 - > Tres (3) transformadores de tensión.
 - > Terminales unipolares.

Módulo 2.

El aparellaje con que se equipa cada posición es el siguiente:

- Cinco (5) celdas de línea, compuestas por:
 - > Un (1) seccionador tripolar con puesta a tierra.
 - > Un (1) interruptor automático tripolar de corte en SF6.
 - > Tres (3) transformadores de intensidad.
 - > Un (1) juego de barras.
 - > Terminales unipolares.
- Una (1) celda de acometida de transformador, compuesta por:
 - > Un (1) seccionador tripolar con puesta a tierra.
 - > Un (1) interruptor automático tripolar de corte en SF6.
 - > Tres (3) transformadores de intensidad.
 - > Un (1) juego de barras.
 - > Tres (3) transformadores de tensión inductivos.
 - > Terminales unipolares.

Conexiones a transformador de potencia, compuestas por:

- > Tres (3) autoválvulas de 30kV.
- > Terminales de transición aéreo-subterráneo.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

9.3.2 Transformadores de servicios auxiliares

Para alimentación a los servicios auxiliares de corriente alterna, se montará un transformador de servicios auxiliares de aislamiento seco de 30/0,400-0,230 kV de 100 kVA y grupo de conexión Dyn11.

Este equipo se instalará en intemperie junto al edificio. Se conectará a las correspondientes celdas de 30 kV de alimentación a servicios auxiliares y a su vez alimentarán en baja tensión al cuadro de servicios auxiliares situado en la sala de control.

9.3.3 Reactancia de neutro

Para referir a tierra el sistema de 30 kV y dotar a las protecciones de una misma referencia de tensión para detectar faltas a tierra, se instalará una reactancia trifásica.

La reactancia se conectará en paralelo con los embarrados de 30 kV del transformador de potencia 220/30 kV.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

9.4 Instalaciones auxiliares

Dentro de las instalaciones auxiliares se suministrará y montará:

- Sistema de alumbrado y fuerza.
- Sistema anti-intrusismo.
- Sistema de detección de incendio.
- Sistema de aire acondicionado con bomba de calor en las salas de control y celdas.
- Grupo electrógeno como respaldo de la alimentación de los servicios auxiliares de la subestación.

9.5 Otras instalaciones

Los aparatos de medida, mando, control y protecciones son de instalación interior, y para su control y fácil maniobrabilidad, se han centralizado en cuadros destinados a tal fin en el edificio/sala de control.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

10. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS GENERALES

10.1 Aislamiento

Los materiales que se emplearán en esta instalación serán adecuados y tendrán las características de aislamiento más apropiadas a su función.

Los niveles de aislamiento que se han adoptado, tanto para los aparatos, excepto los transformadores, como para las distancias en el aire, y según vienen especificados en el “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión”, ITC-RAT 12, son los siguientes:

- En 220 kV, que corresponden a un valor normalizado de tensión más elevada para el material de 245 kV eficaces, se adopta el nivel de aislamiento nominal máximo, que soporta 1050 kV de cresta a impulso tipo rayo y 460 kV eficaces a frecuencia industrial.
- Análogamente, en 30 kV el nivel de aislamiento adoptado corresponderá a la tensión más elevada para el material de 36 kV, soportando un valor de cresta de 170 kV ante impulsos tipo rayo, y 70 kV eficaces frente al ensayo a frecuencia industrial.

Tabla 4. Niveles de aislamiento

Tensión nominal (kV)	Tensión más elevada de la red (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV cresta)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)
220	245	1050	460
30	36	170	70

10.2 Distancias mínimas

El vigente “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión” en la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 12, especifica las normas a seguir para la fijación de las distancias mínimas a puntos en tensión.

La instalación se situará a una altitud sobre el nivel del mar inferior a 1.000 metros, por lo que en la siguiente tabla se muestran las distancias mínimas a los puntos de tensión.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

Tabla 5. Distancias mínimas

Tensión nominal (kV)	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra (cm)	Distancia mínima de aislamiento en aire entre fases (cm)
220	1050	210	210
30	170	32	32

10.2.1 Distancia fase-tierra y entre fases. Sistema de 220 kV

En el sistema de 220 kV, la distancia mínima entre fases es de 3,5 m. La altura mínima de los tendidos entre equipos sobre el suelo es de 6 m. Las distancias adoptadas son superiores a las especificadas en el citado reglamento.

10.2.1.1 Distancias en pasillos de servicio

Atendiendo a la instrucción ITC-RAT 15, apartado 4.1.2 los elementos en tensión no protegidos que se encuentran sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima “H” sobre el suelo, medida en centímetros, igual a:

$$H = 250 + d$$

Siendo “d” la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación. En el caso que aplica es 210 cm. Por lo tanto:

$$H = 250 + 210 = 460 \text{ cm}$$

Altura inferior a los 6 m de altura mínima sobre el suelo a la que se sitúan los embarrados.

La anchura de los pasillos de servicio tiene que ser suficiente para permitir la fácil maniobra e inspección de las instalaciones, así como el libre movimiento por los mismos de las personas y el transporte de los aparatos en las operaciones de montaje o revisión de los mismos. Esta anchura no será inferior a 1,2 m, por contar la instalación con pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a ambos lados.

En las zonas donde se prevea el paso de aparatos o máquinas deberá mantenerse una distancia mínima entre los elementos en tensión y el punto más alto de aquellos no inferior a:

$$T = d + 10$$

con un mínimo de 50 cm. Se señalizará la altura máxima permitida para el paso de los aparatos o máquinas.

En el caso que aplica “d” es 210 cm. Por lo tanto:

$$T = 210 + 10 = 220 \text{ cm}$$

En cualquier caso, los pasillos de servicio estarán libres de todo obstáculo hasta una altura de 250 cm sobre el suelo.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

Por otra parte, en las zonas accesibles, la parte más baja de cualquier elemento aislante, por ejemplo, el borde superior de la base metálica de los aisladores estará situado a la altura mínima sobre el suelo de 230 cm. En el caso en que dicha altura sea menor de 230 cm será necesario establecer sistemas de protección.

10.2.1.2 Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación

Los sistemas de protección que deban establecerse guardarán unas distancias mínimas medidas en horizontal a los elementos en tensión que se respetarán en toda zona comprendida entre el suelo y una altura de 200 cm que, según el sistema de protección elegido y expresadas en centímetros, serán:

- De los elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima:

$$B = d + 3$$

- De los elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima:

$$C = d + 10$$

- De los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo (paredes macizas, enrejados, barreras, etc.) con una altura que en ningún caso podrá ser inferior a 100 cm:

$$E = d + 30, \text{ con un mínimo de } 125 \text{ cm.}$$

- Para barreras no rígidas y enrejados los valores de las distancias de seguridad en el aire deben incrementarse para tener en cuenta cualquier posible desplazamiento de la barrera o enrejado.

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT 12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación. De la tabla 3 de dicha ITC-RAT 12 se tomarán los valores indicados en la columna "Conductor-estructura".

En el caso que aplica "d" es 210 cm. Por lo tanto:

$$B = 210 + 3 = 213 \text{ cm}$$

$$C = 210 + 10 = 220 \text{ cm}$$

$$E = 210 + 30 = 240 \text{ cm}$$

La cuadrícula del enrejado, cuando la hubiere, será como máximo de 50 x 50 mm.

Para la aplicación de estos valores se tendrá en cuenta lo indicado en el apartado 6.2.2 de la ITC-RAT 14.

Teniendo en cuenta estas distancias mínimas, así como la altura libre en las zonas accesibles señaladas en el apartado 4.1.5 de la ITC-RAT 15, la zona total de protección que deberá respetarse entre los sistemas de protección y los elementos en tensión será:

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

Tabla 6. Distancias a los sistemas de protección en el interior de las instalaciones.

Tipo de protección	X (cm)	Y (cm)
Tabiques macizos	≥ 180	133
Enrejados	≥ 180	140
Barreras, tabiques macizos o enrejados	< 180 ≥ 100	160

10.2.1.3 Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación.

Para evitar los contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación con los elementos en tensión, deberán existir entre éstos y el cierre las distancias mínimas de seguridad, medidas en horizontal y en centímetros, de los elementos en tensión al cierre cuando éste es un enrejado de cualquier altura $k \geq 220$ cm:

$$G = d + 150$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT 12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación. De la tabla 3 de dicha ITC-RAT 12 se tomarán los valores indicados en la columna "Conductor-estructura".

En el caso que aplica "d" es 210 cm. Por lo tanto:

$$G = 210 + 150 = 360 \text{ cm.}$$

La cuadrícula del enrejado será como máximo de 50 x 50 mm.

10.2.2 Distancia fase-tierra y entre fases. Sistema de 30 kV.

En el sistema de 30 kV se utilizan cables subterráneos aislados y celdas prefabricadas de interior normalizadas por el fabricante, habiendo superado los ensayos de tipo correspondientes y siendo sometidas a ensayos específicos en cada suministro. En el único tramo de embarrado desnudo a montar, que es la salida del transformador de potencia, se mantendrá distancias de 50 cm entre fases, distancia superior a la especificada por el reglamento.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

11. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Para la transformación de 220/30 kV se ha previsto el montaje de un (1) transformador de potencia trifásico, de columnas, en baño de aceite, tipo intemperie, con regulación en carga.

11.1 Transformador de potencia para la evacuación de la P.S. Haza del Sol.

11.1.1 Características constructivas

Las características constructivas esenciales del transformador son:

Tabla 7. Características transformador de potencia

Tipo de servicio	Continuo
Potencia nominal	128/160 MVA
Refrigeración	ONAN/ONAF
Tensiones de servicio Primario Secundario	220 kV 30 kV
Frecuencia	50 Hz
Conexión	Estrella / Triángulo
Grupo de conexión	YNd11

11.1.2 Ensayos dieléctricos

Los bobinados serán calculados para los siguientes niveles de aislamiento:

Tabla 8. Niveles de aislamiento a tipo rayo

	Niveles a impulso tipo rayo
Primario	1050 kV
Neutro del primario	250 kV
Secundario	170 kV

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

Tabla 9. Niveles de aislamiento a frecuencia industrial

	Niveles a frecuencia industrial
Primario	460 kV
Neutro del primario	95 kV
Secundario	70 kV

11.1.3 Regulador de tensión

Los transformadores van provistos de regulación de tensión en carga tipo JANSEN, MR o similar accionado por motor mediante varias tomas situadas en el devanado primario (220 kV).

La regulación puede obtenerse en 21 escalones, llegando éstos hasta $\pm 15\%$ a partir de la posición nominal.

11.1.4 Refrigeración

La refrigeración del transformador es ONAN/ONAF mediante radiadores adosados a la cuba (con independización mediante válvulas) y motoventiladores accionados por termostato.

11.1.5 Transformadores de intensidad

En bornas de 220 kV y 30 kV van incorporados transformadores de intensidad, tipo “Bushing”, de las siguientes características:

- En bornas de A.T:
 - > 2 unidades por fase 500/5 A, 30 VA, 5P20.
 - > 1 unidad para imagen térmica en fase V.
- En bornas de B.T:
 - > 2 unidades por fase 3500/5 A, 30 VA, 5P20.
 - > 1 unidad para imagen térmica en fase v.
- En bornas del neutro:
 - > 1 unidad 400-800/5A, 30VA, 5P20.

11.1.6 Protecciones

Las protecciones propias del transformador constan del siguiente equipo:

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

- Indicador de nivel de aceite.
- Indicador de temperatura de aceite.
- Imagen térmica.
- Relé Buchholz.
- Relé del CBC.
- Válvula de sobrepresión.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

12. INTERRUPTORES

Para la apertura y cierre de los circuitos de 220 kV, se ha previsto la instalación de interruptores automáticos de accionamiento unipolar de aislamiento en SF6 para intemperie.

La cámara de extinción de los interruptores es de gas SF6 con autosoplado.

Los polos son accionados mediante mando motorizado a resortes, que se acopla a ellos por medio de transmisiones mecánicas. El aislamiento fase-tierra está formado por un aislador soporte de porcelana y la barra aislante que se encuentra en su interior.

El recinto interno de cada polo está lleno de gas bajo una presión de servicio controlada que garantiza el pleno poder de corte y características de aislamiento hasta una temperatura de, al menos, -25° C sin necesidad de calefacción adicional.

Se instalarán dos (2) juegos de tres (3) interruptores de aislamiento en SF6 de accionamiento unipolar, con las siguientes características:

Tabla 10. Características interruptores automáticos 220 kV

Tensión nominal	245 kV
Frecuencia	50 Hz
Intensidad nominal	3.150 A
Corriente nominal de cortocircuito	40 kA
Tensión de ensayo 1 minuto 50 Hz	460 kV
Tensión con onda 1,2/50 µs	1.050 kV
Tiempo de ruptura	3 ciclos
Ciclo nominal de maniobra	0 - 0,3s - CO - 1 min - CO CO - 15s -CO
Tipo de reenganche	Trifásico

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

13. SECCIONADORES

Para poder efectuar los seccionamientos necesarios se ha previsto el montaje de seccionadores, tanto en el sistema de 220 kV como de 30 kV, de las siguientes características:

13.1 Seccionadores de 220 kV

Se instalarán dos (2) seccionadores de aislamiento de barras, uno por cada posición, de tipo tres columnas, siendo giratoria la columna central.

Los seccionadores serán tripolares de intemperie y estarán formados por tres polos independientes, montados sobre una estructura común.

Cada fase consta de tres columnas de aisladores. Las dos columnas laterales son fijas y en su extremo superior llevan el contacto fijo y toma de corriente, mientras que la columna central es giratoria y en ella va montada la cuchilla, realizando dos rupturas por fase.

El accionamiento en las tres columnas rotativas se hace simultáneo con un mando único, mediante un sistema articulado de tirantes de tubo, ajustados, que permiten que la maniobra de cierre y apertura en las tres fases esté sincronizada.

Las características técnicas principales son las siguientes:

Tabla 11. Características seccionadores 220 kV

Tensión nominal	245 kV
Nivel de aislamiento a tierra y entre polos	
Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto	460 kV
Tensión de ensayo a impulso tipo rayo, onda 1,2/50 µs	1050 kV (val. cresta)
Nivel de aislamiento sobre la distancia de seccionamiento	
Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto	530 kV
Tensión de ensayo a impulso tipo rayo, onda 1,2/50 µs	1.200 kV (val. cresta)
Intensidad nominal	2.000 A
Intensidad admisible de corta duración (1 s)	40 kA (valor eficaz)
Intensidad admisible (valor de cresta)	100 kA

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

13.2 Seccionadores con puesta a tierra de 220 kV

Se instalará un (1) seccionador con cuchillas de puesta a tierra, de tipo tres columnas, siendo giratoria la columna central.

El seccionador será tripolar de intemperie y estará formado por tres polos independientes, montados sobre una estructura común.

Cada fase consta de tres columnas de aisladores. Las dos columnas laterales son fijas y en su extremo superior llevan el contacto fijo y toma de corriente, mientras que la columna central es giratoria y en ella va montada la cuchilla, realizando dos rupturas por fase.

El accionamiento en las tres columnas rotativas se hace simultáneo con un mando único, mediante un sistema articulado de tirantes de tubo, ajustados, que permiten que la maniobra de cierre y apertura en las tres fases esté sincronizada.

Las cuchillas de puesta a tierra del seccionador cuentan con mando independiente, y lleva un enclavamiento mecánico que impide cualquier maniobra estando las cuchillas principales cerradas.

Las características técnicas principales son las siguientes:

Tabla 12. Características seccionador 220 kV

Tensión nominal	245 kV
Nivel de aislamiento a tierra y entre polos	
Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto	460 kV
Tensión de ensayo a impulso tipo rayo, onda 1,2/50 µs	1050 kV (val. cresta)
Nivel de aislamiento sobre la distancia de seccionamiento	
Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto	530 kV
Tensión de ensayo a impulso tipo rayo, onda 1,2/50 µs	1.200 kV (val. cresta)
Intensidad nominal	2.000 A
Intensidad admisible de corta duración (1 s)	40 kA (valor eficaz)
Intensidad admisible (valor de cresta)	100 kA

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

13.3 Seccionadores de 30 kV (intemperie)

Se instalará en intemperie, en la tensión de 30 kV, seccionadores unipolares para la conexión de la reactancia de puesta a tierra, cuyas características principales son:

Tabla 13. Características seccionadores 30 kV

Tensión nominal	36 kV
Nivel de aislamiento a tierra y entre polos	
Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto	70 kV
Tensión de ensayo a impulso tipo rayo, onda 1,2/50 µs	170 kV (val. cresta)
Nivel de aislamiento sobre la distancia de seccionamiento	
Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto	80 kV
Tensión de ensayo a impulso tipo rayo, onda 1,2/50 µs	195 kV (val. cresta)
Intensidad nominal	500 A
Intensidad admisible de corta duración (1 s)	25 kA (valor eficaz)
Intensidad admisible (valor de cresta)	63 kA

Estos seccionadores unipolares serán del tipo de dos columnas por fase, con apertura vertical y accionamiento manual, sin cuchillas de puesta a tierra.

Se instalarán tres (3) seccionadores unipolares.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

14. TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Montados junto a los interruptores de 220 kV se instalarán dos (2) juegos de tres (3) transformadores de intensidad, que alimentarán los circuitos de medida y protección.

Las características principales de los transformadores de intensidad son las siguientes:

14.1 Transformadores de intensidad posición de transformador 220 kV

Las características técnicas principales son las siguientes:

Tabla 14. Características transformadores de intensidad 220 kV

Tensión nominal de red	220 kV
Tensión más elevada de red	245 kV
Tensión de ensayo a frecuencia industrial (50 Hz, 1 min)	460 kV
Tensión de ensayo con onda de choque 1,2/ 50 µs	1.050 kV
Corriente límite térmica (1 segundo) (I_{th})	40 kA
Intensidades primarias nominales	<u>500</u> -1000 A
Intensidades secundarias nominales	5-5-5-5-5 A
Potencias y clases de precisión	
Medida	30 VA Cl.0,2s 50 VA Cl.0,5
Protección	50 VA 5P20 50 VA 5P20 50 VA 5P20

En total se instalará un (1) juego de tres (3) transformadores de intensidad de relación 500-1000/5-5-5-5-5 A.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

14.2 Transformadores de intensidad posición de línea 220 kV – SET Alcalá II Colectora

Las características técnicas principales son las siguientes:

Tabla 15. Características transformadores de intensidad 220 kV

Tensión nominal de red	220 kV
Tensión más elevada de red	245 kV
Tensión de ensayo a frecuencia industrial (50 Hz, 1 min)	460 kV
Tensión de ensayo con onda de choque 1,2/ 50 µs	1.050 kV
Corriente límite térmica (1 segundo) (I_{th})	40 kA
Intensidades primarias nominales	<u>750</u> -1500 A
Intensidades secundarias nominales	5-5-5-5-5 A
Potencias y clases de precisión	
Medida	30 VA Cl.0,2s 50 VA Cl.0,5
Protección	50 VA 5P20 50 VA 5P20 50 VA 5P20

En total se instalará un (1) juego de tres (3) transformadores de intensidad de relación 750-1500/5-5-5-5-5 A.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

15. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Para alimentar los diversos aparatos de medida y protección de los circuitos de 220 kV se ha previsto la instalación de transformadores de tensión con las siguientes características:

15.1 Transformadores de tensión inductivos instalados en barras de 220 kV

Se instalará un (1) juego de tres (3) transformadores de tensión inductivos de las siguientes características:

Tabla 16. Características transformadores de tensión inductivos 220 kV

Frecuencia	50 Hz
Tensión de aislamiento nominal	245 kV
Tensión de servicio nominal	220 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial durante 1 min.	460 kV
Tensión de prueba con onda de choque 1,2/50 μs	1.050 kV
Relación de transformación	
Primer arrollamiento	220: $\sqrt{3}$ / 0,110: $\sqrt{3}$ kV
Segundo arrollamiento	220: $\sqrt{3}$ / 0,110: $\sqrt{3}$ kV
Tercer arrollamiento	220: $\sqrt{3}$ / 0,110: $\sqrt{3}$ kV
Potencias y clase de precisión (no simultáneas):	
Arrollamiento de medida	20 VA Cl 0,2
Arrollamiento de medida/protección	75 VA Cl. 0,5 - 3P
Arrollamientos de protección	75 VA 3P

En total, se instalará un (1) juego de tres (3) transformadores de tensión asociados al embarrado.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

15.2 Transformadores de tensión inductivos instalados en la posición de línea 220 kV – SET Alcalá II Colectora

Se instalará un (1) juego de tres (3) transformadores de tensión inductivos de las siguientes características:

Tabla 17. Características transformadores de tensión inductivos 220 kV

Frecuencia	50 Hz
Tensión de aislamiento nominal	245 kV
Tensión de servicio nominal	220 kV
Tensión de prueba a frecuencia industrial durante 1 min.	460 kV
Tensión de prueba con onda de choque 1,2/50 μs	1.050 kV
Relación de transformación	
Primer arrollamiento	220: $\sqrt{3}$ / 0,110: $\sqrt{3}$ kV
Segundo arrollamiento	220: $\sqrt{3}$ / 0,110: $\sqrt{3}$ kV
Tercer arrollamiento	220: $\sqrt{3}$ / 0,110: $\sqrt{3}$ kV
Potencias y clase de precisión (no simultáneas):	
Arrollamiento de medida	20 VA Cl 0,2
Arrollamiento de medida/protección	75 VA Cl. 0,5 - 3P
Arrollamientos de protección	75 VA 3P

En total, se instalará un (1) juego de tres (3) transformadores de tensión asociados la posición de línea.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

16. CELDAS DE 30 kV

Las características constructivas de estas celdas son de tipo encapsulado metálico, aislamiento de interruptor en SF6, para instalación en interior. Las celdas están fabricadas de acuerdo con la norma IEC 62271-200 y cumplen con la denominación de “aparamenta blindada”.

El sistema de 30 kV está compuesto por:

- Módulos de evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol:
 - > Módulo 1:
 - Una (1) celda de acometida de transformador.
 - Cuatro (4) celdas de línea.
 - Una (1) celda de servicios auxiliares.
 - > Módulo 2:
 - Una (1) celda de acometida de transformador.
 - Cinco (5) celdas de línea.

En el plano “Características generales del edificio” recogido en el Documento 4: Planos del presente proyecto, puede verse la disposición prevista de las celdas en el interior del edificio de la subestación.

El embarrado principal, aislado en silicona, apantallado y conectado a tierra, está ubicado fuera del compartimento de SF6, mientras que el interruptor automático emplea gas SF6 como medio de aislamiento, confiriendo a estas celdas las siguientes ventajas:

- Dimensiones reducidas.
- Insensibilidad a la contaminación atmosférica, polvo, insectos, etc., de todas las partes en tensión.
- Alta fiabilidad derivada de la insensibilidad de los agentes externos.
- Alta disponibilidad derivada de la reducida necesidad de mantenimiento.

Las celdas están dotadas de interruptores automáticos y las diferentes funciones de cada circuito están compartimentadas para minimizar la extensión ante cualquier incidente interno, aparte de permitir realizar de forma segura trabajos de mantenimiento sin perturbar el servicio. Cada celda consta de los siguientes compartimentos:

- Embarrado general.
- Cuba de SF6.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

- Compartimento de cables de potencia.
- Compartimento de baja tensión.

La intensidad nominal de los embarrados principales es de 2000 A para los módulos que evacúan la Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol.

Embarrado general:

Está aislado en silicona, apantallado y conectado a tierra, está ubicado en la parte trasera superior de la celda, fuera del compartimento de SF6 y en su interior se pueden encontrar los siguientes elementos:

- Embarrado principal y conexiones.
- Transformadores de tensión (opcional) enchufables en las barras generales.
- Transformadores toroidales de intensidad (opcionales) en las barras generales.

Cuba de SF6:

Este compartimento utiliza gas SF6 como agente aislante y contiene el interruptor automático y el seccionador de tres posiciones. Está situado en la parte central de la celda y a él se conectan los cables de potencia y el embarrado general a través de pasatapas.

Compartimento de baja tensión:

Este compartimento se encuentra separado de la zona de Media Tensión, está ubicado en la parte superior de la celda y contiene relés y el resto de elementos de protección y control auxiliares de Baja Tensión.

Compartimento de cables de potencia:

Está situado en la parte inferior de la celda, con acceso por la parte frontal y contiene:

- Conectores de cables de potencia.
- Transformadores de tensión con desconector (opcional).
- Transformadores de intensidad (opcionales).

La chapa frontal de las celdas presenta diferentes mandos e indicadores, así como un esquema sinóptico.

Las características constructivas y de diseño de las celdas responden a los siguientes valores nominales:

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

Tabla 18. Características celdas media tensión

Tensión nominal	30 kV
Tensión máxima de servicio	36 kV
Nivel de aislamiento a frecuencia industrial, 50 Hz	70 kV
Nivel de aislamiento a onda de choque tipo rayo	170 kV (val. cresta)

16.1 Aparellaje

Módulos de evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol.

Módulo 1.

El aparellaje con que se equipa cada posición es el siguiente:

- Cuatro (4) celdas de línea, compuestas por:
 - > Un (1) seccionador tripolar con puesta a tierra.
 - > Un (1) interruptor automático tripolar de corte en SF6.
 - > Tres (3) transformadores de intensidad.
 - > Un (1) juego de barras.
 - > Terminales unipolares.
- Una (1) celda de acometida de transformador, compuesta por:
 - > Un (1) seccionador tripolar con puesta a tierra.
 - > Un (1) interruptor automático tripolar de corte en SF6.
 - > Tres (3) transformadores de intensidad.
 - > Un (1) juego de barras.
 - > Tres (3) transformadores de tensión inductivos.
 - > Terminales unipolares.
- Una (1) celda de servicios auxiliares compuesta por:
 - > Un (1) interruptor-seccionador en carga, mando manual de 3 posiciones (abierto-cerrado-p.a.t.)
 - > Tres (3) fusibles calibrados en AT.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

- > Tres (3) transformadores de intensidad.
- > Tres (3) transformadores de tensión.
- > Terminales unipolares.

Módulo 2.

El aparellaje con que se equipa cada posición es el siguiente:

- Cinco (5) celdas de línea, compuestas por:
 - > Un (1) seccionador tripolar con puesta a tierra.
 - > Un (1) interruptor automático tripolar de corte en SF6.
 - > Tres (3) transformadores de intensidad.
 - > Un (1) juego de barras
 - > Terminales unipolares
- Una (1) celda de acometida de transformador, compuesta por:
 - > Un (1) seccionador tripolar con puesta a tierra.
 - > Un (1) interruptor automático tripolar de corte en SF6.
 - > Tres (3) transformadores de intensidad.
 - > Un (1) juego de barras.
 - > Tres (3) transformadores de tensión inductivos.
 - > Terminales unipolares

Conexiones a transformador de potencia, compuestas por:

- Tres (3) autoválvulas de 30kV.
- Terminales de transición aéreo-subterráneo.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

16.2 Características del aparellaje

Las características eléctricas del aparellaje descrito para cada celda son las siguientes:

16.2.1 Interruptor

Tabla 19. Características interruptor 30 kV

Tensión nominal	36 kV
Tensión de ensayo 1 minuto, 50 Hz	70 kV
Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 μ s	170 kV
Gas de aislamiento	SF6
Presión relativa de llenado de SF6	3,8 bar
Intensidades nominales: Celda de transformador – Módulos P.S. Haza del Sol Celdas de línea	2000 A 630 A
Poder de corte simétrico	31,5 kA

16.2.2 Transformadores de intensidad

- Transformadores de intensidad celdas de línea –Módulos de evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol:

Tabla 20. Características transformadores de intensidad celdas de línea – Módulos de evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol.

Tensión nominal de aislamiento	36 kV
Intensidades primarias nominales	<u>400</u> -800 A
Intensidades secundarias nominales	5-5 A
Potencias y clases de precisión Medida Protección	10 VA Cl. 0,2s 10 VA 5P20

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

- Transformadores de intensidad celdas de acometida de transformador –Módulos de evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol:

Tabla 21. Características transformadores de intensidad celdas de transformador – Módulos de evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol.

Tensión nominal de aislamiento	36 kV
Intensidades primarias nominales	2000 A
Intensidades secundarias nominales	5-5-5 A
Potencias y clases de precisión Medida Protección	10 VA Cl. 0,2s 10 VA 5P20 10 VA 5P20

- Transformadores de intensidad celdas de alimentación de los transformadores de servicios auxiliares.

Tabla 22. Características transformadores de intensidad módulo de alimentación del transformador de servicios auxiliares.

Tensión nominal de aislamiento	36 kV
Intensidades primarias nominales	5 A
Intensidades secundarias nominales	5 A
Potencias y clases de precisión Medida	10 VA Cl. 0,2s

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

16.2.3 Transformadores de tensión

Los transformadores de tensión a instalar en 30 kV tendrán las siguientes características:

Tabla 23. Características transformadores de tensión

Tensión máxima de servicio	36 kV
Relación (kV)	33:√3 / 0,110: √3 - 0,110: √3 - 0,110: 3 kV
Potencias y clases de precisión	
Medida-protección	25 VA cl. 0,5-3P
Medida	20 VA cl.0,2
Protección	50 VA cl.3P

16.2.4 Seccionadores de puesta a tierra.

Los seccionadores serán de 3 posiciones (Abierto-Cerrado-PAT) con mando manual.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

17. REACTANCIA DE PUESTA A TIERRA

Para el transformador de potencia a instalar y con el fin de limitar la corriente de defecto a tierra en el sistema de 30 kV, se instalará una reactancia trifásica, en aislamiento seco, conectada al lado de MT del secundario del transformador de potencia y equipada con tres transformadores de intensidad de 500/5A 15VA 5P20.

La reactancia de puesta a tierra servirá para referir a tierra el sistema de 30 kV y dotar a las protecciones de una misma referencia de tensión para detectar faltas a tierra.

Las características de estas reactancias son:

Tabla 24. Características reactancias

Tensión nominal de servicio	30 kV
Tensión de aislamiento	36 kV
Frecuencia	50 Hz
Intensidad de defecto a tierra por el neutro	500 A
Duración del defecto a tierra por el neutro	10 s
Aislamiento de partes activas	Seco
Tensión de ensayo a frecuencia industrial, 50 Hz	70 kV
Tensión soportada a onda de choque tipo rayo 1,2/50µs	170 kV

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

18. AUTOVÁLVULAS

Para proteger la instalación contra las sobretensiones de origen atmosférico, o las que por cualquier otra causa pudieran producirse, se ha proyectado el montaje de dos (2) juegos de tres pararrayos tipo autoválvula en 220 kV (en la salida de línea y junto al transformador de potencia) y un (1) juego en 30 kV situados lo más próximo al transformador de potencia.

Las características principales de las autoválvulas previstas son:

18.1 Tensión 220 kV

Tabla 25. Características autoválvulas 220 kV

Tensión de red	220 kV
Tensión asignada U_r	198 kV
Tensión máxima de servicio continuo U_c	156 kV
Intensidad nominal de descarga	10 kA

Las autoválvulas a utilizar serán de óxidos de zinc con envoltente polimérica de silicona.

Las autoválvulas a instalar contarán con contador de descargas por polo.

18.2 Tensión 30 kV

Tabla 26. Características autoválvulas 30 kV

Tensión de red	30 kV
Tensión asignada U_r	33 kV
Tensión máxima de servicio continuo U_c	27 kV
Intensidad nominal de descarga	10 kA

Las autoválvulas a utilizar serán de óxidos de zinc con envoltente polimérica de silicona.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

19. EMBARRADOS

Los embarrados auxiliares serán elegidos de forma que las temperaturas máximas previstas no provoquen calentamientos por encima de 40 °C sobre la temperatura ambiente. Asimismo, soportarán los esfuerzos electrodinámicos y térmicos de las corrientes de cortocircuito previstas, sin que se produzcan deformaciones permanentes.

19.1 Embarrado en 220 kV

Los embarrados principales en 220 kV serán de tubo de aluminio 6063-T6 de 150/136 mm de diámetro, de diámetro equivalente 3.145 mm² de sección nominal, que admite un paso de corriente permanente de 3.400 A. Estas intensidades admisibles son muy superiores a las intensidades previstas para esta instalación. No obstante, la utilización de estos embarrados se justifica por consideraciones mecánicas. Se instalará un cable anti-vibratorio en el interior del embarrado en caso de ser necesario.

19.2 Conexiones en 220 kV

La unión de equipos de 220 kV se realizará con dos (2) conductores por fase, dúplex, de cable desnudo de aluminio homogéneo, tipo Gladiolus, de 35,98 mm de diámetro, equivalente a 765,8 mm² de sección nominal, que admite un paso de corriente permanente de 1.294 A.

La distancia adoptada entre ejes de fases es de 3,5 m.

19.3 Conexiones en 30 kV

En la salida de bornas del devanado secundario de 30 kV del transformador de potencia, hasta su conexión con los terminales, el embarrado estará constituido por tubo de aluminio 6063-T6 de 100/84 mm de diámetro que admite un paso de corriente permanente de 2.850 A. Estas intensidades admisibles son muy superiores a las intensidades previstas para esta instalación. No obstante, la utilización de estos embarrados se justifica por consideraciones mecánicas. Se instalará un cable anti-vibratorio en el interior del embarrado en caso de ser necesario.

Las derivaciones a reactancia se realizarán con tubo de cobre de 25/19 mm de diámetro que admite un paso de corriente de 530 A.

La conexión entre las bornas de salida del transformador de potencia y las celdas de acometida de transformador de los módulos de celdas de 30 kV que evacúan la potencia de la Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol, se hará a través de tres (3) ternas de cables de potencia por fase de cobre unipolares 18/30 kV, con aislamiento XLPE y 630 mm² de sección, para cada una de las celdas de acometida.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

La conexión a las celdas de 30 kV se realizará por medio de conectores enchufables en T, mientras que la conexión del lado del transformador de potencia se realizará a través de terminales premoldados flexibles de exterior.

La intensidad nominal de los embarrados principales es de 2.000 A para los módulos que evacúan la Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol. Las derivaciones de las celdas de acometida de transformador serán de la misma corriente que el embarrado principal, y las derivaciones de las celdas de línea y servicios auxiliares serán de 630 A.

19.4 Piezas de conexión

Con el fin de absorber las variaciones de longitud que se produzcan en los embarrados de 220 kV y 30 kV por efecto de cambio de temperaturas, se instalarán piezas de conexión elásticas, en los puntos más convenientes, que permitan la dilatación de los tubos sin producir esfuerzos perjudiciales en las bornas del aparellaje.

Las uniones entre bornas de aparellaje y conductores, así como las derivaciones de los embarrados se realizarán mediante piezas de aleación de aluminio, de geometría adecuada y diseñadas para soportar las intensidades permanentes y de corta duración previstas sin que existan calentamientos localizados. Su tornillería será de acero inoxidable y quedará embutida en la pieza para evitar altos gradientes de tensión.

En el sistema de 30 kV, en las zonas en las que se utilice conductor desnudo, se utilizarán uniones de aleación de cobre con tornillería de acero inoxidable sin embutir y que cumplan las características indicadas anteriormente.

19.5 Aisladores soporte de 220 kV

Los embarrados de 220 kV se sustentan sobre aisladores de apoyo de las siguientes características:

Designación	C10-1050
Tensión nominal/máxima	220 / 245 kV
Tensión soportada bajo lluvia	750 kV
Tensión soportada a onda de choque	1050 kV cresta
Carga de rotura a flexión	10.000 N
Carga de rotura a torsión	4.000 N

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

19.6 Aisladores soporte de 30 kV

Los embarrados de 30 kV en la salida de bornas del transformador de potencia, se sustentan sobre aisladores de apoyo de las siguientes características:

Designación	C6-170
Tensión nominal/máxima	30 / 36 kV
Tensión soportada bajo lluvia	70 kV
Tensión soportada a onda de choque	170 kV cresta
Carga de rotura a flexión	6.000 N
Carga de rotura a torsión	1.500 N

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

20. ESTRUCTURA METÁLICA

Para el desarrollo y ejecución de la instalación proyectada es necesario el montaje de una estructura metálica que sirva de apoyo y soporte del aparellaje y los embarrados, así como para el amarre de la línea.

En los planos del proyecto se detallan la planta de 220 kV y 30 kV donde pueden apreciarse las estructuras para el equipamiento de esta subestación.

Todo el aparellaje de la instalación eléctrica de intemperie irá sobre soportes metálicos.

Tanto la estructura de la salida de línea como los soportes del aparellaje se realizarán en base a estructuras tubulares de acero o de alma llena.

Las cimentaciones necesarias para el anclaje de las estructuras se proyectarán teniendo en cuenta los esfuerzos aplicados, para asegurar la estabilidad al vuelco en las peores condiciones.

Toda la estructura metálica prevista será sometida a un proceso de galvanizado en caliente, una vez construida, con objeto de asegurar una eficaz protección contra la corrosión.

Estas estructuras se completan con herrajes y tornillería auxiliares para fijación de cajas de centralización, sujeción de cables y otros elementos accesorios.

La estructura metálica necesaria consta de:

20.1 Estructura metálica en 220 kV

20.1.1 Posición de línea

La posición de línea cuenta con las siguientes estructuras:

- Tres (3) soportes para montaje de botellas terminales de transición subterráneo-intemperie.
- Tres (3) soportes para pararrayos tipo autoválvula.
- Tres (3) soportes para transformadores de tensión.
- Un (1) soporte para seccionador de tres columnas equipado con cuchillas de puesta a tierra.
- Tres (3) soportes para interruptor automático de accionamiento monopolar.
- Tres (3) soportes para transformadores de intensidad.
- Un (1) soporte para seccionador de tres columnas.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

20.1.2 Posiciones de transformador

La posición de transformador cuenta con las siguientes estructuras:

- Tres (3) soportes para pararrayos tipo autoválvula.
- Tres (3) soportes para interruptor automático de accionamiento monopolar.
- Tres (3) soportes para transformadores de intensidad.
- Un (1) soporte para seccionador de tres columnas.

20.1.3 Posición de embarrado principal

- Tres (3) soportes para embarrado principal.
- Tres (3) soportes de aisladores de embarrado bajo.
- Tres (3) soportes para transformadores de tensión inductivos de barras.

20.2 Estructura metálica en 30 kV

La posición de transformador cuenta con las siguientes estructuras:

- Un (1) soporte tripolar para embarrado de 30 kV, terminales de los cables de potencia y autoválvulas.
- Un (1) soporte de embarrado de 30 kV para reactancia trifásica de puesta a tierra.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

21. SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares de la Subestación estarán atendidos necesariamente por los dos sistemas de tensión (c.a. y c.c.). Para la adecuada explotación del centro, se instalarán sistemas de alimentación de corriente alterna y de corriente continua, según necesidades, para los distintos componentes de control, protección y medida.

Para el control y operatividad de estos servicios auxiliares de c.a. y c.c. se ha dispuesto el montaje de dos cuadros de centralización de aparatos, uno de corriente alterna y otro de corriente continua para la sala de control, formados por bastidores modulares a base de perfiles y paneles de chapa de acero.

El cuadro consta de dos zonas diferenciadas e independientes, donde se alojan respectivamente los servicios de corriente alterna y corriente continua.

Cada servicio está compartimentado independientemente y tiene su acceso frontal a través de las puertas con cerradura en las que se ha fijado el esquema sinóptico.

21.1 Servicios auxiliares de corriente alterna (C.A.)

Para disponer de estos servicios se ha previsto la instalación de un (1) transformador de 100 kVA, que se instalarán en exterior. Estos transformadores se conectarán a su correspondiente módulo de celdas de 30 kV de alimentación a servicios auxiliares y, a su vez, alimentarán en baja tensión el cuadro de servicios auxiliares situado en el edificio de control.

Las características principales de este transformador son:

Tabla 27. Características transformadores de servicios auxiliares

Aislamiento	Seco
Instalación	Exterior
Potencia nominal	100 kVA
Tensión primaria	30 kV $\pm 2,5\% \pm 5\% \pm 7,5\%$
Tensiones secundarias	0,400-0,230 kV
Conexión	Triangulo/Estrella
Grupo de conexión	Dyn11

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

En caso de caída del transformador de servicios auxiliares o de alguno de los elementos que componen el sistema, se contará con un grupo electrógeno de 160 kVA que alimentará directamente el cuadro de servicios auxiliares para no interrumpir la alimentación de los sistemas correspondientes.

21.2 Servicios auxiliares de corriente continua (C.C.)

Para la tensión de corriente continua se ha proyectado la instalación de dos equipos compactos rectificador-batería de 125 V.c.c., uno principal que alimentará los circuitos de control y fuerza y otro de reserva, para la alimentación redundante de la unidad de control de subestación y de las segundas bobinas de disparo.

Los dos equipos de 125 V.c.c. funcionan ininterrumpidamente y durante el proceso de carga y flotación su funcionamiento responde a un sistema prefijado que actúa automáticamente sin necesitar de ningún tipo de vigilancia o control, lo cual da mayor seguridad en el mantenimiento de un servicio permanente.

También se instalará un equipo compacto rectificador-batería de 48 V.c.c para comunicaciones por cada sala de control.

Además de los equipos mencionados anteriormente, se instalará una fuente de alimentación conmutada para los equipos de comunicaciones, que se alimentará a 125 V.c.c. y tendrá una tensión de salida de 48 V.c.c.

Para el sistema de servicios auxiliares de corriente continua se utilizarán baterías de Níquel-Cadmio.

21.3 Protecciones CC y CA

Todos los dispositivos de protección (fusibles, interruptores magnetotérmicos y/o diferenciales) de la instalación, tanto de corriente alterna como de continua de baja tensión, utilizados permiten la conexión y desconexión en carga y serán de tipo omipolar.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

22. CUADROS DE PROTECCIONES Y CONTROL

El mando y control de la Subestación, así como los equipos de protección y automatismo, se instalarán en armarios constituidos por paneles de chapa de acero y un chasis formado con perfiles y angulares metálicos del mismo material.

22.1 Unidades de control

El mando y control de la Subestación será de tipo digital y estará constituido por:

- Una (1) unidad de Control de Subestación (UCS), de arquitectura redundante, dispuesta en un armario de chapa de acero en el que se ubicarán, además de la unidad de control propiamente dicha, una pantalla y un teclado en el frente, un reloj de sincronización GPS, una unidad de control para la adquisición de las señales de los servicios auxiliares y una bandeja para la instalación de los módems de comunicación con el Telemando.
- Una Unidad de Control de Posición (UCP) por cada posición de la Subestación, constituida por un rack de 19", ubicada en el armario de control y protecciones.

Desde cada UCP se podrá controlar y actuar localmente sobre la posición asociada, y desde la UCS se podrá controlar cualquiera de las posiciones, así como disponer de información relativa a medidas, alarmas y estado del sistema en general.

22.2 Armarios de control y protecciones.

Se instalará un armario de control y protecciones por cada posición.

Los armarios de control y protección estarán compuestos por chasis contruidos con perfiles metálicos, cerrados por paneles laterales fijos, acceso anterior con chasis pivotante y puerta frontal de cristal o policarbonato ignífugo, lo cual permite una gran visibilidad, protección contra polvo y suciedad, y fácil manejo y acceso a los aparatos instalados.

22.2.1 Protecciones de línea de 220 kV

Para la línea de 220 kV se instalarán, al menos, los siguientes equipos de protección:

- Un (1) equipo de control de posición (UCP) con multiconvertidor incorporado para dar las señales de tensión, intensidad, potencia activa y reactiva.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

- Una protección que incluirá las funciones de protección diferencial de línea (87L-1), protección de distancia (21-1), protección de sobretensión (59) y protección de sobreintensidad direccional (67N-1), supervisión de bobinas (3) y reenganche (79).
- Una protección que incluirá las funciones de protección diferencial de línea (87L-2), una protección de distancia (21-2), comprobación de sincronismo (25), protección de sobreintensidad direccional (67) y protección fallo de interruptor (50s-62).
- Una protección que incluirá las funciones de máxima y mínima frecuencia (81M/m), baja tensión (27) y sobre tensión (59).
- Un convertidor de tensión para dar señal de tensión al despacho de control.

22.2.2 Protecciones de embarrado principal 220 kV

Para la posición de barras se instalarán, al menos, los siguientes equipos de protección:

- Una (1) protección que incluirá las funciones de máxima y mínima frecuencia (81M/m), baja tensión (27) y sobre tensión (59).
- Protección diferencial de barras (87B) con fallo de interruptor (50FI).

22.2.3 Protecciones de transformador

En la posición de transformador se instalarán los siguientes equipos de protección:

- Un (1) equipo de control de posición (UCP) con multiconvertidor incorporado para dar las señales de tensión, intensidad, potencia activa y reactiva.
- Un (1) relé con las funciones de protección de sobreintensidad de fase y neutro instantánea (50, 50N), sobreintensidad de fase y neutro temporizada (51, 51N), supervisión de bobinas (3).
- Dos (2) protecciones diferenciales de transformador (87T-1 y 87T-2).
- Un (1) equipo de regulación de tensión (90/70).

22.2.4 Protecciones de las reactancias de p.a.t.

Para la reactancia de puesta a tierra se instalarán, al menos, los siguientes equipos:

- Un (1) equipo de protección de sobreintensidad de tres fases y neutro para proteger instantáneamente la reactancia de puesta a tierra y temporizada de neutro para faltas en el cable de potencia desde las bornas de baja del transformador hasta la posición de entrada de las celdas de media tensión. (50TZ/51G).

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

22.2.5 Protecciones de las celdas de 30 kV

Para las celdas de transformador de 30 kV se instalarán los siguientes equipos de protección:

- Un (1) equipo integrado de protección y control (UCP) que incluye las funciones de protección de sobreintensidad de fase y neutro instantánea (50, 50N), sobreintensidad de fase y neutro temporizada (51, 51N) y supervisión de bobinas (3), máxima y mínima tensión (27, 59), sobretensión homopolar (59N) y fallo de interruptor (50S-62).
- Un (1) convertidor de potencia activa y reactiva.
- Un contador con registrador integrado para que el despacho tenga los pulsos de energía activa y reactiva.

Para las celdas de línea de 30 kV se instalarán los siguientes equipos de protección:

- Una (1) protección con funciones de control local y comunicaciones para integrar la posición en la subestación, incluyendo las funciones de sobreintensidad de fase y neutro instantánea (50, 50N), sobreintensidad temporizada de fase y neutro sensible (51-51Ns), supervisión de bobinas (3), mínima tensión (27) y sobreintensidad direccional de neutro (67N).

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

23. MEDIDA

23.1 Medida de Energía

Se montarán armarios autoportados para la instalación de los equipos. Las medidas de punto frontera se situarán en la subestación Alcalá II Colectora, situada a menos de 500 metros de la Subestación Alcalá II (actual Complutum 220 kV) de REE, objeto de un proyecto independiente.

Se instalarán equipos de medida para la medida fiscal de las plantas de generación renovable:

Medida principal y comprobante Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol:

La medida principal se realizará en la posición de transformador de 220 kV, mientras que la medida comprobante se realizará en cada una de las dos celdas de acometida de transformador en 30 kV. Se instalarán en total:

- Dos (2) contadores combinados de activa/reactiva a cuatro hilos clase 0,2S en activa y 0,5 en reactiva, bidireccional, con emisor de impulsos, $3 \times 110\sqrt{3}$ V y 3×5 A, simple tarifa y montaje empotrado
- Dos (2) módulos tarificadores de cuatro entradas con reloj interno incorporado y salida serie de comunicaciones.

23.2 Resto de medidas

La medida de las posiciones de toda la subestación se integrará, bien directamente (desde los T/i y T/t) bien a través de convertidores que se integrarán en el sistema de control.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

24. TELECONTROL Y COMUNICACIONES

La instalación se explotará en régimen abandonado, por lo que la Subestación estará dotada de un sistema de Telecontrol, el cual se encarga de recoger las señales, alarmas y medidas de la instalación para su transmisión a los centros remotos de operación.

La información a transmitir será tratada y preparada por el sistema de control integrado y la transmisión se realizará por fibra óptica, instalada en la línea eléctrica.

A través de esta vía de comunicación se podrán transmitir señales de teledisparo y realizar telemedida.

Los equipos de comunicaciones a instalar se alimentarán desde una fuente conmutada con tensión de salida de 48 V.c.c. y que se instalará en uno de los armarios de la sala de comunicaciones y desde un rectificador-batería de 48 V.c.c.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

25. ALUMBRADO

La construcción de la Subestación se integrará con un sistema de alumbrado exterior y otro interior en el edificio con un nivel lumínico, en ambos casos, suficiente para poder efectuar las maniobras precisas con el máximo de seguridad, además de un sistema de alumbrado de emergencia.

Las características y requerimientos de la iluminación interior, exterior y emergencia de la subestación se describen en el “Anexo I: Servicios Auxiliares”, incluido en el presente proyecto.

25.1 Alumbrado exterior

Los equipos de alumbrado a instalar permitirán la ejecución de maniobras y revisiones necesarias cumpliendo las siguientes premisas:

- Con carácter general, no se instalarán luminarias en una posición tal que envíen luz por encima del plano horizontal en su posición de instalación.
- El espectro de luz será tal que se evitará una mayor intensidad en longitudes de onda inferiores a 54 nm como la que emiten las lámparas de Vapor de Sodio a alta presión.
- Los lugares a iluminar serán los indispensables, evitando así la intrusión lumínica en espacios innecesarios y la emisión directa al cielo.

Por lo anterior, para la iluminación exterior se montarán proyectores de aluminio anodizado, cerrados, que alojarán lámparas de 250 y 400 W tipo LED.

Se utilizarán luminarias que tengan el vidrio refractor de cerramiento plano y transparente.

Los proyectores se instalarán sobre soportes de una altura suficiente y adecuadamente orientados con el fin de facilitar las labores de mantenimiento.

El encendido de este alumbrado se produce manual o automáticamente por medio de un reloj programador instalado en el cuadro de servicios auxiliares, en el que irá montado el contactor y los fusibles que protegen el correspondiente circuito.

25.2 Alumbrado interior

El alumbrado interior en el edificio, se realizará con pantallas para tubos fluorescentes que proporcionarán la iluminación exigida a cualquier necesidad.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

25.3 Alumbrado de emergencia

Se instalará un sistema de alumbrado de emergencia, compuesto por lámparas y alimentado en corriente continua con posibilidad de doble ciclo (uno automático y otro manual), garantizando el nivel de iluminación requerido.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

26. SISTEMAS COMPLEMENTARIOS DE LA SUBESTACIÓN

La subestación irá equipada con los siguientes sistemas complementarios:

- Sistema anti-intrusismo:
 - > Sistema anti-intrusos en el edificio mediante contactos de puerta y alarma, que también se transmitirá por telemando.
 - > Sistema de CCTV, que se integrará con el resto de elementos anti-intrusismo, de manera que se puedan distinguir las amenazas y tenga capacidad de enviar señales de alarma.
 - > Sistema de alarma compatible con todos los accesos previstos (puertas de acceso al edificio y puertas de acceso del cerramiento de la subestación, de manera que se pueda activar/desactivar con independencia del acceso utilizado.
 - > Sistema de control de acceso mediante tarjeta o similar.
- Sistema de detección de humos en el edificio. La activación de este sistema emitirá una alarma que se transmitirá por telemando.
- Sistema de extinción de incendios con medios manuales.
- Sistema de aire acondicionado con bomba de calor que se instalará en cada sala de control y comunicaciones.
- Se dispondrá de un sistema de ventilación con extractor en la sala de celdas.
- Con el objetivo de evitar la evacuación de cualquier efluente al terreno, el edificio contará con un sistema de tratamiento de aguas residuales (fosa séptica estanca permanente). Además, se dispondrá de un depósito de agua.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

27. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

27.1 Red de tierras inferiores

Se dotará a la instalación de una malla de tierra inferior enterrada a 0,80 m de profundidad, que se extenderá hacia el exterior del cerramiento perimetral y que permita reducir las tensiones de paso y de contacto a niveles admisibles, anulando el peligro de electrocución del personal que transite tanto por el interior como por el exterior de la instalación.

Todos los elementos metálicos de la instalación estarán unidos a la malla de tierras inferior, dando cumplimiento a las exigencias descritas en la ITC-RAT 13 del “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión”.

Según lo establecido en el citado Reglamento, apartado 6.1 de la ITC-RAT 13, se conectarán a las tierras de protección todas las partes metálicas no sometidas a tensión normalmente, pero que pueden estarlo como consecuencia de averías, accidentes, sobretensiones por descargas atmosféricas o tensiones inductivas. Por este motivo, se unirán a la malla de tierra:

- Los chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Los envoltentes de los conjuntos de armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las vallas y cercas metálicas.
- Las columnas, soportes, pórticos, etc.
- Las estructuras y armaduras metálicas del edificio que contenga instalaciones de alta tensión.
- Las armaduras metálicas de los cables.
- Las tuberías y conductos metálicos.
- Las carcasas de transformadores, generadores, motores y otras máquinas.
- Hilos de guarda o cables de puesta a tierra de las líneas aéreas.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.
- Pantalla de separación de los circuitos primario y secundario de los transformadores de medida o protección.

Se conectarán directamente a tierra, sin uniones desmontables intermedias, los siguientes elementos, que se consideran puestas a tierra de servicio:

- Los neutros de los transformadores, que lo precisen, en instalaciones o redes con neutro a tierra de forma directa o a través de resistencias o bobinas.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

- El neutro de los alternadores y otros aparatos o equipos que lo precisen.
- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida o protección, salvo que existan pantallas metálicas de separación conectadas a tierra entre los circuitos de alta y baja tensión de los transformadores.
- Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas.

Las conexiones previstas se fijarán a la estructura y carcasas del aparellaje mediante tornillos y grapas especiales de aleación de cobre, que permitan no superar la temperatura de 200 °C en las uniones y que aseguren la permanencia de la unión. Se hará uso de soldaduras aluminotérmicas Cadweld de alto poder de fusión, para las uniones bajo tierra, ya que sus propiedades son altamente resistentes a la corrosión galvánica.

27.2 Red de tierras aéreas

La red de tierras aéreas se diseñará y ejecutará de tal manera que la subestación esté protegida contra las sobretensiones de origen atmosférico. Para ello, se instalará la aparamenta necesaria incluyendo puntas Franklin en diferentes lugares de la subestación o pararrayos con dispositivo de cebado.

El diseño deberá cumplir con lo establecido en las normativas de referencia IEEE 998 - IEEE Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations, UNE-EN 62305 Protección contra el rayo y UNE 21186 Protección contra el rayo: Pararrayos con dispositivo de cebado, así como otras normativas de referencia y aprobación nacional e internacional.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

28. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 337/2014 sobre compatibilidad electromagnética en subestaciones eléctricas.

Por lo que respecta a los niveles de campo magnético permitidos, según el Real Decreto 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 emisiones radioeléctricas, se establece, tal y como se observa en el cuadro siguiente, el límite de campo magnético admitido como $5/f$, siendo f la frecuencia en kHz. De esta manera, el límite de campo electromagnético es de $100 \mu\text{T}$ a 50 Hz. Dicho valor no debe ser excedido en las zonas públicas exteriores de la instalación.

CUADRO 2

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados)

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m^2)
0-1 Hz	–	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	–
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	–
3-150 kHz	87	5	6,25	–
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	–
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	–
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2.000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

El campo electromagnético generado por las diferentes corrientes eléctricas dependerá de la intensidad que discurre por los diferentes tipos de cableado. En este caso, en el Anexo II. Cálculos justificativos. Estudio de Campos Electromagnéticos que se adjunta en el presente proyecto se justifica el cumplimiento de los niveles referenciados anteriormente.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

29. OBRA CIVIL

La obra civil para la construcción de la Subestación consistirá en:

29.1 Explanación y acondicionamiento del terreno

Se proyecta la ejecución de la explanación existente a la cota de proyecto, llevándose a cabo el desbroce y retirada de la tierra vegetal de dicha zona, que se acopiará en obra para su extendido final en las zonas libres exteriores a la explanada, procediéndose posteriormente a la realización de los trabajos de excavación y relleno compactado en las correspondientes zonas hasta la referida cota de explanación.

La subestación se implantará en el lugar con reducida pendiente para minimizar el movimiento de tierras y por lo tanto minimizar en mayor medida el impacto ambiental sobre el terreno y paisaje.

La cota de terminado de grava de la explanada quedará 10 cm por encima de la cota de explanación indicada.

29.2 Cerramiento perimetral

El cerramiento que delimitará el terreno destinado a alojar la subestación estará formado por una malla metálica, fijado todo sobre postes metálicos de 48 mm de diámetro, colocados cada 2,50 m. La sujeción de los postes al suelo se realizará mediante dados de hormigón, rematándose el espacio entre dados con un bordillo prefabricado. El cerramiento así constituido tendrá una altura de 2,30 m sobre el terreno, cumpliendo la mínima reglamentaria establecida de 2,20 m.

Además de lo señalado anteriormente, en todas las orientaciones del cerramiento se instalarán señales de advertencia de peligro por alta tensión, con objeto de advertir sobre el peligro de acceso al recinto a las personas ajenas al servicio.

Se instalarán para el acceso a la subestación dos puertas metálicas, una peatonal de una hoja y 1 m de anchura y otro tipo abatible para el acceso de vehículos.

29.3 Accesos y viales interiores

Se ha proyectado el acceso a la Subestación desde una vía de comunicación de dominio público.

Se construirán los viales interiores necesarios para permitir el acceso de los equipos de transporte y mantenimiento requeridos para el montaje y conservación de los elementos de la Subestación. El vial interior para la descarga del transformador de potencia tendrá un ancho de 5 metros mientras que el resto de viales auxiliares serán de 3 metros. Estos viales serán de firme rígido.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

29.4 Edificio

Se instalará un edificio formado por elementos modulares prefabricados de hormigón armado y de estructura metálica con aislamiento térmico, realizándose “in situ” la cimentación y solera para el asiento y fijación de dichos elementos prefabricados y de los equipos interiores del edificio, así como la organización de las canalizaciones necesarias para el tendido de los cables de potencia y control. Además, se revestirá el propio edificio con una capa de mortero y se rematará con una cubierta a dos aguas de teja árabe tradicional.

El edificio constará de una sola planta, que se distribuirá en las siguientes salas:

- Sala de control.
- Sala de celdas.
- Aseos.
- Vestuarios.
- Almacén de residuos.
- Almacén.

En las salas de control irán ubicados los equipos correspondientes al control, protección, comunicación, servicios auxiliares en BT, etc., necesarios para el correcto funcionamiento de la Subestación e instalaciones de generación.

En la sala de celdas se ubicarán las celdas de media tensión correspondiente al sistema de 30 kV. En estas salas se encuentran las celdas de media tensión que protegen los circuitos de media tensión de las instalaciones de generación.

Los vestuarios disponen de falso techo y de suelo técnico para elevar la cota del suelo a la cota de acceso.

Cada aseo está compuesto por una ducha y un servicio individual con retrete, además de lavabos.

El almacén tendrá como acceso una puerta de doble hoja para introducir los equipos a almacenar.

Exteriormente el edificio irá rematado con una acera perimetral.

Los paneles de fachada se revestirán con capa de mortero (enfoscado) con lo que se busca respetar las tipologías y colores de las edificaciones de la zona. La cubierta se ejecutará a dos aguas con teja árabe tradicional.

El edificio contará con un sistema de tratamiento de aguas residuales (fosa séptica estanca permanente), compuesto por una cámara separadora de grasas y una fosa integral con prefiltro; evitando el vertido de cualquier efluente al terreno. Además, se dispondrá de un depósito de agua.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

29.5 Bancada de transformador y depósito de aceite

Para la instalación del transformador de potencia previsto se construirá una (1) bancada, formada por una cimentación de apoyo, y una cubeta para recogida del aceite, que en caso de un hipotético derrame se canalizará hacia un depósito en el que quedará confinado. La cimentación se recubrirá con pintura impermeabilizante para evitar cualquier fuga en caso de vertido de aceite.

Se instalará un (1) depósito de aceite.

El depósito de aceite proyectado dispone del volumen suficiente para confinar el aceite de uno de los transformadores, según indicado en la norma UNE EN- 61936 y un porcentaje de seguridad del 30 % para contemplar la posible entrada de agua.

No obstante, el dimensionamiento definitivo del depósito de aceite se deberá realizar en fase de ingeniería de detalle/ejecución, mediante el estudio y análisis de las necesidades concretas de las establecidas por el fabricante del transformador de potencia que finalmente se decidan instalar en la subestación. Este estudio considerará las características de los fluidos dieléctricos de los transformadores, así como sus volúmenes.

El material definitivo del depósito de aceite también se deberá establecerse determinará en la fase de ingeniería de detalle/ejecución pudiendo ser de hormigón armado o poliéster reforzado con fibra de vidrio.

29.6 Cimentaciones

Se realizarán las cimentaciones necesarias para la sustentación del aparellaje exterior de 220 kV y 30 kV, así como del resto de elementos de exterior a instalar en la subestación.

29.7 Canalizaciones eléctricas

Se construirán todas las canalizaciones eléctricas necesarias para el tendido de los correspondientes cables de potencia y control.

Estas canalizaciones estarán formadas por zanjas, arquetas y tubos, enlazando los distintos elementos de la instalación para su correcto control y funcionamiento.

Las zanjas se construirán con bloques de hormigón prefabricado, colocados sobre un relleno filtrante en el que se dispondrá un conjunto de tubos porosos que constituirán parte de la red de drenaje, a través de la cual se evacuará cualquier filtración manteniéndose las canalizaciones libres de agua.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

29.8 Drenaje de aguas pluviales

El drenaje de las aguas pluviales se realizará mediante una red de recogida formada por tuberías drenantes que canalizarán las mismas a través de un colector hasta el exterior de la Subestación, vertiendo en las cunetas próximas.

29.9 Terminado de la subestación

Acabada la ejecución del edificio, cimentaciones y canalizaciones, se procederá a la extensión de una capa de grava de 10 cm de espesor para dotar de uniformidad la superficie de la subestación. Se favorecerá este pavimento oscuro para reducir la contaminación lumínica.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO I: MEMORIA	

30. PLANIFICACIÓN

Teniendo en cuenta las posibilidades de acopio de materiales y las necesidades del servicio, el tiempo necesario para la ejecución de las obras que se detallan en el presente Proyecto puede estimarse en cinco meses.

Tabla 28. *Planificación Subestación*

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
1. Construcción: Obra civil					
2. Construcción: Montaje y prueba de equipos					
3. Puesta en servicio					

Madrid, agosto de 2024



Enrique Romero Sendino

Ingeniero Industrial

Colegiado en Burgos nº 1329



Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción

Subestación Haza del Sol

Agosto 2024 v01

Anexo I: Servicios auxiliares



	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO I: SERVICIOS AUXILIARES	

VERSIÓN	CREADO	REVISADO	FECHA	COMENTARIOS
01	D.J.S.Y.	E.R.S.	23/08/2024	Edición inicial

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO I: SERVICIOS AUXILIARES	

Contenido

1.	OBJETO	4
2.	INSTALACIONES AUXILIARES	5
2.1	Descripción de la instalación	5
2.2	Sistemas auxiliares	5
2.3	Instalación de alumbrado	6
2.4	Instalación de fuerza	6
2.5	Protección contra incendios	7
2.5.1	Caracterización del riesgo.	7
2.5.2	Edificio	8
2.5.3	Parque intemperie	8
2.5.4	Medidas adoptadas	9
2.5.5	Requisitos de las instalaciones	10

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO I: SERVICIOS AUXILIARES	

1. OBJETO

El presente anexo tiene como objeto describir los circuitos de servicios auxiliares, así como los trabajos a efectuar para la instalación de alumbrado y fuerza en el interior del edificio de la Subestación Haza del Sol.

La tensión de alimentación para la nueva instalación será de (3Ø + N) 400/230 V.c.a. y 50 Hz. Empleando equipos de rectificación se alimentarán los consumos de corriente continua a 125 Vcc y 48 Vcc para comunicaciones.

Todos los dispositivos de protección (fusibles, interruptores magnetotérmicos y/o diferenciales) de la instalación, tanto de corriente alterna como de continua de baja tensión, utilizados permiten la conexión y desconexión en carga y serán de tipo omnipolar.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO I: SERVICIOS AUXILIARES	

2. INSTALACIONES AUXILIARES

2.1 Descripción de la instalación

La subestación objeto de este proyecto contará con un edificio destinado a alojar los diferentes equipos eléctricos, así como las salas pertinentes para un correcto uso de las instalaciones.

Dicho edificio estará compuesto por:

- Sala de control.
- Sala de celdas.
- Aseos.
- Vestuarios.
- Almacén de residuos.
- Almacén.

2.2 Sistemas auxiliares

La subestación objeto de este proyecto contará con una instalación eléctrica de baja tensión encargada de alimentar a los siguientes sistemas auxiliares:

- Cuadro de servicios auxiliares de corriente alterna y corriente continua.
- Rectificadores.
- Baterías de Níquel-Cadmio 125 Vcc.
- Sistema de alumbrado: el sistema de alumbrado de la subestación se compone de los sistemas de alumbrado normal y de emergencia.
- Red de distribución de tomas de corriente: la subestación estará provista de una red distribuida de tomas de corriente de 400 y 230 voltios dependiendo de los usos definidos para cada una de las salas.
- Sistema de detección y protección contra incendios: la subestación dispondrá de un sistema de protección contra incendios (PCI) diseñado para prevenir, mitigar o en su caso sofocar los daños causados por el fuego en las instalaciones.
- Sistema anti-intrusismo.
- Sistema de control de acceso.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO I: SERVICIOS AUXILIARES	

- Sistema de video-vigilancia (CCTV), integrado con el resto de elementos anti-intrusismo.
- Sistemas de ventilación y aire acondicionado.
- Servicios de telecomunicaciones: la subestación estará dotada de los siguientes sistemas de telecomunicaciones necesarios para la operación de la misma:
 - > Sistema de telefonía.
 - > Sistema de megafonía.
 - > Sistema de comunicación con radios de mano.
 - > Sistema de grabación de conversaciones telefónicas.
 - > Telecontrol y telemedida.

2.3 Instalación de alumbrado

La Subestación contará con un sistema de alumbrado exterior y otro interior en el edificio con un nivel lumínico, en ambos casos, suficiente para poder efectuar las maniobras precisas con el máximo de seguridad, además de un sistema de alumbrado de emergencia.

En las salas del edificio se instalarán los siguientes elementos:

- Treinta y ocho (38) luminarias abiertas, de 2x40 W de potencia, para dos lámparas fluorescentes de 36 W con kit de encendido voluntario de emergencia en una lámpara.
- Ocho (8) luminarias de emergencia AUTÓNOMA, de 165 lúmenes y autonomía 1h.
- Dos (2) proyectores de aluminio anodizado, cerrado, de 400 W.
- Tres (3) ojos de buey oval de 100 W.

En los planos adjuntos se observa la disposición de las luminarias en cada una de las salas.

2.4 Instalación de fuerza

En las salas del edificio se instalarán los siguientes elementos:

- Once (11) bases de enchufe tripolar 3P+T 32A 400 V + bases de enchufe bipolar 2P+TT 16 A 230V.
- Dieciocho (18) bases de enchufe bipolar 2P+TT 10/16 A 250V.

En los planos adjuntos se observa la disposición de las tomas de fuerza en cada una de las salas.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO I: SERVICIOS AUXILIARES	

2.5 Protección contraincendios

El incendio no es riesgo inherente a la propia actividad a desarrollar en la subestación, en la que no se requiere el almacenamiento ni manipulación de ningún tipo de producto que pudiera resultar peligroso bajo el punto de vista del riesgo de incendio.

Los materiales y elementos que constituyen las instalaciones de la subestación no presentan riesgo de incendio, la ocupación personal se puede considerar nula al tratarse de una instalación totalmente automatizada y telecontrolada, que se encuentra ubicada en un espacio abierto y amplio, presentando, en resumen, una carga térmica baja, procedente prácticamente en su totalidad de los aceites dieléctricos contenidos en el transformador de potencia, que permiten clasificar la subestación objeto de este proyecto, desde el punto de vista de incendio, de bajo riesgo.

Además, este riesgo queda reducido por la propia protección de los equipos, que provoca automáticamente su puesta fuera de servicio ante cualquier anomalía que ocasione sobreintensidades, sobretensiones y calentamientos anormales en la explotación de este tipo de instalaciones.

En los siguientes apartados se describen las medidas de seguridad contra incendios existentes en la subestación. La normativa aplicable a establecimientos industriales es la que sigue:

- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 2267/2004 del 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales.
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico, Seguridad en caso de Incendio.
- Real Decreto 809/2021, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- 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.

2.5.1 Caracterización del riesgo.

Según el artículo 12 del Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, la subestación transformadora debe ser caracterizada en base a su configuración y ubicación con relación a su entorno y a su nivel de riesgo intrínseco.

En la subestación objeto de este proyecto, se encuentran dos configuraciones distintas, a estudiar separadamente: por un lado, el edificio de la subestación, y por otro lado el parque intemperie.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO I: SERVICIOS AUXILIARES	

2.5.2 Edificio

- Configuración y ubicación con relación a su entorno: el edificio se caracteriza como instalación de tipo C: el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos; esta distancia está libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.
- Nivel de riesgo intrínseco: al tratarse de una instalación caracterizada como tipo C, se considera a cada edificio como un único sector de incendio.

2.5.3 Parque intemperie

Los sistemas de protección contra incendios de las instalaciones eléctricas de exterior deben cumplir con la ITC-RAT 15 del Real Decreto 337/2014.

Se deberán adoptar las medidas de protección pasiva y activa que eviten en la medida de lo posible la aparición o la propagación de incendios en las instalaciones eléctricas de alta tensión teniendo en cuenta:

- a) La propagación del incendio a otras partes de la instalación.
- b) La posibilidad de propagación del incendio al exterior de la instalación por lo que respecta a daños a terceros.
- c) La gravedad de las consecuencias debidas a los posibles cortes de servicio.

Los riesgos de incendio se particularizan principalmente en los transformadores o reactancias aislados con líquidos combustibles, en los que se tomarán una o varias de las siguientes medidas, según proceda:

- a) Dispositivos de protección rápida que corten la alimentación de todos los arrollamientos del transformador. No es necesario el corte en aquellos arrollamientos que no tengan posibilidad de alimentación de energía eléctrica.
- b) Elección de distancias suficientes para evitar que el fuego se propague a instalaciones próximas a proteger, o colocación de paredes cortafuegos.
- c) En el caso de instalarse juntos varios transformadores, y a fin de evitar el deterioro de uno de ellos por la proyección de aceite u otros materiales al averiarse otro próximo, se instalará una pantalla entre ambos de las dimensiones y resistencia mecánica apropiadas.
- d) La construcción de fosas colectoras del líquido aislante. Las instalaciones deberán disponer de cubas o fosas colectoras. Cuando la instalación disponga de un único transformador la fosa colectora debe tener capacidad para almacenar la totalidad del fluido
- e) Instalación de dispositivos de extinción apropiados, cuando las consecuencias del incendio puedan preverse como particularmente graves, tales como la proximidad de los transformadores a inmuebles habitados.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO I: SERVICIOS AUXILIARES	

En las instalaciones dotadas de sistemas de extinción de tipo fijo, automático o manual, deberá existir un plano detallado de dicho sistema, así como instrucciones de funcionamiento. Los extintores, si existen, estarán situados de forma racional, según las dimensiones y disposición del recinto que alberga la instalación y sus accesos.

En la elección de aparatos o equipos extintores móviles o fijos se tendrá en cuenta si van a ser usados en instalaciones en tensión o no, y en el caso de que sólo puedan usarse en instalaciones sin tensión se colocarán los letreros de aviso pertinentes.

2.5.4 Medidas adoptadas

- Sectorización.

Conforme al Anexo II del Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, se considera la superficie total de cada edificio como sector de incendio.

- Exigencia de comportamiento al fuego de los materiales.

Respecto a los productos situados en falsos suelos, todos los cables utilizados son no propagadores de incendio y con emisión de humo y opacidad reducida.

- Exigencia de comportamiento al fuego de los materiales portantes.

Para instalaciones del tipo C y nivel de riesgo bajo, la reglamentación vigente establece una estabilidad al fuego R 30 (EF-30) para plantas sobre rasante.

- Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento.

- Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo de cerramiento (o delimitador) se definen por los tiempos durante los que dicho elemento debe mantener las siguientes condiciones:

- > a) Estabilidad mecánica (o capacidad portante).
- > b) Estanqueidad al paso de llamas o gases calientes.
- > c) No emisión de gases inflamables en la cara no expuesta al fuego.
- > d) Aislamiento térmico suficiente para impedir que la cara no expuesta al fuego supere las temperaturas que establece la norma correspondiente.

Para todos los cerramientos o delimitadores la norma exige un comportamiento ante el fuego no inferior a la estabilidad al fuego de la estructura de su zona de incendio.

La resistencia al fuego de las medianerías será EI 120 (RF-120).

Todas las puertas de paso entre sectores tendrán una resistencia al fuego EI 60 (RF-60) en el caso de cada edificio, muy superior a la exigida en la norma. Todos los huecos que comuniquen sectores de incendio con el exterior estarán obturados para mantener la misma resistencia al fuego del sector de incendio.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO I: SERVICIOS AUXILIARES	

- Evacuación.

A pesar de no ser exigibles medidas de evacuación especiales debida a la operación por telemando y sin personal de la propia subestación, se garantizan las condiciones de evacuación fijadas por el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, apartado 6.4 del Anexo II.

- Instalaciones técnicas de servicio.

Las instalaciones de los servicios eléctricos cumplen con los requisitos establecidos por los reglamentos vigentes que específicamente las afectan:

- > 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.
- > Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002 e Instrucciones Técnicas Complementarias.

- Instalaciones de dispositivos de recogida de aceite.

Conforme a la ITC-RAT 15 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión se dispone de una instalación con fosa colectora del líquido aislante con capacidad para almacenar todo el fluido.

2.5.5 Requisitos de las instalaciones

De acuerdo con la reglamentación vigente de referencia, no es exigible para este tipo de instalación un sistema de detección automática de incendios por cuanto no está prescrito para edificios de tipo C y riesgo intrínseco bajo.

No obstante, y debido a la importancia de la instalación, se encuentra instalada una central de detección de incendios con zonas cruzadas para detectar incendios en las distintas dependencias del edificio.

Los medios manuales de extinción de incendios están señalizados por medio de carteles foto luminiscentes. Existen medios de extinción manual a base de extintores portátiles de CO₂, aptos para fuego de origen eléctrico, 5 kg de peso y situados de forma que el recorrido máximo hasta un extintor sea menor de 15 m.

2.5.5.1 Sistemas automáticos de detección de incendios

De acuerdo con la reglamentación vigente de referencia, no es exigible para este tipo de instalación un sistema de detección automática de incendios por cuanto no está prescrito para edificios de tipo C y riesgo intrínseco bajo. A pesar de ello, se instalará un sistema de detección de incendios.

El sistema de detección de incendios estará controlado por una central que cubre todas las dependencias en que está dividido cada edificio, incluido el falso suelo de la sala de control.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO I: SERVICIOS AUXILIARES	

Además, en las distintas dependencias del edificio se instalará un sistema de detección por aspiración con sensores de humo tipo iónico.

2.5.5.2 Sistemas manuales de alarma de incendios

En las distintas salas del edificio se instalarán pulsadores de alarma, situados en lugares fácilmente accesibles y señalizados con carteles indicadores de poliestireno con anagrama, texto y borde fotoluminiscente.

2.5.5.3 Sistemas de comunicación de alarma

No es necesario instalar un sistema de comunicación de alarma de incendios al ser una instalación con superficie construida inferior al límite establecido de 10.000 m². A pesar de ello, existe un sistema de alarmas acústicas en las zonas vigiladas por el sistema de detección de incendios que se activan automáticamente al detectarse un incendio. De este modo, en cada dependencia se sitúa una sirena bitonal, que permite diferenciar si se trata de una alarma por emergencia parcial o emergencia general.

2.5.5.4 Extintores de incendio

Según la Instrucción Técnica Complementaria ITC-RAT 14 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, se colocará como mínimo un extintor de eficacia 89B en aquellas instalaciones en las que no sea obligatoria la disposición de un sistema fijo de extinción. En concreto, se han situado extintores portátiles en todas las dependencias del edificio. El agente extintor adecuado para este tipo de instalación es el CO₂. La dotación de extintores minimiza la distancia del extintor con los puntos más probables de inicio del incendio y nunca es mayor de 15 m a cualquier punto del sector de incendio. En el parque de intemperie se dispondrá de extintores de CO₂ tipo carro de 50 kg.

Según se indica en el Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, en lo relativo a la ubicación de los extintores: el emplazamiento de los extintores permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio, a ser posible, próximos a las salidas de evacuación y, preferentemente, sobre soportes fijados a paramentos verticales, de modo que la parte superior del extintor quede situada entre 80 cm y 120 cm sobre el suelo.

2.5.5.5 Sistema de alumbrado de emergencia

Se encuentra instalado un sistema de alumbrado de emergencia en todas las dependencias del edificio compuesto por luminarias autónomas.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO I: SERVICIOS AUXILIARES	

2.5.5.6 Señalización

Todas las salidas de uso habitual o de emergencia y los medios manuales de protección contra incendios están perfectamente señalizados con carteles de poliestireno con anagrama, texto y borde fotoluminiscente.

Madrid, agosto de 2024.



Enrique Romero Sendino

Ingeniero Industrial

Colegiado en Burgos nº 1329



Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción

Subestación Haza del Sol

Agosto 2024 v01

Anexo II: Cálculos justificativos



	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

VERSIÓN	CREADO	REVISADO	FECHA	COMENTARIOS
01	D.J.S.Y.	E.R.S.	26/08/2024	Edición inicial

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

Contenido

1.	NIVELES DE AISLAMIENTO	5
2.	NIVELES DE CORRIENTE DEL PROYECTO	6
2.1	Niveles nominales.....	6
2.2	Niveles de cortocircuito.....	6
3.	DISTANCIAS MÍNIMAS	13
3.1	Distancia fase-tierra y entre fases. Sistema de 220kV	13
3.1.1	Distancias en pasillos de servicio	13
3.1.2	Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación	14
3.1.3	Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación.	15
3.2	Distancia fase-tierra y entre fases. Sistema de 30 kV	16
4.	CÁLCULO DE EMBARRADOS	17
4.1	Cálculos electromecánicos del embarrado 220 kV	19
4.2	Cálculos electromecánicos del embarrado 30 kV	25
5.	CÁLCULO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	29
5.1	Hipótesis de cálculo para soportes de aparellaje.....	29
5.1.1	Pesos.....	29
5.1.2	Hielo.....	29
5.1.3	Viento.....	29
5.1.4	Tracción de los conductores de fase	30
5.1.5	Carga excepcional	30
5.1.6	Cargas dinámicas	30
5.1.7	Esfuerzos de cortocircuito	30
5.1.8	Cargas sísmicas	30
5.1.9	Hipótesis de desplazamiento de la estructura	30
5.2	Material a utilizar.....	31
5.3	Simplificaciones introducidas.....	31
5.4	Coeficientes de seguridad	31

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

6.

CÁLCULO DE TIERRAS INFERIORES

32

7.

ESTUDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

40

7.1	Introducción.....	40
7.2	Objeto	40
7.3	Legislación	40
7.4	Ámbito de aplicación.....	41
7.5	Límites de exposición a las emisiones.....	41
7.6	Niveles de referencia	41
7.7	Definiciones.....	42
7.8	Medidas para limitar las emisiones.....	43
7.9	Cálculo de campos magnéticos.....	43
7.9.1	Consideraciones de cálculo	43
7.9.2	Cálculo de cableado de baja tensión entre el transformador de servicios auxiliares y el cuadro de baja tensión	44
7.9.3	Líneas subterráneas de 30 kV.....	47
7.9.4	Conexiones de 220 kV	48
7.9.5	Posiciones blindadas	49
7.9.6	Transformador de potencia.....	49
7.10	Conclusiones.....	50

1. NIVELES DE AISLAMIENTO

Los materiales que se emplearán en esta instalación serán adecuados y tendrán las características de aislamiento más apropiadas a su función.

Los niveles de aislamiento que se han adoptado, tanto para los aparatos, excepto los transformadores, como para las distancias en el aire, y según vienen especificados en el “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión”, ITC-RAT 12, son los siguientes:

- En 220 kV, que corresponden a un valor normalizado de tensión más elevada para el material de 245 kV eficaces, se adopta el nivel de aislamiento nominal máximo, que soporta 1050 kV de cresta a impulso tipo rayo y 460 kV eficaces a frecuencia industrial.
- Análogamente, en 30 kV el nivel de aislamiento adoptado corresponderá a la tensión más elevada para el material de 36 kV, soportando un valor de cresta de 170 kV ante impulsos tipo rayo, y 70 kV eficaces frente al ensayo a frecuencia industrial.

Tabla 1. Niveles de aislamiento

Tensión nominal (kV)	Tensión más elevada de la red (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV cresta)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)
220	245	1050	460
30	36	170	70

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

2. NIVELES DE CORRIENTE DEL PROYECTO

2.1 Niveles nominales

Para los diferentes niveles de tensión, se procede a calcular la corriente nominal de los circuitos. Presentando las intensidades base para el dimensionamiento de los equipos.

- Nivel de 220 kV:
 - > Posición de transformador evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol - Potencia aparente de transformador: 160 MVA.
 - Corriente nominal en el sistema de 220 kV - Posición transformador: 419,89 A.
 - > Posición de línea - Potencia aparente en salida de línea: 160 MVA.
 - Corriente nominal en el sistema de 220 kV - Posición de línea: 419,89 A.
- Nivel de 30 kV:
 - > Posición de transformador evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol - Potencia aparente de transformador: 160 MVA.
 - Corriente nominal en el sistema de 30 kV Módulo 1 - Posición transformador: 1.539,60 A.
 - Corriente nominal en el sistema de 30 kV Módulo 2- Posición transformador: 1.539,60 A.

2.2 Niveles de cortocircuito

En cuanto al nivel de corriente de cortocircuito trifásico y monofásico a tierra, se han contemplado las siguientes hipótesis para su cálculo:

- Partiendo de los datos del *Informe Anual de la Corriente de Cortocircuito en la red de transporte del Sistema Eléctrico Peninsular en el año 2022* publicado por Red Eléctrica de España, en el que se presentan los valores de cortocircuito para cada subestación de 220 y 400 kV del territorio peninsular español; se obtienen los siguientes valores:

Tabla 2. Niveles de cortocircuito Nudo evacuación REE

Nudo	Nivel de tensión (kV)	Icc trifásica P99 (kA)	Icc monofásica P99 (kA)	Relación X/R estadística P99	Relación X/R estadística P1
Evacuación REE	220	19,0	17,0	9,7	7,4

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- Impedancias de cortocircuito de los transformadores:

Para las impedancias de cortocircuito se toman los valores mínimos indicados en la Tabla 1 de la norma “UNE-EN 60076-5:2008 Transformadores de potencia. Parte 5: Aptitud para soportar cortocircuitos” al ser el caso más desfavorable, teniendo por tanto las siguientes impedancias de cortocircuito:

Tabla 1 – Valores mínimos reconocidos de la impedancia de cortocircuito para los transformadores con dos arrollamientos separados

Impedancia de cortocircuito a corriente asignada	
Potencia asignada kVA	Impedancia de cortocircuito mínima %
25 a 630	4,0
631 a 1 250	5,0
1 251 a 2 500	6,0
2 501 a 6 300	7,0
6 301 a 25 000	8,0
25 001 a 40 000	10,0
40 001 a 63 000	11,0
63 001 a 100 000	12,5
Mayor que 100 000	> 12,5
NOTA 1 Para las potencias asignadas superiores a 100 000 kVA, los valores son generalmente objeto de un acuerdo entre el fabricante y el comprador.	
NOTA 2 En el caso de unidades monofásicas conectadas en banco trifásico, los valores de la potencia asignada se aplican al banco trifásico.	

Por tanto, las características en cuanto a impedancias consideradas para el transformador del nudo, cuyas potencias aparecen reflejadas en las simulaciones de cortocircuito, serán las siguientes:

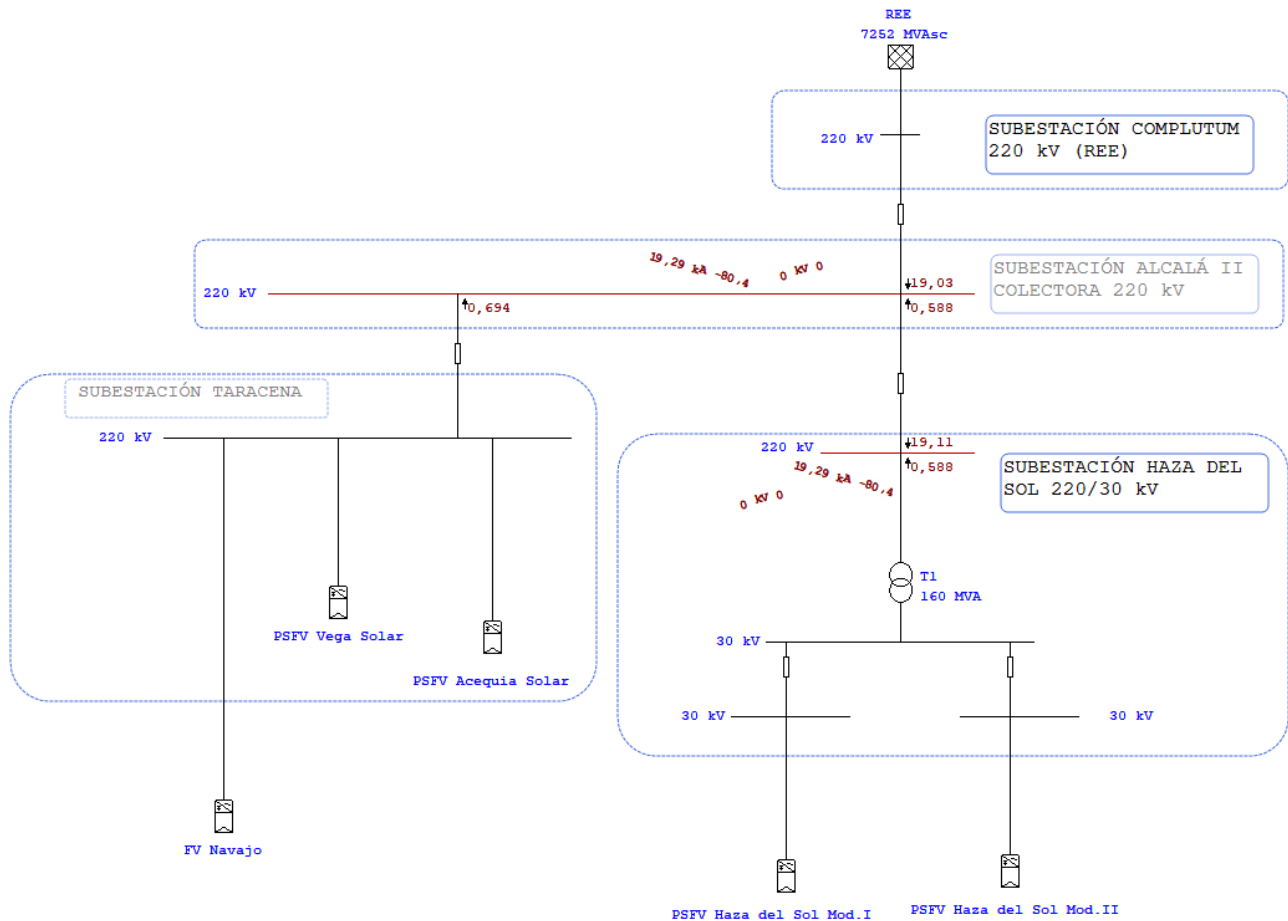
En el caso del transformador de la Subestación Haza del Sol:

- Impedancia de cortocircuito (% Zcc): 12,5 %; Relación X/R = 45. Además, se ha considerado el efecto en la impedancia de cortocircuito del intercambiador de tomas.

Con estos datos y, considerando las infraestructuras de evacuación entre el nudo de evacuación de REE y la subestación Haza del Sol se realiza el estudio con el que obtener los niveles de cortocircuito de la Subestación Haza del Sol, a partir de la IEC 60909:

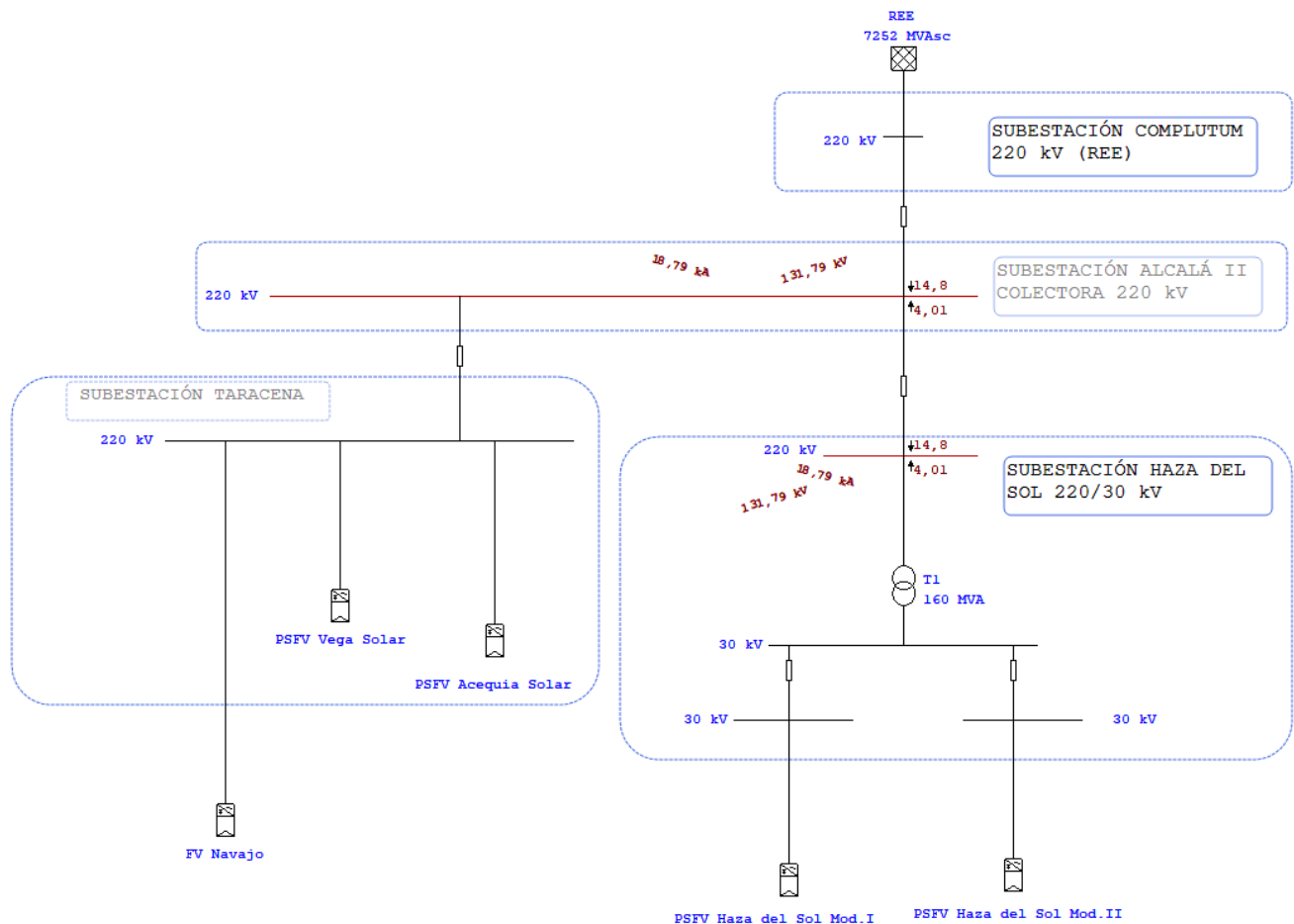
	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- Cortocircuito trifásico en 220 kV



	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- Cortocircuito monofásico a tierra en 220 kV



Las magnitudes consideradas para los cálculos en el proyecto objeto de este documento han sido:

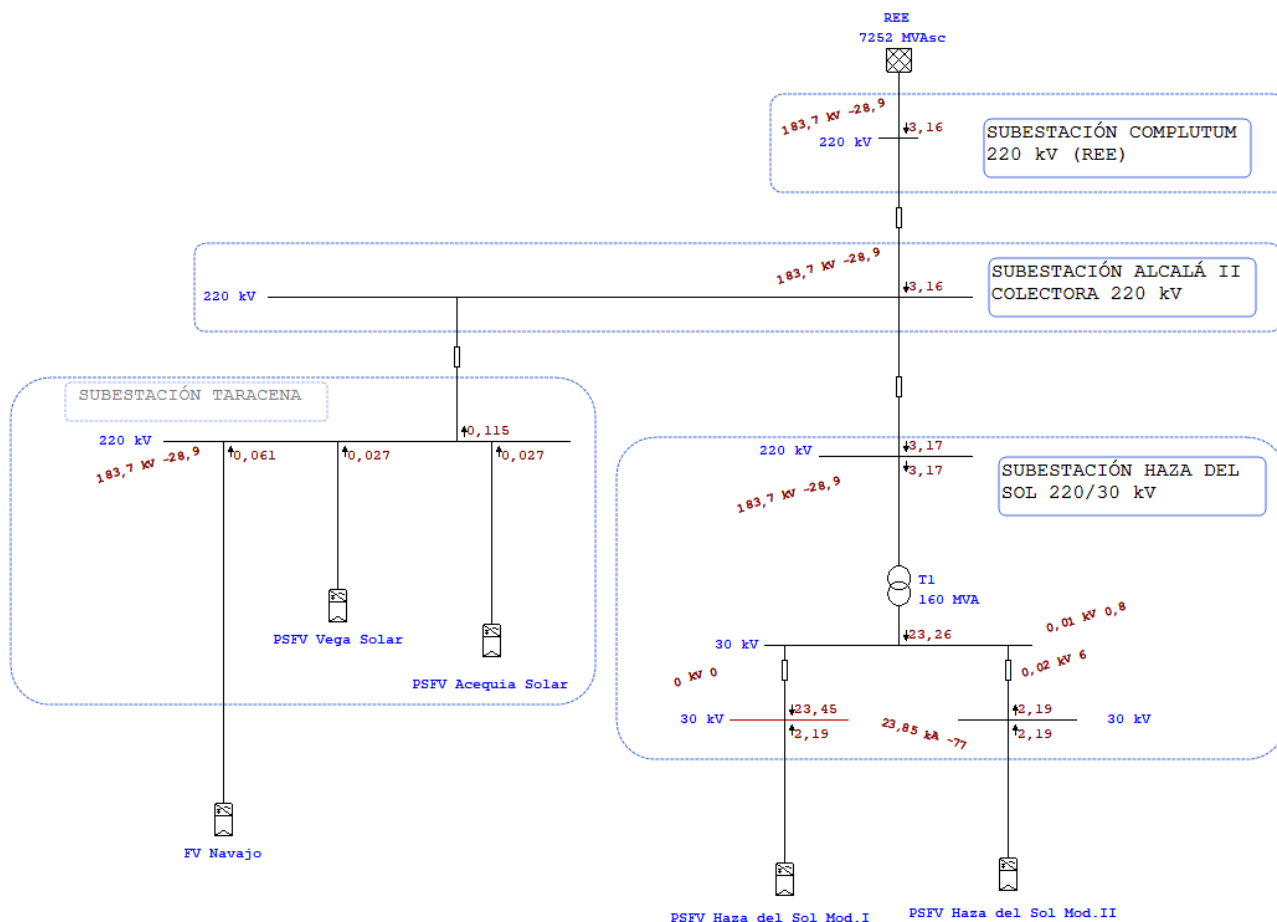
Tabla 3. Corriente de cortocircuito 220 kV

Caso	Nudo	Nivel de tensión (kV)	Icc trifásica máxima (kA)	Icc monofásica máxima (kA)
Estudios previos	Subestación Haza del Sol	220	19,29	18,79
Consideradas en proyecto	Subestación Haza del Sol	220	40	18,79

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

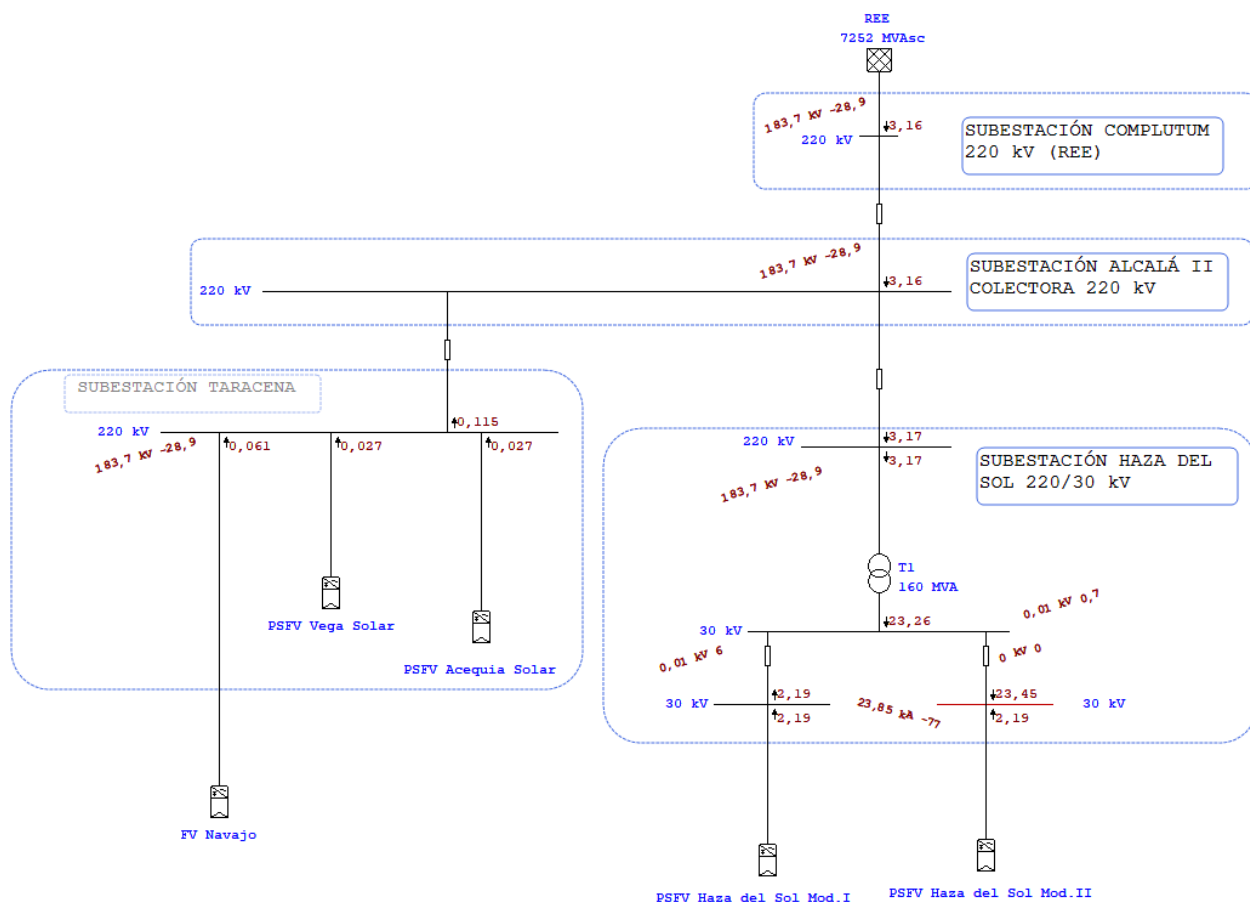
■ Cortocircuito trifásico en 30 kV

> Evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol – Módulo 1:



	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

> Evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol – Módulo 2:



■ Cortocircuito monofásico a tierra en 30 kV

Con el fin de limitar la corriente de defecto a tierra en el sistema de 30 kV, se instalará una reactancia trifásica, en aislamiento seco, conectadas al lado de MT del secundario del transformador de potencia asociado y equipada con tres (3) transformadores de intensidad de 500/5 A 15 VA 5P20 y un (1) transformador de intensidad de 500/5 A 15 VA 5P20.

En total, se instalará una (1) reactancia de puesta a tierra.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

Las características de estas reactancias son:

Tensión nominal de servicio	30 kV
Tensión de aislamiento	36 kV
Frecuencia	50 Hz
Intensidad de defecto a tierra por el neutro	500 A
Duración del defecto a tierra por el neutro	30 s
Aislamiento de partes activas	Seco
Tensión de ensayo a frecuencia industrial, 50 Hz	70 kV
Tensión soportada a onda de choque tipo rayo 1,2/50µs	170 kV

Las magnitudes consideradas para los cálculos en el proyecto objeto de este documento han sido:

Tabla 4. Corriente de cortocircuito 30 kV

Caso	Nudo	Nivel de tensión (kV)	Icc trifásica máxima (kA)	Icc monofásica máxima (kA)
Estudios previos	Evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol – Módulo 1	30	23,85	0,5
Estudios previos	Evacuación Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol – Módulo 2	30	23,85	0,5
Consideradas en proyecto	Subestación Haza del Sol	30	31,5	0,5

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

3. DISTANCIAS MÍNIMAS

El vigente “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión” en la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 12, especifica las normas a seguir para la fijación de las distancias mínimas a puntos en tensión.

La instalación se situará a una altitud sobre el nivel del mar inferior a 1.000 metros, por lo que en la siguiente tabla se muestran las distancias mínimas a los puntos de tensión.

Tabla 5. Distancias mínimas

Tensión nominal (kV)	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra (cm)	Distancia mínima de aislamiento en aire entre fases (cm)
220	1050	210	210
30	170	32	32

3.1 Distancia fase-tierra y entre fases. Sistema de 220kV

En el sistema de 220 kV, la distancia mínima entre fases es de 3,5 m. La altura mínima de los tendidos entre equipos sobre el suelo es de 6 m. Las distancias adoptadas son superiores a las especificadas en el citado reglamento.

3.1.1 Distancias en pasillos de servicio

Atendiendo a la instrucción ITC-RAT 15, apartado 4.1.2 los elementos en tensión no protegidos que se encuentran sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima “H” sobre el suelo, medida en centímetros, igual a:

$$H = 250 + d$$

Siendo “d” la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación. En el caso que aplica es 210 cm. Por lo tanto:

$$H = 250 + 210 = 460 \text{ cm}$$

Altura inferior a los 6 m de altura mínima sobre el suelo a la que se sitúan los embarrados.

La anchura de los pasillos de servicio tiene que ser suficiente para permitir la fácil maniobra e inspección de las instalaciones, así como el libre movimiento por los mismos de las personas y el transporte de los aparatos en las operaciones de montaje o revisión de los mismos. Esta anchura no será inferior a 1,2 m, por contar la instalación con pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a ambos lados.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

En las zonas donde se prevea el paso de aparatos o máquinas deberá mantenerse una distancia mínima entre los elementos en tensión y el punto más alto de aquellos no inferior a:

$$T = d + 10$$

con un mínimo de 50 cm. Se señalizará la altura máxima permitida para el paso de los aparatos o máquinas.

En el caso que aplica “d” es 210 cm. Por lo tanto:

$$T = 210 + 10 = 220 \text{ cm}$$

En cualquier caso, los pasillos de servicio estarán libres de todo obstáculo hasta una altura de 250 cm sobre el suelo.

Por otra parte, en las zonas accesibles, la parte más baja de cualquier elemento aislante, por ejemplo, el borde superior de la base metálica de los aisladores estará situado a la altura mínima sobre el suelo de 230 cm. En el caso en que dicha altura sea menor de 230 cm será necesario establecer sistemas de protección.

3.1.2 Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación

Los sistemas de protección que deban establecerse guardarán unas distancias mínimas medidas en horizontal a los elementos en tensión que se respetarán en toda zona comprendida entre el suelo y una altura de 200 cm que, según el sistema de protección elegido y expresadas en centímetros, serán:

- De los elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima:

$$B = d + 3$$

- De los elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima:

$$C = d + 10$$

- De los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo (paredes macizas, enrejados, barreras, etc.) con una altura que en ningún caso podrá ser inferior a 100 cm:

$$E = d + 30, \text{ con un mínimo de } 125 \text{ cm.}$$

- Para barreras no rígidas y enrejados los valores de las distancias de seguridad en el aire deben incrementarse para tener en cuenta cualquier posible desplazamiento de la barrera o enrejado.

Siendo “d” la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT 12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación. De la tabla 3 de dicha ITC-RAT 12 se tomarán los valores indicados en la columna “Conductor-estructura”.

En el caso que aplica “d” es 210 cm. Por lo tanto:

$$B = 210 + 3 = 213 \text{ cm}$$

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

$$C = 210 + 10 = 220 \text{ cm}$$

$$E = 210 + 30 = 240 \text{ cm}$$

La cuadrícula del enrejado, cuando la hubiere, será como máximo de 50 x 50 mm.

Para la aplicación de estos valores se tendrá en cuenta lo indicado en el apartado 6.2.2 de la ITC-RAT 14.

Teniendo en cuenta estas distancias mínimas, así como la altura libre en las zonas accesibles señaladas en el apartado 4.1.5 de la ITC-RAT 15, la zona total de protección que deberá respetarse entre los sistemas de protección y los elementos en tensión será:

Tabla 6. Distancias a los sistemas de protección en el interior de las instalaciones.

Tipo de protección	X (cm)	Y (cm)
Tabiques macizos	≥ 180	133
Enrejados	≥ 180	140
Barreras, tabiques macizos o enrejados	< 180 ≥ 100	160

3.1.3 Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación.

Para evitar los contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación con los elementos en tensión, deberán existir entre éstos y el cierre las distancias mínimas de seguridad, medidas en horizontal y en centímetros, de los elementos en tensión al cierre cuando éste es un enrejado de cualquier altura $k \geq 220 \text{ cm}$:

$$G = d + 150$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT 12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación. De la tabla 3 de dicha ITC-RAT 12 se tomarán los valores indicados en la columna "Conductor-estructura".

En el caso que aplica "d" es 210 cm. Por lo tanto:

$$G = 210 + 150 = 360 \text{ cm.}$$

La cuadrícula del enrejado será como máximo de 50 x 50 mm.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

3.2 Distancia fase-tierra y entre fases. Sistema de 30 kV

En el sistema de 30 kV se utilizan cables subterráneos aislados y celdas prefabricadas de interior normalizadas por el fabricante, habiendo superado los ensayos de tipo correspondientes y siendo sometidas a ensayos específicos en cada suministro. En el único tramo de embarrado desnudo a montar, que es la salida del transformador de potencia, se mantendrán distancias de 50 cm entre fases, distancia superior a la especificada por el reglamento.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

4. CÁLCULO DE EMBARRADOS

Los embarrados auxiliares serán elegidos de forma que las temperaturas máximas previstas no provoquen calentamientos por encima de 40 °C sobre la temperatura ambiente. Asimismo, soportarán los esfuerzos electrodinámicos y térmicos de las corrientes de cortocircuito previstas, sin que se produzcan deformaciones permanentes.

Los embarrados principales en 220 kV serán de tubo de aluminio 6063-T6 de 150/136 mm de diámetro, de diámetro equivalente 3.145 mm² de sección nominal, que admite un paso de corriente permanente de 3.400 A. Estas intensidades admisibles son muy superiores a las intensidades previstas para esta instalación. No obstante, la utilización de estos embarrados se justifica por consideraciones mecánicas. Se instalará un cable anti-vibratorio en el interior del embarrado en caso de ser necesario.

La unión de equipos de 220 kV se realizará con dos (2) conductores por fase, dúplex, de cable desnudo de aluminio homogéneo, tipo Gladiolus, de 35,98 mm de diámetro, equivalente a 765,8 mm² de sección nominal, que admite un paso de corriente permanente de 1.294 A. La distancia adoptada entre ejes de fases es de 3,5 m.

En la salida de bornas del devanado secundario de 30 kV del transformador de potencia, hasta su conexión con los terminales, el embarrado estará constituido por tubo de aluminio 6063-T6 de 100/84 mm de diámetro que admite un paso de corriente permanente de 2.850 A. Estas intensidades admisibles son muy superiores a las intensidades previstas para esta instalación. No obstante, la utilización de estos embarrados se justifica por consideraciones mecánicas. Se instalará un cable anti-vibratorio en el interior del embarrado en caso de ser necesario.

Las derivaciones a reactancia se realizarán con tubo de cobre de 25/19 mm de diámetro que admite un paso de corriente de 530 A.

La conexión entre las bornas de salida del transformador de potencia y las celdas de acometida de transformador de los módulos de celdas de 30 kV que evacúan la potencia de la Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol, se hará a través de tres (3) ternas de cables de potencia por fase de cobre unipolares 18/30 kV, con aislamiento XLPE y 630 mm² de sección, para cada una de las celdas de acometida.

La conexión a las celdas de 30 kV se realizará por medio de conectores enchufables en T, mientras que la conexión del lado del transformador de potencia se realizará a través de terminales premoldados flexibles de exterior.

La intensidad nominal de los embarrados principales es de 2.000 A para los módulos que evacúan la Planta Solar Fotovoltaica Haza del Sol. Las derivaciones de las celdas de acometida de transformador serán de la misma corriente que el embarrado principal, y las derivaciones de las celdas de línea y servicios auxiliares serán de 630 A.

A continuación, se presentan los cálculos justificativos del embarrado rígido utilizado en el sistema de 220 kV y 30 kV, así como los cálculos que justifican la elección de los aisladores.

Los cálculos se basan en el procedimiento simplificado de cálculo que expone la IEC 60865-1.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

Para los cálculos se considerará la barra correspondiente a la fase central, por ser esta la más afectada desde el punto de vista de esfuerzos de cortocircuito.

En cada tramo el embarrado se encuentra apoyado en un extremo y empotrado en el otro. Es decir, en uno de los extremos se permite el desplazamiento según el eje del embarrado y en el otro se encuentra rígidamente unido al aparellaje.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

4.1 Cálculos electromecánicos del embarrado 220 kV

CÁLCULO DE EMBARRADOS RÍGIDOS TUBULARES (CEI-865-1).

- DATOS ELÉCTRICOS DE LA RED.

- Tensión nominal	220 kV
- Valor eficaz corriente simétrica inicial de cortocircuito trifásico	40 kA
- Valor de cresta de la corriente de cortocircuito	101 kA
- Frecuencia	50 Hz
- Relación de impedancias (R/X)	0,080
- Tipo de reenganche	Trifásico

- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL EMBARRADO.

- Material de la barra	Aleación de Aluminio
- Peso de la barra	8,491 kg/m
- Módulo de elasticidad	68940 N/mm ²
- Límite de fluencia mínimo	160 N/mm ²
- Peso del cable antivibratorio	0 kg/m

- CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL EMBARRADO.

- Diámetro exterior	150 mm
- Diámetro interior	136 mm
- Número de apoyos	2
- Separación entre apoyos	13,5 m
- Distancia entre conductores	3,5 m
- Altura del aislador	2,3 m
- Altura del conector	0,2 m
- Diámetro del aislador	0,45 m

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- DATOS CLIMATOLÓGICOS (REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO ESPAÑOL).

- Altitud (m) 940 m
- Zona B

- DATOS PARA EL CÁLCULO DE CALENTAMIENTO.

- Corriente de cortocircuito permanente (Vef.) 40 kA
- Temperatura del conductor al inicio del cortocircuito 65 °C
- Temperatura del conductor al final del cortocircuito 105 °C
- Duración del cortocircuito 0,5 s
- Tiempo de corta duración asignado 1 s

- TENSIONES MECÁNICAS APLICADAS AL EMBARRADO.

- | | N/mm² |
|---|-------------------------|
| - Peso propio | 17,66 |
| - Peso propio + Hielo | 22,25 |
| - Viento | 21,84 |
| - Peso propio + Hielo + Viento | 31,18 |
| - Cortocircuito sin reenganche | 34,09 |
| - Cortocircuito con reenganche | 58,46 |
| - Viento + Cortocircuito sin reenganche | 55,93 |
| - Viento + Cortocircuito con reenganche | 80,30 |
| - Peso propio + Hielo + Viento + Cortocircuito sin reenganche | 60,19 |
| - Peso propio + Hielo + Viento + Cortocircuito con reenganche | 83,33 |

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- CRITERIO DE TENSIÓN MECÁNICA ADMISIBLE (SEGÚN CEI-865-1).

$$\sigma_m \leq q * R_{p0,2}$$

Donde:

$R_{p0,2}$ = Tensión mecánica correspondiente al límite elástico.

q = Factor que depende de la geometría de la barra.

σ_m = Tensión mecánica máxima de flexión debido a los esfuerzos.

En este caso:

$$\sigma_m = 83,33 < 213,64 = q * R_{p0,2} \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{(Se cumple el criterio).}$$

- CRITERIO DE MÁXIMA FLECHA.

$$f_{m\acute{a}x} < L / 250$$

Donde:

$f_{m\acute{a}x}$ = Flecha máxima calculada.

L = Longitud del vano considerado.

$$\begin{aligned} L / 250 &= 5,40 \text{ cm} \\ f_{m\acute{a}x} &= 3,39 \text{ cm} \end{aligned} \quad \text{(Se cumple el criterio).}$$

- Elongación del vano	13,97 mm
- Frecuencia propia del vano	3,44 Hz
- Velocidad crítica del viento	9,28 km/h

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- REACCIONES Y MOMENTOS FLECTORES EN LA BASE DE AISLADORES SOPORTE.

REACCIÓN EN BASE DE AISLADORES (REACCIÓN EN CABEZA DE SOPORTE)	Sin viento sobre aislador (N)	Con viento sobre aislador (N)
- Peso propio	702,82	702,82
- Peso propio + Hielo	885,29	885,29
- Viento	869,10	1313,31
- Peso propio + Hielo + Viento	1240,60	1583,83
- Cortocircuito sin reenganche	2088,48	2532,69
- Cortocircuito con reenganche	3581,75	4025,96
- Viento + Cortocircuito sin reenganche	2957,58	3401,79
- Viento + Cortocircuito con reenganche	4450,86	4895,07
- Peso propio + Hielo + Viento + Cortocircuito sin reenganche	3087,24	3515,10
- Peso propio + Hielo + Viento + Cortocircuito con reenganche	4538,05	4974,48

MOMENTO FLECTOR EN BASE DE AISLADORES (MOMENTO FLECTOR EN CABEZA DE SOPORTE)	Sin viento sobre aislador (Nm)	Con viento sobre aislador (Nm)
- Viento	2172,76	2990,11
- Cortocircuito sin reenganche	5221,19	6038,54
- Cortocircuito con reenganche	8954,38	9771,73
- Viento + Cortocircuito sin reenganche	7393,96	8211,30
- Viento + Cortocircuito con reenganche	11127,15	11944,49

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- MODELOS DE AISLADORES VÁLIDOS.

El aislador se calculará con la fuerza de flexión aplicada en cabeza del aislador. En este caso:

$F_a = 4717 \text{ N}$	Designación aislador	Carga de rotura a la flexión (N)
	C20	20.000
	C16	16.000
	C12,5	12.500
	C10	10.000
	C8	8.000
	C6	6.000
	C4	4.000

- CÁLCULO DE LOS EFECTOS TÉRMICOS SOBRE EL CONDUCTOR.

Criterio de validación:

$$S_{th} \leq S_{thr} \sqrt{\frac{T_{kr}}{T_k}}$$

Donde:

S_{th} = Densidad de corriente térmica equivalente de corta duración (Vef.).

S_{thr} = Valor asignado de la densidad de corriente soportada de corta duración (Vef.) durante 1s.

T_{kr} = Tiempo de corta duración asignado.

T_k = Duración de la corriente de cortocircuito.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

El valor eficaz de la corriente térmica equivalente de corta duración es:

$$I_{th} = 41,67 \text{ kA}$$

Queda por tanto el criterio:

$$S_{th} = 13,25 < 73,73 \text{ A/mm}^2$$

El conductor tiene una resistencia térmica de cortocircuito suficiente.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

4.2 Cálculos electromecánicos del embarrado 30 kV

CÁLCULO DE EMBARRADOS RÍGIDOS TUBULARES (CEI-865-1).

- DATOS ELÉCTRICOS DE LA RED.

- Tensión nominal	30 kV
- Valor eficaz corriente simétrica inicial de cortocircuito trifásico	25 kA
- Valor de cresta de la corriente de cortocircuito	63 kA
- Frecuencia	50 Hz
- Relación de impedancias (R/X)	0,085
- Tipo de reenganche	Trifásico

- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL EMBARRADO.

- Material de la barra	Aleación de Aluminio
- Peso de la barra	6,2 kg/m
- Módulo de elasticidad	68600 N/mm ²
- Límite de fluencia mínimo	160 N/mm ²
- Peso del cable antivibratorio	0 kg/m

- CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL EMBARRADO.

- Diámetro exterior	100 mm
- Diámetro interior	84 mm
- Número de apoyos	2
- Separación entre apoyos	3,7 m
- Distancia entre conductores	0,5 m
- Altura del aislador	0,445 m
- Altura del conector	0,14 m
- Diámetro del aislador	0,21 m

- DATOS CLIMATOLÓGICOS (REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO ESPAÑOL).

- Altitud (m)	940
- Zona B	

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- DATOS PARA EL CÁLCULO DE CALENTAMIENTO.

- Corriente de cortocircuito permanente (Vef.)	25 kA
- Temperatura del conductor al inicio del cortocircuito	65 °C
- Temperatura del conductor al final del cortocircuito	105 °C
- Duración del cortocircuito	0,5 s
- Tiempo de corta duración asignado	1 s

- TENSIONES MECÁNICAS APLICADAS AL EMBARRADO.

	N/mm²
- Peso propio	2,11
- Peso propio + Hielo	2,72
- Viento	2,38
- Peso propio + Hielo + Viento	3,62
- Cortocircuito sin reenganche	32,59
- Cortocircuito con reenganche	37,17
- Viento + Cortocircuito sin reenganche	34,98
- Viento + Cortocircuito con reenganche	39,55
- Peso propio + Hielo + Viento + Cortocircuito sin reenganche	35,08
- Peso propio + Hielo + Viento + Cortocircuito con reenganche	39,65

- CRITERIO DE TENSIÓN MECÁNICA ADMISIBLE (SEGÚN CEI-865-1).

$$\sigma_m \leq q * R_{p0,2}$$

Donde:

$R_{p0,2}$ = Tensión mecánica correspondiente al límite elástico.

q = Factor que depende de la geometría de la barra.

σ_m = Tensión mecánica máxima de flexión debido a los esfuerzos.

En este caso:

$$\sigma_m = 39,65 < 220,63 = q * R_{p0,2} \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{(Se cumple el criterio).}$$

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- CRITERIO DE MÁXIMA FLECHA.

$$f_{\text{máx}} < L / 250$$

Donde:

$f_{\text{máx}}$ = Flecha máxima calculada.

L = Longitud del vano considerado.

$$\begin{array}{rcl} L / & 250 & = \quad 1,48 \text{ cm} \\ f_{\text{máx}} & & = \quad 0,05 \text{ cm} \end{array} \quad \text{(Se cumple el criterio).}$$

- Elongación del vano	3,83 mm
- Frecuencia propia del vano	29,55 Hz
- Velocidad crítica del viento	53,20 km/h

- REACCIONES Y MOMENTOS FLECTORES EN LA BASE DE AISLADORES SOPORTE.

REACCIÓN EN BASE DE AISLADORES (REACCIÓN EN CABEZA DE SOPORTE)	Sin viento sobre aislador (N)	Con viento sobre aislador (N)
- Peso propio	140,65	140,65
- Peso propio + Hielo	181,49	181,49
- Viento	158,80	198,91
- Peso propio + Hielo + Viento	241,15	269,26
- Cortocircuito sin reenganche	3322,39	3362,50
- Cortocircuito con reenganche	3788,97	3829,08
- Viento + Cortocircuito sin reenganche	3481,19	3521,30
- Viento + Cortocircuito con reenganche	3947,77	3987,88
- Peso propio + Hielo + Viento + Cortocircuito sin reenganche	3485,92	3525,98
- Peso propio + Hielo + Viento + Cortocircuito con reenganche	3951,94	3992,01

MOMENTO FLECTOR EN BASE DE AISLADORES (MOMENTO FLECTOR EN CABEZA DE SOPORTE)	Sin viento sobre aislador (Nm)	Con viento sobre aislador (Nm)
- Viento	92,90	107,18
- Cortocircuito sin reenganche	1943,60	1957,88
- Cortocircuito con reenganche	2216,55	2230,83
- Viento + Cortocircuito sin reenganche	2036,50	2050,78
- Viento + Cortocircuito con reenganche	2309,45	2323,73

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- MODELOS DE AISLADORES VÁLIDOS.

El aislador se calculará con la fuerza de flexión aplicada en cabeza del aislador. En este caso:

$F_a = 3972 \text{ N}$	Designación aislador	Carga de rotura a la flexión (N)
	C20	20.000
	C16	16.000
	C12,5	12.500
	C10	10.000
	C8	8.000
	C6	6.000
	C4	4.000

- CÁLCULO DE LOS EFECTOS TÉRMICOS SOBRE EL CONDUCTOR.

Criterio de validación:

$$S_{th} \leq S_{thr} \sqrt{\frac{T_{kr}}{T_k}}$$

Donde:

S_{th} = Densidad de corriente térmica equivalente de corta duración (Vef.).

S_{thr} = Valor asignado de la densidad de corriente soportada de corta duración (Vef.) durante 1s.

T_{kr} = Tiempo de corta duración asignado.

T_k = Duración de la corriente de cortocircuito.

El valor eficaz de la corriente térmica equivalente de corta duración es:

$$I_{th} = 25,98 \text{ kA}$$

Queda por tanto el criterio:

$$S_{th} = 11,24 < 73,73 \text{ A/mm}^2$$

El conductor tiene una resistencia térmica de cortocircuito suficiente.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

5. CÁLCULO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

Todas las estructuras metálicas a emplear para soportes de aparellaje serán normalizadas, de acuerdo a las siguientes consideraciones e hipótesis de cálculo:

5.1 Hipótesis de cálculo para soportes de aparellaje

Las cargas que se considerarán para los soportes de aparellaje y tomadas como hipótesis de cálculo serán las siguientes:

5.1.1 Pesos

- **Peso propio de la estructura:**

Se considerará como una carga lineal distribuida uniformemente en toda la estructura.

- **Peso del aparellaje:**

Se considerarán cargas puntuales aplicadas en los puntos de apoyo del aparato sobre la estructura.

Se considerarán unos aparatos típicos y se calculará el peso de cada uno de ellos.

5.1.2 Hielo

No se considerará como una carga significativa por ser superficies muy pequeñas y de valor despreciable frente al resto de cargas verticales.

5.1.3 Viento

Se considerará el viento como una carga horizontal actuando perpendicularmente sobre las superficies sobre las que incide. Para calcular estos valores se aplicará el “Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión” que indica que se considerará un viento de 120 km/h, y cuya acción se traduce en las presiones sobre los diversos elementos, como se indica:

- **Viento sobre la propia estructura:**

Se considerará como una carga lineal uniformemente distribuida sobre la longitud de cada perfil.

- **Viento sobre el aparellaje:**

Se considerará que el viento ejerce una fuerza sobre los aparatos y que dicha fuerza se transmite al soporte, creando a su vez un momento.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

La fuerza resultante se considerará puntual y aplicada a la altura media del aparato. Para su determinación se considerarán los aparatos como si fueran cilindros de altura la del equipo y diámetro exterior el de los aisladores cerámicos.

Se calcularán las cargas de viento sobre los distintos aparatos considerados.

5.1.4 Tracción de los conductores de fase

Los esfuerzos de viento, hielo y peso propio sobre los embarrados se transmiten a las bornas de los aparatos.

5.1.5 Carga excepcional

Se podría considerar una carga excepcional aplicada sobre una de las bornas superiores del aparato debida a un golpe o una manipulación incorrecta durante montaje. Este esfuerzo se supone 200 kg aplicados en vertical. Equivale a que dos hombres estuvieran sobre el soporte montando el aparato.

5.1.6 Cargas dinámicas

Se considerarán las cargas dadas por los fabricantes producidas en las maniobras de apertura y cierre de interruptores.

5.1.7 Esfuerzos de cortocircuito

No se considerarán los esfuerzos debidos al cortocircuito sobre las estructuras metálicas, cuando éstas soporten un aparato tripolar, estableciéndose la hipótesis de que la suma será nula en todo momento (cortocircuito trifásico).

Sin embargo, sí se tendrán en consideración para el cálculo de los aisladores y para las estructuras cuando éstas soporten aparatos unipolares.

5.1.8 Cargas sísmicas

Se tendrán en consideración las cargas sísmicas, que son fuerzas en las tres direcciones aplicadas en cada nudo de la estructura. Dichas fuerzas se calculan del mismo modo que para los pórticos de amarre, siendo también, en este caso, el valor considerado de $0,1 \cdot g$, es decir, de $0,98 \text{ m/s}^2$ (grado de sismicidad bajo).

5.1.9 Hipótesis de desplazamiento de la estructura

Por último, cabe considerar una última hipótesis que no tiene que ver directamente con la carga, sino que es una restricción que se impone como consecuencia de las cargas aplicadas sobre la estructura y que trata de restringir el desplazamiento máximo permitido de los nudos.

Esto implicará una restricción sobre el límite máximo de carga de la estructura no por efecto de la rotura del material al alcanzar su límite elástico sino por efecto visual, o por vibraciones de los aparatos sobre los soportes.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

Es decir, se fijará un desplazamiento máximo permitido de los nudos de la estructura sobre su posición inicial de partida considerando ésta sin ninguna carga aplicada.

La restricción afectará fundamentalmente a la inclinación sobre la vertical que se produce en los soportes por el efecto de la existencia de cargas no simétricas.

En el caso de soportes de aparellaje esta restricción de trabajo no tendrá tanta importancia como en otros casos, por ejemplo, en el caso de pórticos de amarre de línea ya que no existen importantes cargas permanentes asimétricas.

Se establecerá en general como hipótesis de trabajo un desplazamiento máximo admisible de $L/250$, excepto para interruptores que son de $L/500$ siendo L la altura del soporte respecto del suelo.

5.2 Material a utilizar

El material a utilizar en todas las estructuras metálicas consideradas, tanto el soporte de terminales de M.T., y tanto estructuras tubulares o de celosía, será acero laminado tipo S275 (equivalente a la antigua nomenclatura A42b) cuyo límite elástico es de 275 N/mm^2 .

Para dicho material se ha definido un nivel de control intenso que corresponde con un coeficiente de minoración de valor 1,1 que lo que indica es el grado de homogeneidad del material, o dicho de otra forma, el grado de imperfección del material, considerándose que un material es perfectamente homogéneo cuando el valor de dicho coeficiente toma el valor 1.

5.3 Simplificaciones introducidas

Para realizar los cálculos de las estructuras planteadas, será necesario modelar la geometría de las mismas, realizándose un modelo simplificado de la realidad y estando todas las simplificaciones del lado de la seguridad.

5.4 Coeficientes de seguridad

Como coeficiente de seguridad se incluirá el valor de 1,5 para mayoración de todas las cargas anteriores.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

6. CÁLCULO DE TIERRAS INFERIORES

A continuación, se presentan los cálculos justificativos de la malla de puesta a tierra.

Para su obtención se han supuesto como hipótesis la intensidad de falta monofásica máxima de la Subestación Haza del Sol cuyo valor es 18,81 kA en el sistema de 220 kV.

Atendiendo a la Instrucción Técnica Complementaria ITC-RAT 13 (Instalaciones de puesta a tierra) y considerando que el terreno está formado principalmente por rocas sedimentarias y arcillas compactadas, se considerará que la resistividad del terreno es de $200 \Omega \cdot m$.

DISEÑO DE LA MALLA DE TIERRA SEGÚN IEEE80

- DATOS ELÉCTRICOS DE LA RED.

- Frecuencia de la red	50 Hz
- Relación de impedancias (X''/R)	12,1
- Temperatura ambiente	35 °C
- Tiempo de despeje de la falta	0,5 s
- Niveles de tensión existentes 220	30 kV
- Nivel de tensión en que se produce la falta	220 kV
- Corriente de falta a tierra	18,79 kA
- Factor de proyección	1
- Neutro puesto rígidamente a tierra.	

- DATOS DEL TERRENO.

- Espesor de la capa superficial	0,1 m
- Resistividad de la capa superficial	3000 Ωm
- Resistividad del terreno	200 Ωm

*Nota: la capa superficial cubrirá la totalidad de la plataforma de la subestación

- DATOS DE LOS CONDUCTORES DE TIERRA.

- Coeficiente térmico de resistividad a temperatura de referencia 20 °C (α_r)	0,00393 °C ⁻¹
- $K_0 = 1/\alpha_0$ (con α_0 = Coeficiente térmico de resistividad a 0°C)	234 °C
- Resistividad a la temperatura de referencia 20 °C (ρ_r)	1,72 $\mu\Omega/cm$
- Factor de capacidad térmica (TCAP)	3,42 J/cm ³ /°C
- Temperatura máxima permisible	300 °C

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- DATOS GEOMÉTRICOS.

- Profundidad de la malla (h)	0,8 m
- Superficie total ocupada por la malla de tierra	6634,48 m ²
- Longitud del perímetro de la malla.....	324,368 m
- Longitud del lado mayor de la malla.....	100,2 m
- Longitud del lado menor de la malla	69,5 m
- Distancia máxima entre dos puntos de la malla	121,944 m
- Número de conductores paralelos al lado mayor.....	20
- Número de conductores paralelos al lado menor.....	28
- Espaciado medio entre conductores paralelos.....	4,01 m
- Espaciado máximo entre conductores paralelos.....	4 m
- Longitud total de conductor.....	3833,64 m
- Número de picas a lo largo del perímetro de la malla	5
- Longitud de cada una de las picas perimetrales	3 m
- Número de picas interiores	0
- Longitud de cada una de las picas interiores	0 m

- DATOS DE LAS LÍNEAS.

- Número de alimentadores	1
- Número de líneas de distribución	9
- Factor de división de la corriente de falta según IEEE 80.....	0,1

- DETERMINACIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR DE LA RED DE TIERRAS SEGÚN IEEE80

$$I_F = D_F \cdot I_f \cdot C_p \quad I_F \text{ corriente asimétrica efectiva de falta}$$

Donde:

D_F	1,0378	Factor de decremento según IEEE80
I_f	18,79	Corriente de cortocircuito en kA
C_p	1	Factor de proyección
I_F	19,500281 kA	

$$A = \frac{I_F}{\sqrt{\left[\frac{TCAP \cdot X \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r} \right] \ln \left[\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a} \right]}}$$

Donde:

A	Área del Conductor en mm ²	104,70 mm ²
I_F	Corriente asimétrica efectiva de falta	19,50 kA
t_c	Tiempo de duración de la corriente de falta en segundos	0,50 s
α_r	Coeficiente térmico de resistividad en 1/°C	0,00393 °C ⁻¹
ρ_r	Resistividad relativa del cobre	1,72 μΩ/cm
$TCAP$	Factor de capacidad térmica del conductor	3,42 J/cm ³ /°C
T_m	Temperatura máxima permisible en el conductor	300 °C
T_a	Temperatura ambiente promedio del sitio	35 °C
K_0	Inverso del coeficiente térmico de resistividad a 0 °C	234

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

La selección elegida para los conductores de puesta a tierra es:

$$A = 95 \text{ mm}^2$$

**- DETERMINACIÓN DE LAS TENSIONES CRÍTICAS TOLERABLES POR EL CUERPO HUMANO
TENSIÓN DE PASO Y TENSIÓN DE CONTACTO SEGÚN IEEE80**

Factor de reducción de la resistividad de la capa superficial:

$$C_s = 1 - \frac{0.09 * \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2 h_s + 0.09}$$

Donde:

C_s	Factor de disminución de la capa superficial	0,71	
ρ	Resistividad del Terreno	200,00	Ωm
ρ_s	Resistividad de la capa de acabado	3000,00	Ωm
h_s	Espesor de la capa de acabado	0,1	m
t_s	Tiempo de exposición a la corriente de falta	0,5	s

Cálculo de la tensión de contacto crítica admisible

$$E_{touch \ 70 \ kg} = (1000 + (1.5 \times C_s \times \rho_s)) \times \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{contacto} = 931,7668 \text{ V}$$

Cálculo de la tensión de paso crítica admisible

$$E_{step \ 70 \ kg} = \left(1000 + (6 \times C_s \times \rho_s)\right) \times \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{paso} = 3060,9726 \text{ V}$$

- CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA SEGÚN IEEE80

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{20/A}} \right) \right]$$

Donde:

R_g	Resistencia de malla de tierra	1,13 Ω
ρ	Resistividad del Terreno	200,00 Ωm
A	Área ocupada por la malla de tierra en m^2	6634,48 m^2
L_T	Longitud total de conductores enterrados	3833,64 m
h	profundidad de la malla en m	0,80 m

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- DETERMINACIÓN DE LA CORRIENTE DE LA RED DE TIERRAS SEGÚN IEEE80

$$I_g = S_f I_f$$

I_g	Corriente simétrica de la Red de Tierras	1,879 kA
S_f	Factor de división de la corriente de falta según IEEE80	0,1
I_f	Corriente de falta	18,79 kA

- DETERMINACIÓN DE LA CORRIENTE MÁXIMA DE LA RED DE TIERRAS SEGÚN IEEE80

$$I_G = D_f I_g C_p$$

I_G	Corriente máxima en la red de tierras	1,95002815 kA
D_F	Factor de decremento	1,03780104
I_g	Corriente simétrica de red de tierras	1,879 kA
C_p	Factor de proyección	1

- DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA TENSIÓN EN LA RED RELATIVA A TIERRA REMOTA SEGÚN IEEE80

$$GPR = R_g I_G$$

GPR	Potencial de la malla relativa a tierra remota	2,19	kV
R_g	Resistencia de malla de tierra de la SET	1,13	Ω
I_G	Corriente máxima en la red de tierra	1,95	kA

- DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN MÁXIMA DE CONTACTO DURANTE LA FALTA SEGÚN IEEE80

$$E_m = \frac{K_m \times K_i \times \rho \times I_G}{L_m}$$

Donde:

E_m	Tensión máxima de contacto	208,051406 V
ρ	Resistencia promedio del terreno en Ωm	200 Ωm
K_m	Factor de espaciado de la malla	0,48425457
K_i	Factor de corrección por geometría en forma de malla	4,24926951
I_G	Corriente máxima en la red de tierras	1950,02815 A
L_m	Longitud efectiva de cable y pica para tensión de retícula	3857,34271 m

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

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

Donde:

K_m	Factor de espaciado de la malla	0,48425457
D	Espaciamiento entre conductores paralelos	4 m
d	Diámetro de los conductores de la malla	0,0109 m
h	Profundidad de enterramiento de la malla	0,8 m
K_{ii}	Factor de corrección, picas en las esquinas de la malla	1
K_h	Factor de enterramiento de la malla	1,34164079
n	Factor de geometría	24,3599291

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_o}}$$

Donde:

K_h	Factor de enterramiento de la malla	1,34164079
h	Profundidad de enterramiento de la malla	0,8 m
h_o	Referencia de profundidad de la malla	1 m

$$L_m = L_c + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R$$

Donde:

L_m	Longitud efectiva de cable y pica para tensión de retícula	3857,34271 m
L_c	Longitud total del cable enterrado	3833,6425 m
L_r	Longitud promedio de cada pica de tierra	3 m
L_R	Longitud total de picas enterradas	15 m
L_x	Máxima longitud total de la malla en eje X	100,2 m
L_y	Máxima longitud total de la malla en eje Y	69,5 m
n	Factor de geometría	24,3599291

$$n = n_a n_b n_c n_d$$

$$n_a = \frac{2L_c}{L_p} \quad n_a = 23,6376$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}} \quad n_b = 0,9978$$

$$n_c = \left[\frac{L_x L_y}{A} \right]^{\frac{0.7A}{L_x L_y}} \quad n_c = 1,0328$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \quad n_d = 1,0000$$

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

Donde:

L_p	Longitud del perímetro de la malla	324,3679 m
A	Área ocupada por la malla de tierras	6634,48 m ²
D_m	Distancia máxima entre 2 puntos cualquiera de la malla de tierra	121,943799 m

$$K_i = 0.644 + 0.148 \cdot n$$

Donde:

K_i	Factor de corrección por geometría en forma de malla	4,25
n	Factor de geometría	24,36

- DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN MÁXIMA DE PASO DURANTE LA FALTA SEGÚN IEEE80

$$E_s = \frac{K_s \times K_i \times \rho \times I_G}{L_s}$$

Donde:

E_s	Tensión máxima de paso	197,88 V
K_s	Factor de espaciamiento para el voltaje de paso	0,34
K_i	Factor de corrección por geometría en forma de malla	4,25
ρ	Resistividad promedio del terreno en Ωm	200,00 Ωm
I_G	Corriente máxima en la red de tierras en A	1950,03 A
L_s	Longitud efectiva del cable y pica para tensión de paso en metros	2887,98 m

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{n-2}) \right]$$

Donde:

K_s	Factor de espaciamiento para el voltaje de paso	0,34
D	Espaciamiento entre conductores paralelos	4,00 m
h	Profundidad de enterramiento de la malla	0,80 m
n	Factor de geometría	24,36

$$L_s = 0.75 L_c + 0.85 L_R$$

Donde:

L_s	Longitud efectiva del cable y pica para tensión de paso	2887,98 m
L_C	Longitud total del cable enterrado	3833,64 m
L_R	Longitud total de picas enterradas en m	15,00 m

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- CRITERIO DE VALIDACIÓN DEL MODELO SEGÚN IEEE80

1.- Tensión de paso:

$$E_s = 197,88 < U_p = 3060,97 \text{ V} \quad \text{Se cumple.}$$

2.- Tensión de contacto:

$$E_m = 208,05 < U_c = 931,77 \text{ V} \quad \text{Se cumple.}$$

- VALORES ADMISIBLES DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO (Según ITC-RAT 13).

$$U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 Z_B} \right] = U_{ca} \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{1000} + 1,5 \rho_s}{1000} \right] \quad \text{Tensión de contacto máxima admisible}$$

$$U_p = U_{pa} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B} \right] = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{1000} \right] \quad \text{Tensión de paso máxima admisible}$$

$$U_{ca} = 204 \text{ V}$$

Donde:

U_{ca}	valor admisible de la tensión de contacto.
Z_B	resistencia del cuerpo humano de 1000 Ω
R_{a1}	resistencia del calzado 2000 Ω
ρ_s	resistividad superficial aparente del terreno Ωm

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0,106} \right) \quad \text{Coeficiente de reducción de la resistividad de la capa superficial}$$

$$C_s = 0,6767$$

$$r_s = 2030,07 \text{ } \Omega m$$

Donde:

C_s	Coeficiente de reducción de la resistividad de la capa superficial
h_s	espesor de la capa superficial en metros
ρ	resistividad del terreno natural
ρ^*	resistividad de la capa superficial

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

1.- Tensión de contacto admisible

$U_C = 1029,20 \text{ V}$

2.- Tensión de paso admisible

$U_P = 35048,00 \text{ V}$

- **CRITERIO DE VALIDACIÓN DEL MODELO (Según ITC-RAT 13).**

1.- Tensión de paso:

$E_s = 197,88 < U_P = 35048,00 \text{ V}$

Se cumple el Reglamento.

2.- Tensión de contacto:

$E_m = 208,05 < U_C = 1029,20 \text{ V}$

Se cumple el Reglamento.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

7. ESTUDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

7.1 Introducción

En la actualidad es prácticamente imposible evitar la exposición a las radiaciones electromagnéticas. El gran desarrollo experimentado en los últimos años por la tecnología de los sistemas de comunicación ha provocado el aumento de aplicaciones en radio, televisión, satélites, líneas telefónicas, radares, antenas, teléfonos móviles, etc.

Cuando se menciona la contaminación electromagnética o electro-polución, se habla de la contaminación producida por los campos eléctricos y electromagnéticos, como consecuencia de la multiplicidad de aparatos eléctricos y electrónicos que se utilizan en el día a día.

Son radiaciones invisibles para el ojo humano, pero perfectamente detectable por aparatos de medida específicos.

7.2 Objeto

El objeto del presente estudio es estudiar la incidencia de los campos magnéticos mediante el cálculo de los niveles máximos que puedan alcanzarse en la subestación, para dar cumplimiento al RD 337/2014 (Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión), donde se indica que se deberán realizar cálculos para comprobar que no se supera el valor establecido en el Real Decreto 1066/2001.

El alcance comprende el cálculo de los niveles máximos del campo magnético que puedan alcanzarse en dicho entorno haciendo una evaluación comparativa con los límites establecidos en la normativa vigente, para asegurar las condiciones de protección a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria establecidas en dicha normativa.

7.3 Legislación

- RD 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 emisiones radioeléctricas.
- Corrección de errores del Real Decreto 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 emisiones radioeléctricas.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- RD 337/2014 de 9 de mayo, por el que se aprueba 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.

7.4 Ámbito de aplicación

Se aplica a las emisiones de energía en forma de ondas electromagnéticas, que se propagan por el espacio sin guía artificial, y que sean producidas por estaciones radioeléctricas.

7.5 Límites de exposición a las emisiones

Los límites establecidos se cumplirán en las zonas en las que puedan permanecer habitualmente las personas y en la exposición a las emisiones de los equipos terminales.

Restricciones básicas: dependiendo de la frecuencia, se emplearán las siguientes cantidades físicas:

- Entre 0 y 1 Hz se proporcionan restricciones básicas de la inducción magnética para campos magnéticos estáticos (0 Hz) y de la densidad de corriente para campos variables en el tiempo de 1 Hz, con el fin de prevenir los efectos sobre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso.
- Entre 1 Hz y 10 MHz se proporciona restricciones básicas de la densidad de corriente para prevenir los efectos sobre las funciones del sistema nervioso. Este es el ámbito de aplicación de este estudio ya que la frecuencia de la corriente generada son 50 Hz.

Las restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos dentro del ámbito de la instalación estudiada es el siguiente:

Tabla 7. Restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos

Gama de frecuencia	Inducción magnética (mT)	Densidad de corriente (mA/m ²) rms	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR localizado (cabeza y tronco W/kg)	SAR localizado (miembros) (W/kg)	Densidad de potencia S (W/m ²)
4-1.000 Hz	-	2	-	-	-	-

7.6 Niveles de referencia

Los niveles de referencia para limitar la exposición se obtienen a partir de las restricciones básicas, presuponiendo un acoplamiento máximo del campo con el individuo expuesto, con lo que se obtiene un máximo de protección.

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos:

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

Tabla 8. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m ²)
0,025-0.8 kHz	250/f	4/f	5/f	-

La densidad de flujo magnético o inducción magnética es una magnitud vectorial (B) que da lugar a una fuerza que actúa sobre cargas en movimiento, y se expresa en (T).

En espacios libre y en materiales biológicos, la densidad de flujo o inducción magnética y la intensidad de campo magnético se pueden intercambiar utilizando la equivalencia de $1 \text{ T} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ A/m}$.

Para el caso que nos ocupa y considerando que la frecuencia de red es de 0,05 kHz, los límites máximos de referencia son los siguientes:

- Intensidad de campo E = 5000 V/m
- Intensidad de campo H = 80 A/m
- Campo Magnético B = 100 μT

7.7 Definiciones

Los campos eléctricos tienen su origen en diferencias de tensión: cuanto más elevada sea la tensión, más fuerte será el campo resultante. Un campo eléctrico existe, aunque no haya corriente.

El campo eléctrico E se expresa en voltios por metro (V/m), o su múltiplo en kV/m.

Los campos magnéticos tienen su origen en las corrientes eléctricas: una corriente más fuerte da como resultado un campo magnético más fuerte. También se pueden producir campos magnéticos con imanes permanentes. La intensidad de campo magnético H en un punto dado del espacio se define como la fuerza que se ejerce sobre un elemento de corriente situado en dicho punto, y se expresa en amperios por metro (A/m).

Así pues, el campo eléctrico existe siempre que haya cargas eléctricas, mientras que sólo hay campo magnético cuando esas cargas están en movimiento, es decir, cuando hay un flujo de corriente eléctrica. Es más habitual representar el campo magnético mediante la inducción magnética o densidad de flujo magnético B.

Este término se relaciona con H mediante la permeabilidad magnética μ :

$$B = \mu H$$

La unidad de medida del campo magnético en el Sistema Internacional de unidades es el Tesla (T) o sus fracciones, en particular el microtesla (μT). En algunos países se utiliza también el Gauss (G). Las equivalencias son las siguientes:

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

$$1 \text{ T} = 10.000 \text{ G}$$

Una de las propiedades del campo electromagnético es transmitir energía a grandes distancias por medio de ondas, en ausencia de cualquier medio material. Esta energía se asocia con el producto vectorial del campo eléctrico y del magnético. Dicho producto se denomina vector de Poynting (S) y representa la densidad de flujo de energía de una onda electromagnética por unidad de tiempo.

La longitud de onda y la frecuencia determinan otra característica importante de los campos electromagnéticos. Las ondas electromagnéticas son transportadas por partículas llamadas cuantos de luz. Los cuantos de luz de ondas con frecuencias más altas (longitudes de onda más cortas) transportan más energía que los de las ondas de menor frecuencia (longitudes de onda más largas).

El sistema eléctrico funciona a una frecuencia extremadamente baja (50 Hz), lo que se denomina 'frecuencia industrial', dentro de la región de las radiaciones no ionizantes del espectro, por lo que transmiten muy poca energía. Además, a frecuencias tan bajas el campo electromagnético no puede desplazarse, lo que implica que desaparece a corta distancia de la fuente que lo genera.

7.8 Medidas para limitar las emisiones

En el diseño de la instalación se consideran los siguientes aspectos que producen una reducción en las emisiones con respecto a no tenerlos en cuenta. Son los siguientes:

- Transformadores intemperie separados del cerramiento exterior para evitar emisiones al exterior.
- Las zanjas de cables se plantean por el interior de la instalación, alejadas en lo posible de los cerramientos para reducir el campo trasladado al exterior.
- En la medida de lo posible se distribuirán las acometidas de los cables en diferentes puntos para evitar concentraciones de campo.
- Los cables subterráneos salientes cuentan con una pantalla metálica que atenúa su campo eléctrico, y se agruparán por ternas de forma que el campo magnético generado se compense.

7.9 Cálculo de campos magnéticos

7.9.1 Consideraciones de cálculo

Para la obtención de los resultados se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- El estudio se realiza para la zona interior y exterior de la subestación.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

- Se consideran como fuentes principales de campo magnético los equipos y cables eléctricos existentes dentro del cerramiento de la SET, no considerándose los equipos eléctricos o instalaciones ajenas o exteriores al recinto de la SET, salvo las correspondientes a la propia instalación.
- Se considera un grado de carga del 100% de la instalación en el nivel de 220 kV y 30 kV, de forma que se analice el caso más desfavorable de emisión de campos, aun cuando esta situación no está prevista que se dé durante la explotación habitual de la instalación, ni físicamente posible por el balance de las cargas consideradas en la actualidad.

La subestación consiste en una parte en interior y otra en intemperie. En la parte de interior se incluye una serie de celdas blindadas de 30 kV que permite la maniobra y la protección de la red de esta tensión. La parte de intemperie está constituida por aparamenta convencional.

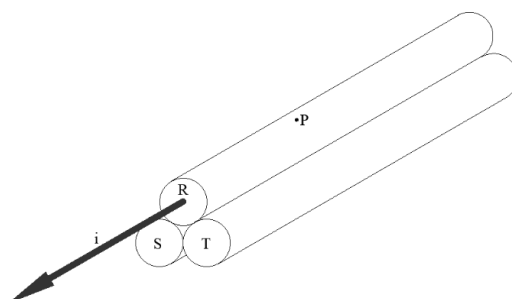
Por otro lado, la parte de intemperie está constituida por un (1) transformador de potencia trifásico con relación de transformación 220/30 kV, de 160 MVA de potencia, con sus respectivas conexiones de cable aislado que interconecta dicho transformador con las celdas de interior.

Para considerar el caso más desfavorable, se desprecian las pérdidas en los equipos y líneas y a la potencia nominal, aun cuando no se prevea su funcionamiento en este régimen.

7.9.2 Cálculo de cableado de baja tensión entre el transformador de servicios auxiliares y el cuadro de baja tensión

En este apartado, se justifica el campo magnético creado por un conjunto de 3 cables unipolares trenzados para una línea trifásica de Baja Tensión, en un punto P situado en la parte exterior de la envolvente de uno de los circuitos.

Para simplificar el cálculo, se considerará el caso desfavorable de conductores rectilíneos indefinidos en el cableado de Baja Tensión discurriendo una intensidad de 144,34 A. Se considera que la envolvente del cable unipolar tiene un diámetro de 37 mm:



El campo magnético generado en el Punto P, será consecuencia del sumatorio de campos magnéticos generados por cada una de las fases del cableado:

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

$$B_P = \sum B_{P,i} = B_{P,R} + B_{P,S} + B_{P,T}$$

Suponiendo que la corriente está concentrada en el centro del cableado, para cada fase se tiene:

$$B_{P,R} = \mu \frac{i_R}{2\pi r}$$

$$B_{P,S} = \mu \frac{i_S}{2\pi d}$$

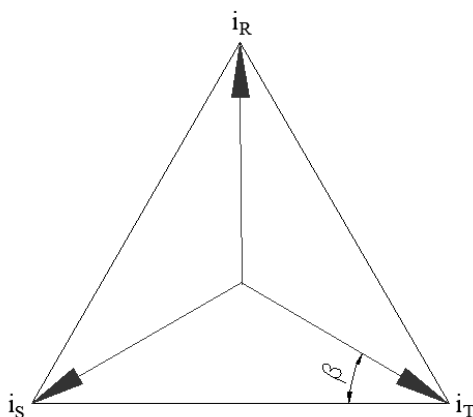
$$B_{P,T} = \mu \frac{i_T}{2\pi d}$$

Donde:

i_R, i_S, i_T = Intensidades circulantes por las fases R, S, T.

μ = Permeabilidad electromagnética del vacío (se aproxima al valor de la del aire $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$).

r, d = Distancias del conductor al punto de medida.

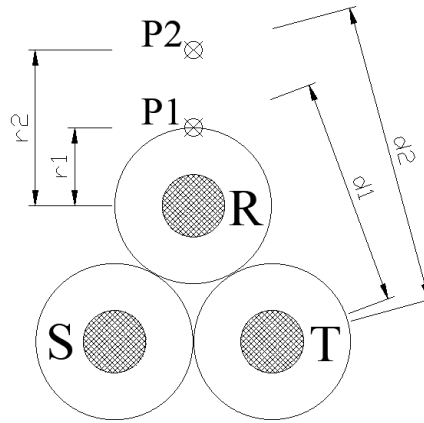


Teniendo en cuenta que $\beta = 30^\circ$:

$$i_S = i_T = -i_R \times \sin 30 = -\frac{i_R}{2}$$

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

Según el diagrama mostrado a continuación, el campo resultante sobre el punto P se puede expresar de la siguiente manera:



Siendo el radio $r_1 = 18,5 \text{ mm}$ y la distancia $d_1 = 50,46 \text{ mm}$.

$$B_{P,R} = \mu \frac{i_R}{2\pi r} = 1.560,43 \mu T$$

$$B_{P,S} = \mu \frac{-0,5 \cdot i_R}{2\pi d} = -286,05 \mu T$$

$$B_{P,T} = \mu \frac{-0,5 \cdot i_R}{2\pi d} = -286,05 \mu T$$

Realizando la suma de los tres campos, se obtiene un valor de $988,33 \mu T > 100 \mu T$ exigidos por el RD 1066/2001.

De manera similar, para un punto P2 situado a 15 cm en la vertical de la fase R, siendo $r_2 = 165,65 \text{ mm}$ y $d_2 = 257,35 \text{ mm}$:

$$B_{P,R} = \mu \frac{i_R}{2\pi r} = 174,27 \mu T$$

$$B_{P,S} = \mu \frac{-0,5 \cdot i_R}{2\pi d} = -56,09 \mu T$$

$$B_{P,T} = \mu \frac{-0,5 \cdot i_R}{2\pi d} = -56,09 \mu T$$

Resultando un campo de $62,09 \mu T < 100 \mu T$ exigidos por el RD 1066/2001.

Por lo que, a una distancia de 15 cm de los cables, el campo magnético ya es menor que el exigido por la normativa.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

7.9.3 Líneas subterráneas de 30 kV

Se ha considerado una sección perpendicular al trazado de las líneas subterráneas de 30 kV que une el transformador con su respectiva celda de protección. La canalización de media tensión consiste en 3 cables por fase de 630 mm² por cada alimentación de celdas de llegada de transformador. A continuación, se muestra el cálculo del cálculo magnético en el punto P1 situado a 30 cm de altura para las canalizaciones correspondientes a la evacuación de la FV Haza del Sol.

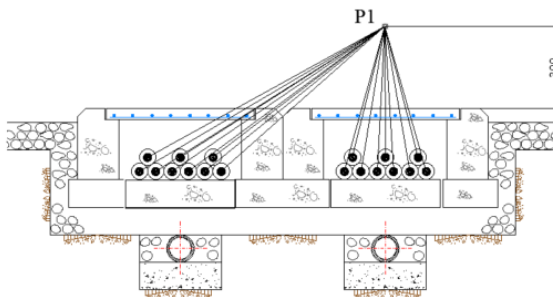


Tabla 9. Líneas subterráneas de 30 kV – FV Haza del Sol

TRANSFORMADOR	TERNA	FASE	DISTANCIA (m)	Intensidad (A)	Campo B (μT)
T1- EVACUACIÓN FV HAZA DEL SOL (MÓDULO 1 80 MVA)	1	R	0,492	513,20	208,62
		S	0,537	513,20	-95,57
		T	0,550	513,20	-93,31
	2	R	0,478	513,20	214,73
		S	0,530	513,20	-96,83
		T	0,530	513,20	-96,83
	3	R	0,492	513,20	208,62
		S	0,550	513,20	-93,31
		T	0,537	513,20	-95,57
T1- EVACUACIÓN FV HAZA DEL SOL (MÓDULO 2 80 MVA)	1	R	0,991	513,20	103,57
		S	0,992	513,20	-51,73
		T	1,043	513,20	-49,20
	2	R	0,888	513,20	115,59
		S	0,893	513,20	-57,47
		T	0,942	513,20	-54,48
	3	R	0,791	513,20	129,76
		S	0,801	513,20	-64,07
		T	0,846	513,20	-60,66
				TOTAL	71,85

Confirmándose que, en el exterior de la zanja, el campo electromagnético es menor de 100 μT.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

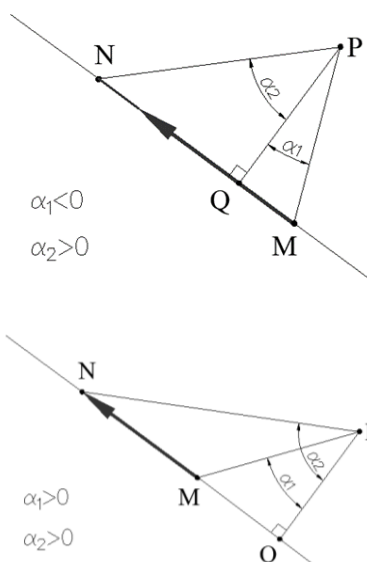
7.9.4 Conexiones de 220 kV

En este caso, se analizarán los tendidos de cables de alta tensión del parque de intemperie de 220 kV. Se analiza el caso de un punto bajo la fase central de la posición de salida de línea.

La altura del punto se considerará en 2,3 m sobre el nivel del terreno, de manera que sea un punto superior a la altura del personal de la subestación.

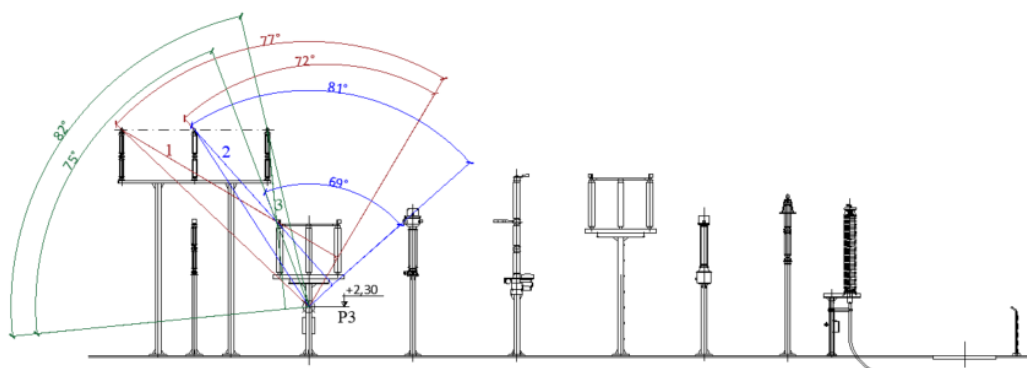
Para poder analizar la influencia del cableado en los diferentes tramos, se debe considerar que se trata de tramos de longitud definida, empleando la siguiente fórmula:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi\rho} (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)$$



Esta fórmula se obtiene como resultado de la integración con cambio de variable de la ecuación de Biot y Savart. Su desarrollo no es objeto del presente cálculo.

El parque de 220 kV se muestra en la siguiente imagen:



	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

Los resultados del cálculo son los siguientes:

Tabla 10. Campos electromagnéticos 220 kV

TRAMO	FASE	DISTANCIA (m)	$\alpha 1(^{\circ})$	$\alpha 2(^{\circ})$	Intensidad (A)	Campo B (μ T)
1	R	2,74	72	77	419,89	0,36
	S					0,36
	T					0,36
2	R	1,56	69	81	419,89	1,46
	S					1,46
	T					1,46
3	R	1,15	75	82	419,89	0,89
	S					0,89
	T					0,89
					TOTAL	8,11

El campo magnético resultante va a disminuir a medida que aumente la distancia, por lo que se puede comprobar que el campo magnético es inferior al exigido fuera del cerramiento de la subestación a la una altura de 2,30 metros de altura.

Confirmándose que, en el exterior de la subestación, el campo electromagnético es menor de 100 μ T.

7.9.5 Posiciones blindadas

Las posiciones blindadas de 30 kV no van a contribuir de forma importante al campo magnético exterior a la subestación debido a que por su construcción se favorece la circulación de corrientes parásitas por su envolvente y que son las responsables de reducir de forma efectiva el campo magnético emitido por el conjunto.

7.9.6 Transformador de potencia

Al igual que pasa en las posiciones blindadas, el campo magnético que emite al exterior un transformador de potencia no es muy intenso debido a su propia construcción y se amortigua muy rápidamente con la distancia. Por otra parte, la principal fuente de generación de campo magnético son las líneas de alimentación de entrada y salida, por lo que se modelan éstas en detrimento del propio transformador y cuya aportación se desprecia comparada con ellas.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	

7.10 Conclusiones

Habiendo realizado los análisis pertinentes en cuanto a la actividad de la subestación en las condiciones más desfavorables de funcionamiento, se ha llegado a la conclusión de que los valores de radiación emitidos están por debajo de los límites técnicos admisibles, cumpliendo por tanto las normativas nacional e internacional en lo relativo a emisiones magnéticas en el exterior de las instalaciones.

Tras la ejecución de la subestación y durante las pruebas de puesta en marcha, se realizarán mediciones de campo electromagnético en el cerramiento exterior de la subestación para comprobar los niveles según RD 1066/2001.

Madrid, agosto de 2024



Enrique Romero Sendino

Ingeniero Industrial

Colegiado en Burgos nº 1329



Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción

Subestación Haza del Sol

Agosto 2024 v02

Anexo III: Estudio de gestión de residuos



	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

VERSIÓN	CREADO	REVISADO	FECHA	COMENTARIOS
01	D.J.S.Y.	E.R.S.	23/08/2024	Edición inicial
02	D.J.S.Y.	E.R.S.	26/08/2024	Comentarios cliente

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

Contenido

1.	OBJETO	3
2.	NORMATIVA Y RECOMENDACIONES APLICADAS	4
3.	RESIDUOS GENERADOS EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	6
3.1	Operaciones de reutilización, valorización o eliminación de residuos	8
3.2	Medidas para la separación de residuos.....	9
3.3	Estimación de residuos generados	10
4.	RESIDUOS GENERADOS EN LA ETAPA DE OPERACIÓN	13
5.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ACOPIO PREVISTA PARA RCD	14
6.	VALORIZACIÓN DEL COSTE DE GESTIÓN DE RESIDUOS	15

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

1. OBJETO

El presente anexo se redacta con el objeto de realizar un estudio de gestión de residuos para establecer las directrices generales para la gestión de los residuos de construcción y demolición generados en la subestación objeto de la adenda al proyecto. Este Estudio se ha elaborado en cumplimiento del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición (BOE nº 38, 13 febrero 2008).

Las medidas contempladas en este Estudio alcanzan a todos los trabajos a realizar en el presente proyecto, y aplica la obligación de su cumplimiento a todas las personas de distintas organizaciones que intervengan en la ejecución de los mismos.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

2. NORMATIVA Y RECOMENDACIONES APLICADAS

Para la realización del presente estudio de gestión de residuos se ha tenido en cuenta la normativa que a continuación se relaciona con carácter enunciativo, pero no limitativo.

- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, publicado en BOE número 38, de 13 de febrero de 2008.
- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- 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.
- Orden APM/1007/2017, de 10 de octubre, sobre normas generales de valorización de materiales naturales excavados para su utilización en operaciones de relleno y obras distintas a aquéllas en las que se generaron.
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, publicado en BOE número 160 de 5 de julio de 1997.
- Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, y por el que se modifica el Reglamento para su ejecución, aprobado por el Real Decreto 782/1998, de 30 de abril.
- Real Decreto 367/2010, de 26 de marzo, de modificación de diversos reglamentos del área de medio ambiente para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley de libre acceso a actividades de servicios y su ejercicio, publicada en BOE número 75, de 27 de marzo de 2010.
- Resolución de 16 de noviembre de 2015, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 6 de noviembre de 2015, por el que se aprueba el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022.
- Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.
- Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

- Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real Decreto 782/1998, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.
- Real Decreto 553/2020, de 2 de junio, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

3. RESIDUOS GENERADOS EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

A continuación, se analizan los residuos que se prevé generar durante las actividades de ejecución previstas para la subestación. Se muestran los residuos codificados de acuerdo con lo señalado en la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, y a partir de la Decisión (2014/955/UE) de la Comisión de 3 de mayo de 2000 y la Decisión de la Comisión de 18 de diciembre de 2014 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

RCDs de Nivel I. - Residuos generados por el desarrollo de las obras de infraestructura de ámbito local o supramunicipal contenidas en los diferentes planes de actuación urbanística o planes de desarrollo de carácter regional, siendo resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados en el transcurso de dichas obras. Se trata, por tanto, de las tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación.

RCDs de Nivel II. - Residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliaria y de la implantación de servicios.

RCDs Nivel I		
1. Tierras y pétreos de la excavación		
X	17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03

RCDs Nivel II		
RCD: Naturaleza no pétreo		
1. Madera		
X	17 02 01	Madera
2. Metales		
X	17 04 05	Hierro y Acero
X	17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
3. Papel		
X	20 01 01	Papel y cartón

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

RCDs Nivel II		
RCD: Naturaleza no pétreo		
4. Plástico		
X	17 02 03	Plásticos
X	20 01 39	Plásticos. Material plástico procedente de envases y embalajes de equipos.
5. Vidrio		
X	17 02 02	Vidrio
6. Yeso		
X	17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01

RCD: Naturaleza pétreo		
1. Arena Grava y otros áridos		
X	01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07
2. Hormigón		
X	17 01 01	Hormigón
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos		
X	17 01 02	Ladrillos
X	17 01 03	Tejas y materiales cerámicos
4. Piedra		
X	17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03
X	17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

RCD: Potencialmente peligrosos y otros		
1. Basuras		
X	20 03 01	Mezcla de residuos municipales
2. Potencialmente peligrosos y otros		
X	13 02 05	Aceites minerales no clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes
X	16 06 04	Pilas alcalinas (excepto 16 06 03)
X	15 02 02	Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados por sustancias peligrosas
X	15 01 11	Aerosoles vacíos
X	15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminados

La estimación de la cantidad de cada tipo de residuo que se generará en la obra, en toneladas y metros cúbicos se realizará en función de las categorías de la tabla anterior.

3.1 Operaciones de reutilización, valorización o eliminación de residuos

Se procurará, en los casos en los que sea posible, la reutilización de las tierras procedentes de la excavación.

En cuanto al resto de materiales de la obra, se prevén las siguientes operaciones de reutilización, valorización o eliminación:

X	No se prevé la reutilización en la obra. Transporte a vertedero autorizado
	Utilización como combustible y generación de energía
	Recuperación de disolventes
	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas, sin disolventes
	Reciclado o recuperación de metales
	Reciclado o recuperación de otras materias orgánicas
	Acumulación de residuos para su tratamiento según normativa
	Otros

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

3.2 Medidas para la separación de residuos

Según lo indicado por el R.D. 105/2008 en su artículo 5, los residuos de construcción y demolición deberán separarse en las siguientes fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

TABLA DE CANTIDADES UMBRAL	
RCDs Nivel II: Naturaleza pétreo	
Residuo	Cantidad umbral (t)
Hormigón	80 t
Ladrillos, tejas, cerámicos	40 t
RCDs Nivel II: Naturaleza no pétreo	
Residuo	Cantidad umbral (t)
Metal	2 t
Madera	1 t
Vidrio	1 t
Plástico	0,5 t
Papel y cartón	0,5 t

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra en que se produzcan.

Cuando por falta de espacio físico en la obra no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, con esta obligación.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

3.3 Estimación de residuos generados

RCDs Nivel I: Tierras y pétreos procedentes de excavación	CÓDIGO LER	TOTAL EXCAVACIÓN (m³)	RESIDUO (m³) 70% DE TOTAL EXCAVACIÓN	Peso específico (Tn/m³)	RESIDUO (Tn) 70 % DE TOTAL EXCAVACIÓN	% SOBRE EL TOTAL DE RESIDUOS
	17 05 04	1339,83	937,880	1,5	1406,820	96,07%

Denominación	Cantidad	LARGO	ANCHO	ALTURA	Medición m³
MOVIMIENTO DE TIERRAS - TIERRA VEGETAL	1	-	-	-	663,45
220 kV - CIMENTACIÓN AUTOVÁLVULA	6	1,00	1,00	1,00	6,00
220 kV - CIMENTACIÓN TRANSFORMADOR TENSION	6	1,00	1,00	1,00	6,00
220 kV - CIMENTACIÓN SECCIONADOR DE BARRAS	4	1,20	1,20	1,00	5,76
220 kV - CIMENTACIÓN INTERRUPTOR	6	1,00	1,00	1,00	6,00
220 kV - CIMENTACIÓN TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD	6	1,00	1,00	1,00	6,00
220 kV - CIMENTACIÓN BOTELLAS TERMINALES	3	1,00	1,00	1,00	3,00
220 kV - CIMENTACIÓN AISLADORES EMBARRADO PRINCIPAL	6	1,20	1,20	1,00	8,64
220 kV - CIMENTACIÓN AISLADOR DE EMBARRADO BAJO	3	1,00	1,00	1,00	3,00
BANCADA TRANSFORMADOR 220/30 kV	1	9,20	6,80	0,65	40,66

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

Denominación	Cantidad	LARGO	ANCHO	ALTURA	Medición m ³
REACTANCIA	1	2,50	1,05	0,30	0,79
DEPOSITO RECOGIDA DE ACEITE	1	11,70	4,50	3,80	200,07
GRUPO ELECTRÓGENO	1	5,00	3,00	0,30	4,50
CIMENTACIÓN ALUMBRADO	11	0,84	0,84	1,00	7,76
ARQUETAS DE CABLES	17	0,60	0,60	0,60	3,67
VIAL (3 metros de ancho)	1	268,00	3,00	0,20	160,80
VIAL (4 metros de ancho)	1	25,00	4,00	0,20	20,00
VIAL (5 metros de ancho)	1	57,00	5,00	0,20	57,00
EDIFICIO	1	39,00	7,50	0,30	87,75
CANALIZACIÓN DE CABLES CONTROL	1	100,00	0,75	0,41	30,75
CANALIZACIÓN DE CABLES MEDIA TENSIÓN	1	30,00	0,75	0,41	9,23
CANALIZACIÓN ALUMBRADO	1	200,00	0,15	0,30	9,00

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

RCDs Nivel II	CÓDIGOS LER	RESIDUO GENERADO (Tn)	Peso específico (Tn/m³)	RESIDUO GENERADO (m³)	Zonas de segregación	% SOBRE EL TOTAL DE RESIDUOS
RCD Naturaleza no pétreo						
MADERA	17 02 01	2,022	0,60	3,371	3	0,1381%
METALES	17 04 05 17 04 11	3,608	1,50	2,406	2	0,2464%
PAPEL	20 01 01	0,508	0,90	0,565	2	0,0347%
PLÁSTICO	17 02 03 20 01 39	0,618	0,90	0,687	2	0,0422%
VÍDRIO	17 02 02	0,193	1,50	0,129	1	0,0132%
YESO	17 08 02	0,044	1,20	0,037	1	0,0030%
TOTAL ESTIMACIÓN		6,994		7,193		0,478%
RCD Naturaleza pétreo						
GRAVA, ÁRIDOS	01 04 08	35,171	1,50	23,447	1	2,402%
HORMIGÓN	17 01 01	12,216	2,40	5,090	1	0,834%
LADRILLOS, AZULEJOS Y OTROS CERÁMICOS	17 01 02 17 01 03	0,599	1,50	0,399	1	0,041%
PIEDRA	17 05 04 17 09 04	1,620	2,00	0,810	1	0,111%
TOTAL ESTIMACIÓN		49,605		29,746		3,387%
RCD Potencialmente peligrosos y otros						
BASURAS	20 03 01	0,608	0,90	0,675	1	0,042%
POTENCIALMENTE PELIGROSOS	13 02 05 16 06 04 15 02 02 15 01 11 15 01 10	0,375	0,90	0,417	1	0,026%
TOTAL ESTIMACIÓN		0,983		1,092		0,067%

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

4. RESIDUOS GENERADOS EN LA ETAPA DE OPERACIÓN

A continuación, se analizan los residuos que se prevé generar durante las actividades de operación de la subestación.

Los residuos generados durante la explotación de la subestación se deberán principalmente a las labores de inspección y mantenimiento de la subestación.

Principalmente, se generarán residuos de tipo papeles, cartones, restos de comida y envases plásticos contaminados, todos asimilables a urbanos. Dichos residuos serán atendidos por gestores autorizados.

RCD: Potencialmente peligrosos y otros		
1. Basuras		
X	20 03 01	Mezcla de residuos municipales

A su vez, se prevé la generación de residuos RCDs de Nivel II, de naturaleza no pétrea, provenientes de actividades como recambio o reparaciones varias, por lo que serán de muy baja magnitud y consistirán principalmente en materiales de desgaste como cartón, embalajes, etc.

RCD Nivel II: Naturaleza no pétrea		
1. Madera		
X	17 02 01	Madera
3. Papel		
X	20 01 01	Papel y cartón
4. Plástico		
X	17 02 03	Plásticos
X	20 01 39	Plásticos. Material plástico procedente de envases y embalajes de equipos.

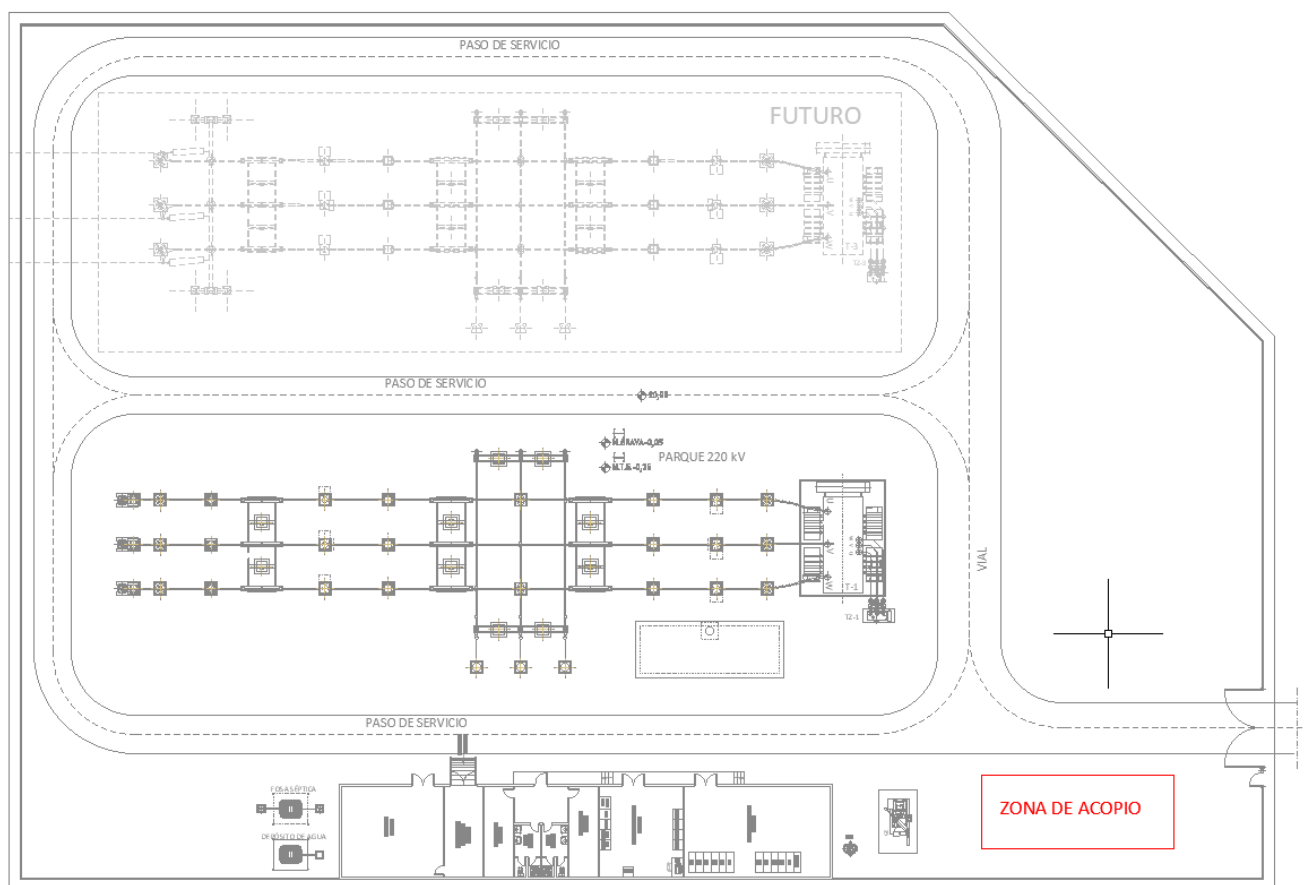
El manejo de este tipo de residuos consistirá en la disposición en bolsas plásticas de alta resistencia y/o cajas destinadas para ellos, privilegiando su reutilización en caso de aplicar, en caso contrario, serán retirados por gestores autorizados.

Para la gestión de los residuos peligrosos generados durante los trabajos de mantenimiento de la subestación, teniendo en cuenta que se generarán de forma esporádica, se procederá de la forma establecida por la Ley 7/2022 y el reglamento de aplicación, y serán evacuados directamente por Gestor Autorizado.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

5. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ACOPIO PREVISTA PARA RCD

Para llevar a cabo una correcta segregación, almacenamiento y recogida de RCD, se proyectará la instalación de unas áreas o puntos limpios, cuya localización se puede ver en la siguiente figura:



En caso de modificación del lugar diseñado para los puntos limpios, se enviará al promotor la nueva modificación, que deberá estar acordada con los responsables ambientales de la obra.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO III: ESTUDIO GESTIÓN DE RESIDUOS	

6. VALORIZACIÓN DEL COSTE DE GESTIÓN DE RESIDUOS

A continuación, se detalla el presupuesto para la gestión de residuos generados:

PRESUPUESTO RCDs			
Tipología RCDs	Estimación (m³)	Precio gestión en Planta/ Vertedero/ Cantera/Gestor (€/m³)	Importe (€)
RCDs Nivel I:			
Tierras y pétreos de excavación	937,880	10,00 €	9.378,80 €
RCDs Nivel II			
RCD Naturaleza no pétreo	7,193	35,00 €	251,76 €
RCD Naturaleza pétreo	29,746	25,00 €	743,65 €
RCD Basuras	0,675	30,00 €	20,25 €
RCD Potencialmente peligrosos	0,417	1.000,00 €	417,00 €
TOTAL PRESUPUESTO RCDs			10.811,46 €

Madrid, agosto de 2024.



Enrique Romero Sendino

Ingeniero Industrial

Colegiado en Burgos nº 1329



Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción

Subestación Haza del Sol

Agosto 2024 v02

Anexo IV: Plan de desmantelamiento



	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO IV: PLAN DE DESMANTELAMIENTO	

VERSIÓN	CREADO	REVISADO	FECHA	COMENTARIOS
01	D.J.S.Y.	E.R.S.	23/08/2024	Edición inicial
02	D.J.S.Y.	E.R.S.	26/08/2024	Comentarios cliente

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO IV: PLAN DE DESMANTELAMIENTO	

Contenido

1.	OBJETO	4
2.	PLAN DE DESMANTELAMIENTO	5
2.1	Obras y duración del plan de desmantelamiento	5
2.1.1	Obras y duración del plan de desmantelamiento	5
2.1.2	Embarrados y conductores	5
2.1.3	Estructura metálica	5
2.1.4	Cimentación y edificio	5
2.1.5	Canalizaciones.....	6
2.2	Medidas correctoras.....	6
2.2.1	Contaminación atmosférica.....	7
2.2.2	Contaminación acústica.....	7
2.2.3	Suelo.....	7
2.2.4	Vegetación.....	7
2.2.5	Paisaje	8
2.2.6	Residuos de demolición	8
3.	VALORACIÓN ECONÓMICA	9

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO IV: PLAN DE DESMANTELAMIENTO	

1. OBJETO

El presente documento tiene por objeto describir y valorar los trabajos de desmantelamiento y restitución del terreno una vez finalizada la vida útil de la instalación.

Durante el desmantelamiento se adoptarán todas las medidas de seguridad y prevención de riesgos laborales recogidas en la legislación vigente en ese momento, así como toda la legislación sectorial aplicable.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO IV: PLAN DE DESMANTELAMIENTO	

2. PLAN DE DESMANTELAMIENTO

2.1 Obras y duración del plan de desmantelamiento

Al cese total de la actividad se procederá al desmantelamiento y/o demolición de la instalación, conforme al presente Plan de Desmantelamiento. El plazo de ejecución de las actuaciones previstas en el Plan será de dos (2) meses.

2.1.1 Obras y duración del plan de desmantelamiento

Para el aparellaje eléctrico de AT, como el transformador de potencia, transformadores de medida, interruptores, seccionadores, autoválvulas se procederá a la desconexión de los mismos, retirada y traslado cada uno según su posterior aprovechamiento, a los lugares de almacenaje que indiquen sus propietarios.

Para los equipos de menor envergadura como cuadros eléctricos, bastidores de control, rectificadores, etc., se procederá de igual manera.

En caso en que esto anterior no sea posible se trasladarán a vertederos autorizados para el tratamiento de chatarra y eliminación de aceites y otros elementos potencialmente contaminantes, gestionándose conforme a lo establecido en la legislación vigente.

2.1.2 Embarrados y conductores

Dado que los materiales empleados son principalmente cobre y aluminio, estos se enviarán a gestor autorizado para su reciclaje.

2.1.3 Estructura metálica

Una vez retirados los equipos, se procederá al desmontaje de la estructura metálica de acero. Para ello, se emplearán los medios adecuados como grúas autopropulsadas, camiones pluma, elementos de sujeción y manipulación.

Esta estructura será retirada a los lugares de almacenaje que indiquen los propietarios para su posterior reutilización o reciclaje.

2.1.4 Cimentación y edificio

Se eliminarán las cimentaciones hasta una profundidad mínima de 70 cm, a medir desde la cota natural del terreno. Una vez realizada la extracción, se procederá al recubrimiento de la zona afectada mediante de una capa de terreno vegetal de espesor suficiente para que se permita el arraigo de las especies autóctonas.

Para el caso de edificios, se procederá a su demolición y retirada de escombros a vertedero autorizado.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO IV: PLAN DE DESMANTELAMIENTO	

De la misma forma, se repondrán los terrenos ocupados por la instalación a su morfología original, y se revegetará usando especies autóctonas.

2.1.5 Canalizaciones

Se retirarán todos los elementos como canalizaciones de cables, canalizaciones del sistema de drenajes, tubos instalados, cunetas para evacuación de aguas, llevando todo este material de desecho (principalmente escombros, hormigón, tubos, etc.) a un vertedero autorizado.

Como en el resto de la Instalación, se procederá a la restitución de la zona mediante recubrimiento de una capa de suelo que permita la revegetación de matorral de la zona, no afectando a las cuencas hidrológicas de la zona.

2.2 Medidas correctoras

Las medidas correctoras que se plantean están enfocadas a lograr alguno/s de los siguientes aspectos:

- Reducir o eliminar las alteraciones que el medioambiente de la zona pueda haber sufrido por las instalaciones de la instalación.
- Reducir o atenuar los efectos ambientales negativos, limitando la intensidad de la acción que se ha provocado.
- Llevar a cabo medidas de restauración de modo que se consiga el efecto contrario a la acción provocada.

En la tabla siguiente aparece un esquema simplificado de los aspectos a considerar para el buen desarrollo de las medidas correctoras a realizar:

Fase de Desmantelamiento de la Instalación	
Contaminación atmosférica	Reducir los niveles de polvo
Contaminación acústica	Minimizar los niveles de ruido en las labores de desmantelamiento. Limitación del horario de trabajo de las unidades ruidosas. Protección del personal adscrito a la obra según Plan de Seguridad y Salud.
Suelo	Reducir los riesgos de contaminación propios de esta fase. Restauración de las zonas ocupadas por las instalaciones.
Vegetación	Revegetación de los puntos ocupados por la instalación, empleando especies autóctonas que lo aproximen al clima.
Paisaje	Restauración paisajística de las zonas ocupadas por la instalación.

A continuación, se lleva a cabo el desarrollo técnico detallado de las diferentes medidas correctoras que se consideran necesarias en función de los factores ambientales que se ven afectados en la fase de desmantelamiento de la instalación.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO IV: PLAN DE DESMANTELAMIENTO	

2.2.1 Contaminación atmosférica

Las labores a realizar irán encaminadas a reducir los niveles de polvo y las emisiones de sustancias contaminantes a la atmósfera:

- Para reducir la emisión de polvo se procederá, entre otras acciones, al riego de los viales transitados por la maquinaria y camiones que intervienen en el desmantelamiento de la instalación.
- Asimismo, los camiones de transporte de material con alta capacidad de generar nubes de polvo irán provistos de mallas o lonas que cubran el material durante su traslado.

Cuando las labores generadoras correspondan a procesos de movimiento de tierras se procederá al riego previo a la actuación.

Las emisiones a la atmósfera de gases contaminantes procederán principalmente de la maquinaria. Para reducir tales emisiones se realizarán revisiones de la misma, manteniendo los niveles de emisión conforme a la legislación vigente.

2.2.2 Contaminación acústica

La contaminación acústica viene originada principalmente por la maquinaria que trabaja en la obra de desmantelamiento de la instalación. Para reducir el nivel de ruido de la misma se consideran distintas posibilidades no excluyentes unas de otras. Entre las actuaciones a realizar se consideran:

- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Empleo de revestimiento de goma en maquinaria pesada, grúas, etc.
- Mantenimiento preventivo y regular de la maquinaria.
- Optimizar el tiempo empleado en las actuaciones, siendo reducido el mismo en la medida de lo posible.
- Protección del personal adscrito a la obra según el Plan de Seguridad y Salud.

2.2.3 Suelo

En cuanto a la restauración del suelo degradado, se procederá al relleno de las excavaciones realizadas para eliminar los restos de cimentaciones, básicamente. El relleno se hará con tierra inerte en profundidad y tierra vegetal en la capa superficial. El espesor de esta última capa será tal que permita reponer los terrenos a su morfología original y se revegetará usando especies autóctonas de la zona.

2.2.4 Vegetación

Una vez retirados todos los elementos y construcciones que componían la instalación, se procederán a ejecutar las medidas correctoras necesarias y que se traducen en una restauración paisajística consistente en:

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO IV: PLAN DE DESMANTELAMIENTO	

- Restaurar la cubierta vegetal en aquellos puntos que haya resultado dañada como consecuencia de las obras de construcción y desmantelamiento de la instalación.
- Lograr una integración de los rellenos de los taludes que se originaron como consecuencia de la explanación realizada para la disposición del parque de la instalación.

Para regenerar la vegetación se emplearán especies autóctonas acordes a la serie de vegetación existente en la zona.

La revegetación vendrá determinada por las pendientes de las zonas que se estimen necesarias de recuperación. De cualquier modo, las medidas a realizar incluirán:

- Mejora edáfica de los terrenos que se van a reforestar.
- Extendido de tierra vegetal, con un espesor mínimo de 15-20 cm.
- Utilización de especies autóctonas y correspondientes a la vegetación potencial.
- Abonado y riegos.

2.2.5 Paisaje

La restauración paisajística de las zonas ocupadas por las infraestructuras de la instalación se realizará básicamente mediante:

- Recuperación de las áreas degradadas por las infraestructuras desmanteladas.
- Retirada y limpieza de todo tipo de residuos a los vertederos adecuados.

2.2.6 Residuos de demolición

Se consideran residuos de demolición los materiales y componentes de construcción que se obtienen como resultado de las operaciones de desmantelamiento.

También se consideran los residuos de demoliciones parciales, originados por trabajo de reparación o de rehabilitación. Son los residuos que tienen mayor volumen y peso en el conjunto del volumen de elementos generados por la actividad constructora.

Se gestionarán correctamente se estudiarán en profundidad el reciclado, reutilización o depósito en vertedero controlado.

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	ANEXO IV: PLAN DE DESMANTELAMIENTO	

3. VALORACIÓN ECONÓMICA

La siguiente tabla detalla el presupuesto de desmantelamiento y restitución paisajística:

RESUMEN DEL PRESUPUESTO PLAN DE DESMANTELAMIENTO	
Aparamenta, conformada por: Transformador de potencia, autoválvulas, interruptores, seccionadores, transformadores de Intensidad, transformadores de tensión inductivos, equipos BT... Incluye conexiones	25.629,83 €
Red de tierras	852,72 €
Equipos de control, cables de mando y control y equipo de medida de energía	13.671,08 €
Instalaciones Complementarias (Alumbrado exterior, Sistema de protección contra intrusión, Sistema de ventilación)	1.279,08 €
Obra Civil	15.376,52 €
Estructura Metálica: Estructuras aparamenta	4.270,49 €
Restitución Paisajística: Restauración capa vegetal y plantación de especies. Mantenimiento anual de vegetación en zonas restauradas.	7.688,26 €
TOTAL PRESUPUESTO	68.768,00 €
TOTAL PRESUPUESTO (21% IVA)	83.209,28 €

Madrid, agosto de 2024.



Enrique Romero Sendino

Ingeniero Industrial

Colegiado en Burgos nº 1329



Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción

Subestación Haza del Sol

Agosto 2024 v02

Documento II: Presupuesto



	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO II: PRESUPUESTO	

VERSIÓN	CREADO	REVISADO	FECHA	COMENTARIOS
01	D.J.S.Y.	E.R.S.	23/08/2024	Edición inicial
02	D.J.S.Y.	E.R.S.	26/08/2024	Comentarios cliente

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO II: PRESUPUESTO	

Contenido

1.	PRESUPUESTO	4
1.1	Equipos y materiales.....	4
1.1.1	Transformador de potencia y Reactancia de puesta a tierra	4
1.1.2	Aparellaje 220 kV	5
1.1.3	Celdas y aparellaje de 30 kV.....	5
1.1.4	Estructura metálica y embarrados.....	6
1.1.5	Control, Medida, Protección y Servicios Auxiliares	6
1.1.6	Instalaciones de Baja Tensión, Fuerza y Auxiliares	6
1.1.7	Alumbrado de la subestación.....	7
1.1.8	Instalaciones complementarias	7
1.1.9	Suministro de Edificio prefabricado	7
1.2	Obra civil.....	7
1.3	Montaje.....	7
1.4	Estudio de seguridad y salud	8
1.5	Estudio de Gestión de Residuos.....	8
1.6	Medidas preventivas y correctoras.....	8
2.	RESUMEN DE PRESUPUESTO	9

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO II: PRESUPUESTO	

1. PRESUPUESTO

Los apartados a continuación mostrados desglosan el presupuesto de ejecución material de la subestación Haza del Sol.

1.1 Equipos y materiales

EQUIPO	COSTE (€)
Transformador de potencia y Reactancia de PaT	1.486.392,77 €
Aparellaje de 220 kV	381.120,60 €
Aparellaje y Celdas de 30 kV	475.083,67 €
Estructura metálica	100.048,06 €
Control, protección y SSAA	415.624,00 €
Instalaciones de BT, fuerza y auxiliares	212.846,72 €
Alumbrado de subestación	25.082,77 €
Instalaciones complementarias	32.887,89 €
Suministro Edificio prefabricado	193.702,30 €
TOTAL EQUIPOS Y MATERIALES	3.322.788,77 €

1.1.1 Transformador de potencia y Reactancia de puesta a tierra

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Transformador de potencia 220/30 kV 128/160 MVA	1.471.652,77 €	1.471.652,77 €
1	Reactancia trifásica de PaT	14.740,00 €	14.740,00 €
TOTAL TRANSFORMADOR DE POTENCIA Y REACTANCIA DE PaT			1.486.392,77 €

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO II: PRESUPUESTO	

1.1.2 Aparellaje 220 kV

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
6	Interruptor Automático de 220 kV unipolar con mandos monopolares	19.283,81 €	115.702,88 €
6	Pararrayos-autoválvula de 220 kV	3.136,84 €	18.821,02 €
6	Transformador de tensión inductivo de 220 kV	11.063,15 €	66.378,91 €
6	Transformador de intensidad de 220 kV	8.580,00 €	51.480,00 €
1	Seccionador tripolar de 220 kV, con puesta a tierra	17.292,88 €	17.292,88 €
2	Seccionador tripolar de 220 kV, sin puesta a tierra	14.698,95 €	29.397,90 €
3	Botellas terminales 220 kV	25.672,90 €	77.018,70 €
6	Aisladores soporte de 220 kV	838,05 €	5.028,31 €
TOTAL APARELLAJE 220 kV			381.120,60 €

1.1.3 Celdas y aparellaje de 30 kV

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
3	Pararrayos-autoválvula de 30 kV	776,28 €	2.328,84 €
1	Seccionador de 30 kV	3.575,65 €	3.575,65 €
2	Celdas de acometida de transformador y medida de 30 kV	88.428,98 €	176.857,96 €
9	Celdas de línea de 30 kV	32.547,08 €	292.923,72 €
1	Celdas de servicios auxiliares de 30 kV	16.200,00 €	16.200,00 €
TOTAL CELDAS Y APARELLAJE 30 kV			475.083,67 €

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO II: PRESUPUESTO	

1.1.4 Estructura metálica y embarrados

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
P/A	Estructura metálica para soportes de aparellaje y embarrados de 220 kV	-	69.892,06 €
P/A	Estructura metálica para soportes de aparellaje y embarrados de 30 kV	-	24.348,00 €
P/A	Herrajes auxiliares para soportes de accesorios	-	5.808,00 €
TOTAL ESTRUCTURA METÁLICA Y EMBARRADOS			100.048,06 €

1.1.5 Control, Medida, Protección y Servicios Auxiliares

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
P/A	Control, medida y protección (incluye armarios de control, sistemas de comunicaciones, UCS y UCP). Servicios auxiliares (incluye cuadros generales CA y CC, equipos 125 Vcc y 48 Vcc) y materiales BT	-	398.821,50 €
1	Transformador de SSAA 100 kVA	2.777,50 €	2.777,50 €
1	Grupo Electrógeno 160 kW	14.025,00 €	14.025,00 €
TOTAL CONTROL, MEDIDA, PROTECCIÓN Y SSAA			415.624,00 €

1.1.6 Instalaciones de Baja Tensión, Fuerza y Auxiliares

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
P/A	Instalaciones de BT, fuerza y auxiliares	-	32.546,80 €
P/A	Cables BT, fuerza, control, embarrados y material de conexión	-	180.299,92 €
TOTAL INSTALACIONES BAJA TENSIÓN, FUERZA Y AUXILIARES			212.846,72 €

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO II: PRESUPUESTO	

1.1.7 Alumbrado de la subestación

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
P/A	Alumbrado de la subestación (incluye alumbrado y fuerza de parque intemperie y edificio, alumbrado de emergencia)	-	25.082,77 €
TOTAL ALUMBRADO DE LA SUBESTACIÓN			25.082,77 €

1.1.8 Instalaciones complementarias

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
P/A	Instalaciones complementarias (Sistema contra incendios y antiintrusismo, protección y seguridad, climatización y ventilación)	-	32.887,89 €
TOTAL INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS			32.887,89 €

1.1.9 Suministro de Edificio prefabricado

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Ejecución de edificio prefabricado	-	193.702,30 €
TOTAL SUMINISTRO DE EDIFICIO PREFABRICADO			193.702,30 €

1.2 Obra civil

Obra Civil.....	431.814,51 €
Total Obra Civil.....	431.814,51 €

1.3 Montaje

10% de la partida de equipos y materiales.....	332.278,88 €
TOTAL MONTAJE.....	332.278,88 €

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO II: PRESUPUESTO	

1.4 Estudio de seguridad y salud

Estudio de Seguridad y Salud.....	82.489,05 €
TOTAL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	82.489,05 €

1.5 Estudio de Gestión de Residuos

Estudio de Gestión de Residuos.....	10.811,46 €
TOTAL ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	10.811,46 €

1.6 Medidas preventivas y correctoras

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
P/A	Riego con agua para la estabilización. Cobertura de los camiones que transportan el material de naturaleza pulverulenta. Riegos realizados mediante cisterna, incluido el tiempo de carga de depósito y desplazamiento a la zona de obras, localizada a menos de 3 km de distancia.	148,09 €	148,09 €
P/A	Control de la circulación del tráfico y limitación de velocidad de circulación. Instalación de señales.	50,00 €	50,00 €
P/A	Instalación de un punto limpio para gestión de residuos.	374,86 €	374,86 €
P/A	Protección de la vegetación: Inspección previa al inicio de las obras para descartar la presencia de las especies protegidas; balizado y señalización de las zonas de obras; Proteger troncos de los árboles, raíces y ramas; minimizar riesgo de incendio.	480,00 €	480,00 €
P/A	Retirada y acopio de la montera (0,20 m) de tierra vegetal de campos de montaje y áreas de cimentación, zonas de acopio, etc.	2.256,12 €	2.256,12 €
P/A	Conservación de la tierra vegetal.	330,00 €	330,00 €
P/A	Extensión de la montera de tierra vegetal.	4.859,34 €	4.859,34 €
P/A	Descompactación: Escarificado a profundidad de 0,20 m.	492,00 €	492,00 €
P/A	Recorridos de identificación de nidos previos a las labores de corta y desbroce.	150,00 €	150,00 €
P/A	Seguimiento arqueológico durante las obras según lo dictado por la Dirección General de Patrimonio Cultural.	694,19 €	694,19 €
P/A	Restauración ambiental.	9.062,05 €	9.062,05 €
P/A	Plan de seguimiento ambiental en obra.	2.313,97 €	2.313,97 €
TOTAL MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS			21.210,63 €

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO II: PRESUPUESTO	

2. RESUMEN DE PRESUPUESTO

RESUMEN DEL PRESUPUESTO (€)	
Equipos y materiales	3.322.788,77 €
Obra civil	431.814,51 €
Montaje	332.278,88 €
Estudio de Seguridad y Salud	82.489,05 €
Estudio de Gestión de Residuos	10.811,46 €
Medidas preventivas y correctoras	21.210,63 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	4.201.393,30 €

El presupuesto de ejecución material (IVA no incluido) asciende a la cantidad de **CUATRO MILLONES DOSCIENTOS UN MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y TRES EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS DE EURO.**

Madrid, agosto de 2024



Enrique Romero Sendino

Ingeniero Industrial

Colegiado en Burgos nº 1329



Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción

Subestación Haza del Sol

Agosto 2024 v01

Documento III: Planos



	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO III: PLANOS	

VERSIÓN	CREADO	REVISADO	FECHA	COMENTARIOS
01	D.J.S.Y.	E.R.S.	26/08/2024	Edición inicial

	Adenda al Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción Subestación Haza del Sol	
Agosto 2024	DOCUMENTO III: PLANOS	

LISTADO DE PLANOS

- Situación general.
- Emplazamiento de la subestación.
- Emplazamiento con ortofoto.
- Afección carreteras
- Afecciones
- Implantación general.
- Secciones.
- Esquema unifilar simplificado.
- Esquema unifilar de servicios auxiliares.
- Planta de cimentaciones y canalizaciones.
- Planta general de puesta a tierra.
- Planta de alumbrado general.
- Características generales del edificio.
- Planta de alumbrado del edificio de la subestación.
- Planta de protección contra incendios del edificio de la subestación.
- Planta de fuerza del edificio de la subestación.

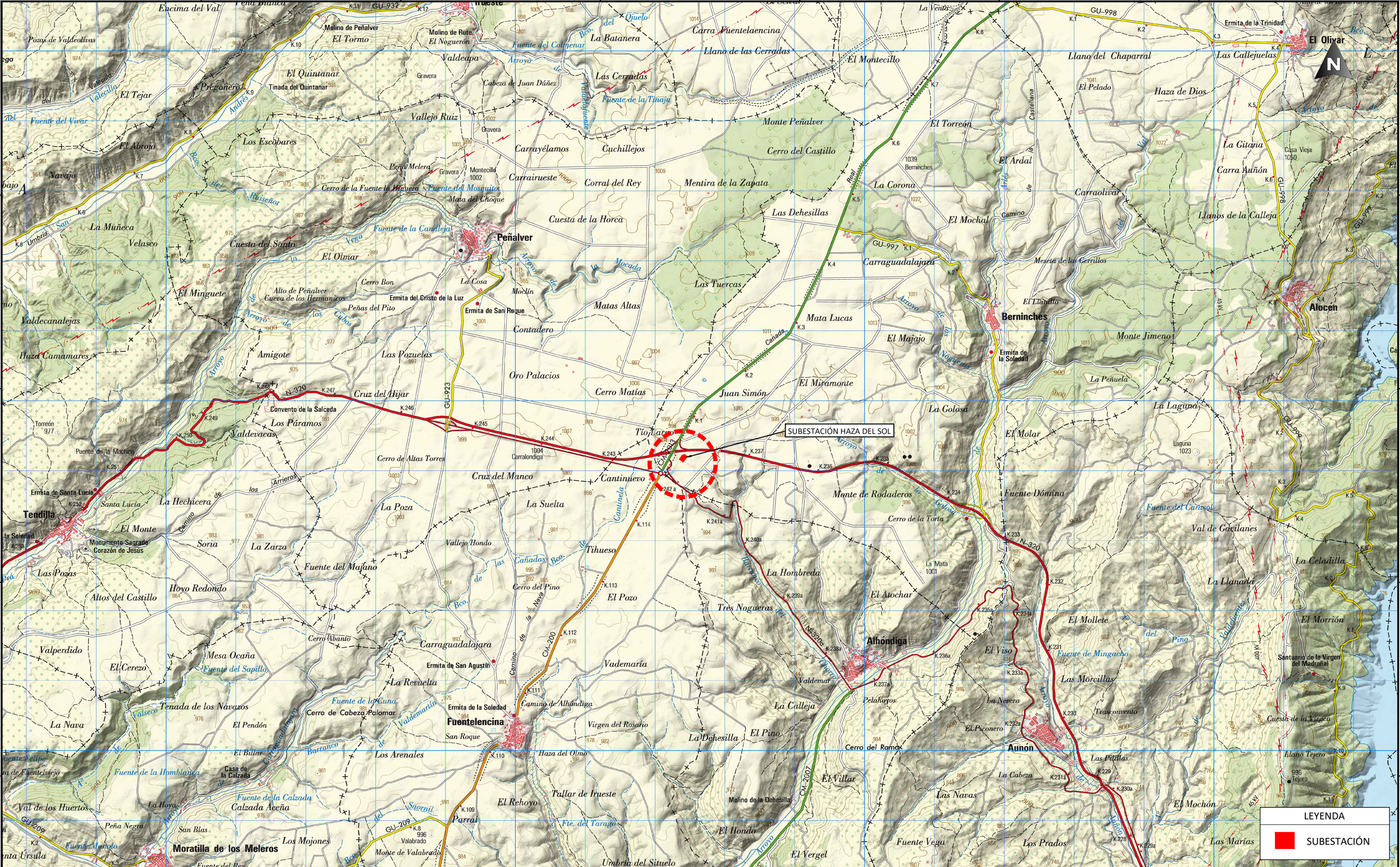
Madrid, agosto de 2024



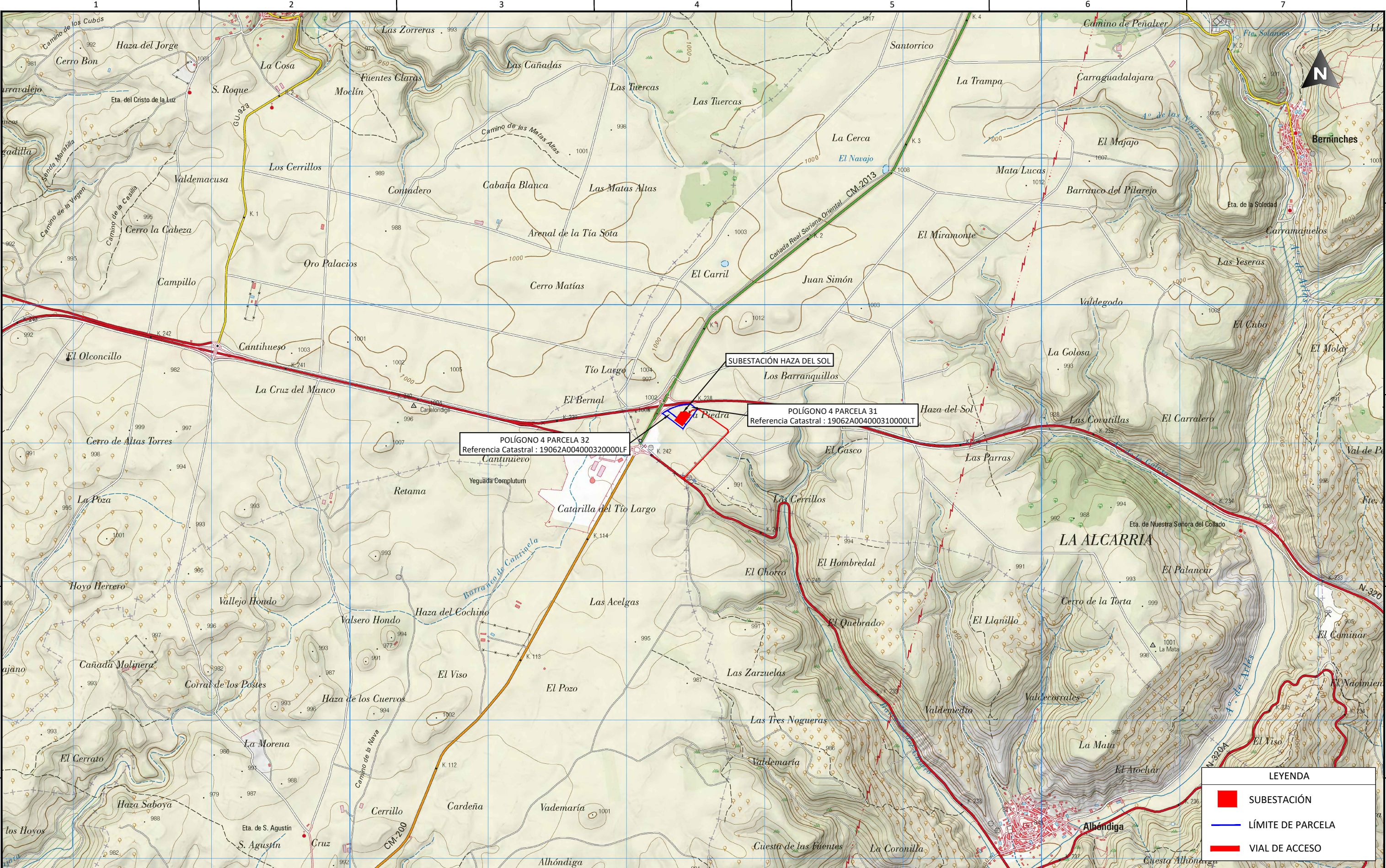
Enrique Romero Sendino

Ingeniero Industrial

Colegiado en Burgos nº 1329



 Enrique Romero Sendino Ingeniero Industrial Colegiado en Burgos nº 1329	NOTAS GENERALES:				EMITIDO PARA: ☐ Solo información ☐ Aprobar ☐ Presupuestar ☐ Construcción ☐ AS Built		TÍTULO DE PROYECTO: SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL								
							TÍTULO DEL PLANO: SITUACIÓN GENERAL			REF. PLANO: SOIE2336001ASPGGE11					
						ESCALA: 1:50.000	Nº HOJA: 01 de 03	PROYECTADO		I.G.M.		08.06.2023			
								DIBUJADO		W.F.G.		08.06.2023			
								REV: 04		APROBADO		E.R.S.		08.06.2023	
	REV. FECHA DESCRIPCIÓN FIRMA														
06															
05															
04 26.08.24 COMENTARIOS CLIENTE E.R.S.															
03 26.08.24 ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS E.R.S.															
02 07.08.23 COMENTARIOS CLIENTE E.R.S.															
01 08.06.23 INICIO PROYECTO E.R.S.															

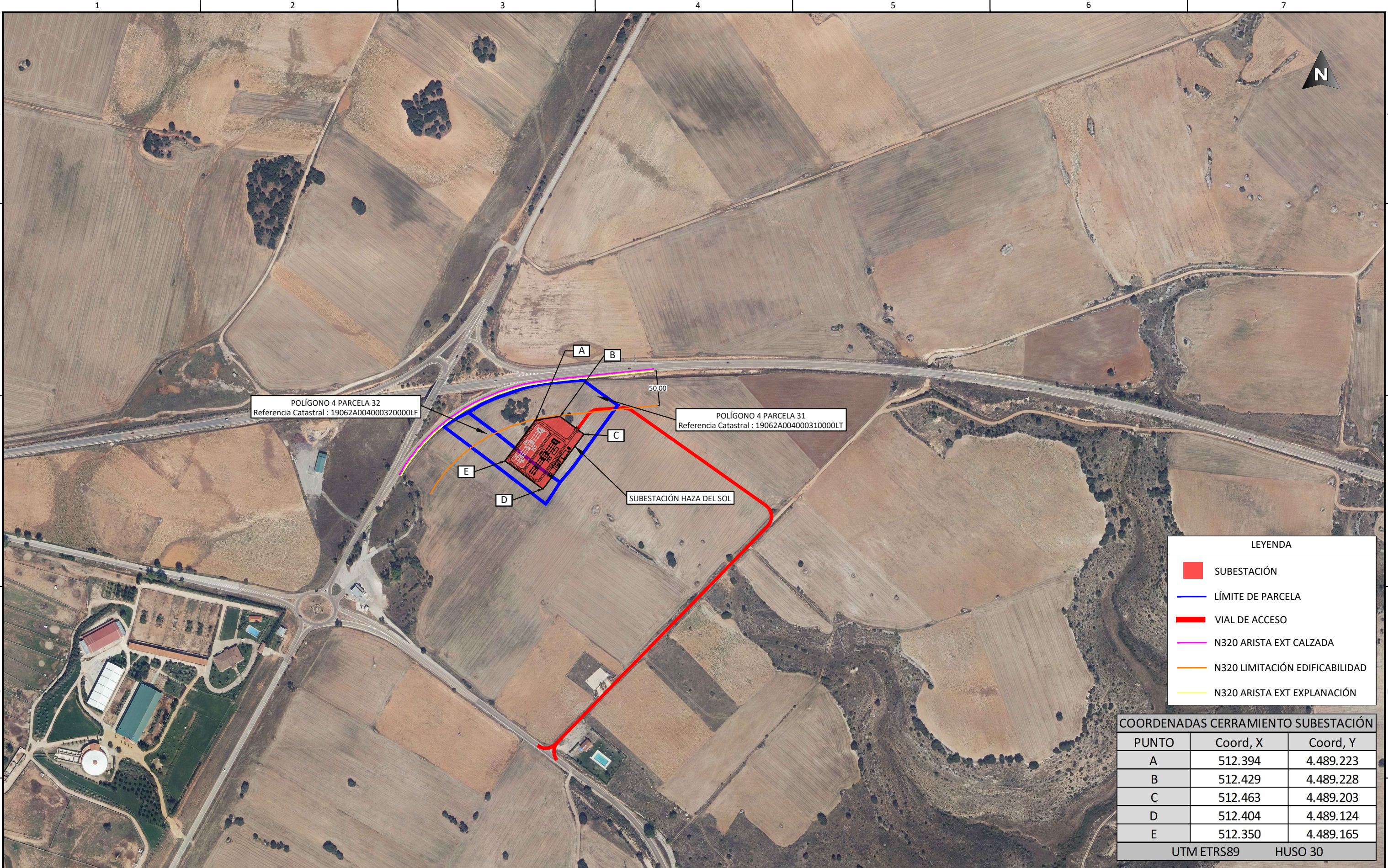


NOTAS GENERALES:			EMITIDO PARA:		TÍTULO DE PROYECTO:	
 Enrique Romero Sendino Ingeniero Industrial Colegiado en Burgos nº 1329			Solo información		SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL	
			Aprobar		TÍTULO DEL PLANO:	
			Presupuestar		EMPLAZAMIENTO DE LA SUBESTACIÓN	
			Construcción		REF. PLANO:	
			AS Built		SOIE2336001ASPGGE11	
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA		ESCALA:	
06					1:25.000	
05					Nº HOJA:	
04	26.08.24	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.		02 de 03	
03	26.08.24	ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS	E.R.S.		REV:	
02	07.08.23	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.		04	
01	08.06.23	INICIO PROYECTO	E.R.S.		PROYECTADO	
					DIBUJADO	
					APROBADO	
					I.G.M.	
					W.F.G.	
					E.R.S.	





 Enrique Romero Sendino Ingeniero Industrial Colegiado en Burgos nº 1329	NOTAS GENERALES:				06 05 04 26.08.24 COMENTARIOS CLIENTE E.R.S. 03 26.08.24 ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS E.R.S. 02 07.08.23 COMENTARIOS CLIENTE E.R.S. 01 08.06.23 INICIO PROYECTO E.R.S. REV. FECHA DESCRIPCIÓN FIRMA	EMITIDO PARA: ☐ Solo información ☐ Aprobar ☐ Presupuestar ☐ Construcción ☐ AS Built	 	TÍTULO DE PROYECTO: SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL TÍTULO DEL PLANO: EMPLAZAMIENTO CON ORTOFOTO REF. PLANO: SOIE2336001ASPGGE11 ESCALA: 1:5.000 Nº HOJA: 03 de 03 PROYECTADO I.G.M. 08.06.2023 REV: 04 DIBUJADO W.F.G. 08.06.2023 APROBADO E.R.S. 08.06.2023			
	1	2	3	4	5	6	7	DIN-A3			



LEYENDA

SUBESTACIÓN

LÍMITE DE PARCELA

VIAL DE ACCESO

N320 ARISTA EXT CALZADA

N320 LIMITACIÓN EDIFICABILIDAD

N320 ARISTA EXT EXPLANACIÓN

COORDENADAS CERRAMIENTO SUBESTACIÓN		
PUNTO	Coord, X	Coord, Y
A	512.394	4.489.223
B	512.429	4.489.228
C	512.463	4.489.203
D	512.404	4.489.124
E	512.350	4.489.165
UTM ETRS89 HUSO 30		

NOTAS GENERALES:



Enrique Romero Sendino
Ingeniero Industrial
Colegiado en Burgos nº 1329

06			
05			
04			
03	26.08.24	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
02	26.08.24	ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS	E.R.S.
01	31.08.23	INICIO PROYECTO	E.R.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA

EMITIDO PARA:

☐ Solo información

☐ Aprobar

☐ Presupuestar

☐ Construcción

☐ AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:

SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL

TÍTULO DEL PLANO:

AFECCIÓN CARRETERAS

REF. PLANO:

SOIE2336001ASSPGE41

ESCALA:

1:5.000

Nº HOJA:

01 de 01

PROYECTADO

C.L.R.

31.08.2023

REV:

03

DIBUJADO

W.F.G.

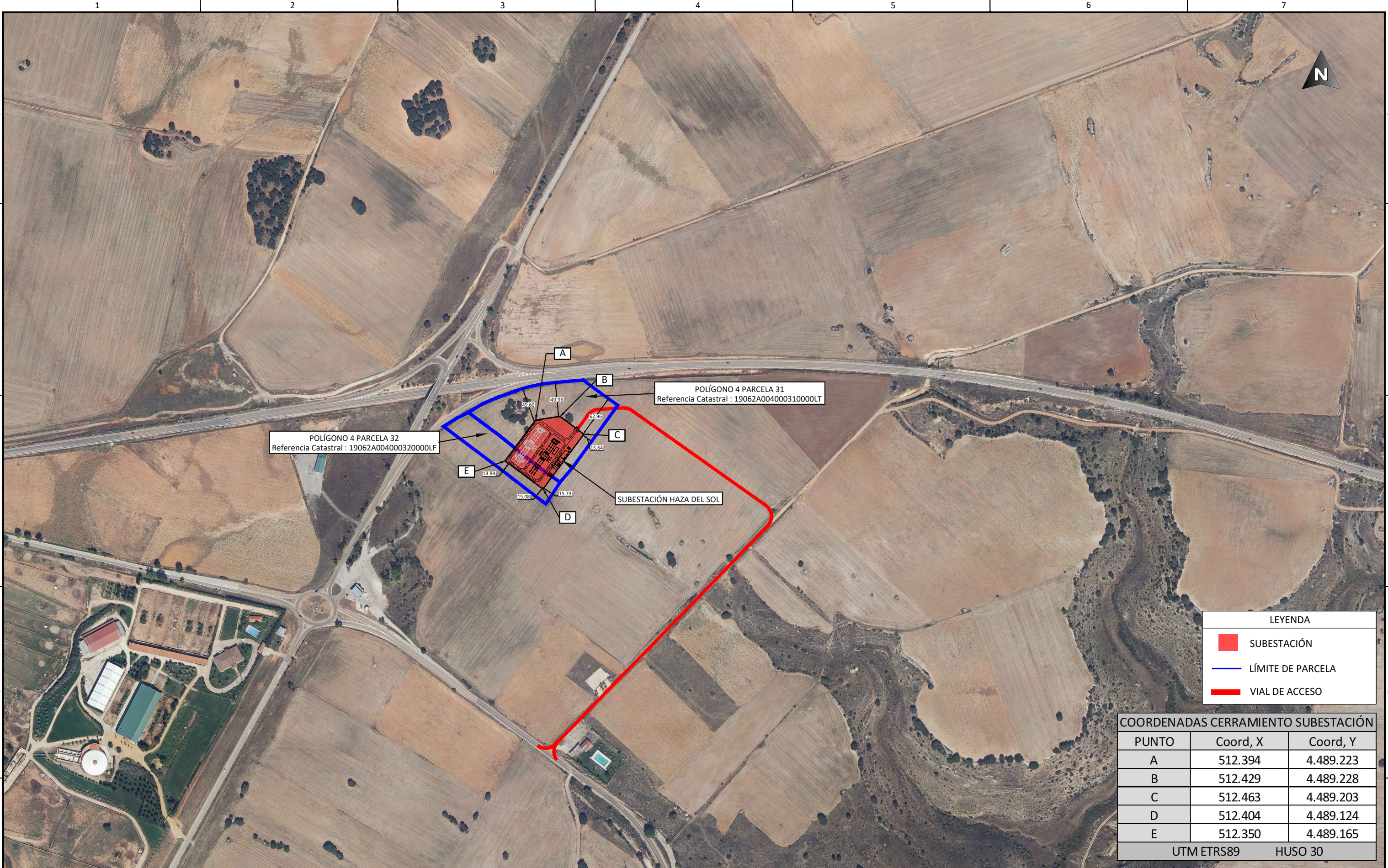
31.08.2023

APROBADO

E.R.S.

31.08.2023

DIN-A3



LEYENDA

SUBESTACIÓN

LÍMITE DE PARCELA

VIAL DE ACCESO

COORDENADAS CERRAMIENTO SUBESTACIÓN		
PUNTO	Coord, X	Coord, Y
A	512.394	4.489.223
B	512.429	4.489.228
C	512.463	4.489.203
D	512.404	4.489.124
E	512.350	4.489.165
UTM ETRS89 HUSO 30		

NOTAS GENERALES:


Enrique Romero Sendino
Ingeniero Industrial
Colegiado en Burgos nº 1329

06			
05			
04			
03	26.08.24	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
02	26.08.24	ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS	E.R.S.
01	31.08.23	INICIO PROYECTO	E.R.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA

EMITIDO PARA:

☐ Solo información

☐ Aprobar

☐ Presupuestar

☐ Construcción

☐ AS Built




TÍTULO DE PROYECTO:

SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL

TÍTULO DEL PLANO:

AFECCIONES

REF. PLANO:

SOIE2336001ASSPGE41

ESCALA:

1:5.000

Nº HOJA:

01 de 01

PROYECTADO

C.L.R.

31.08.2023

REV:

03

DIBUJADO

W.F.G.

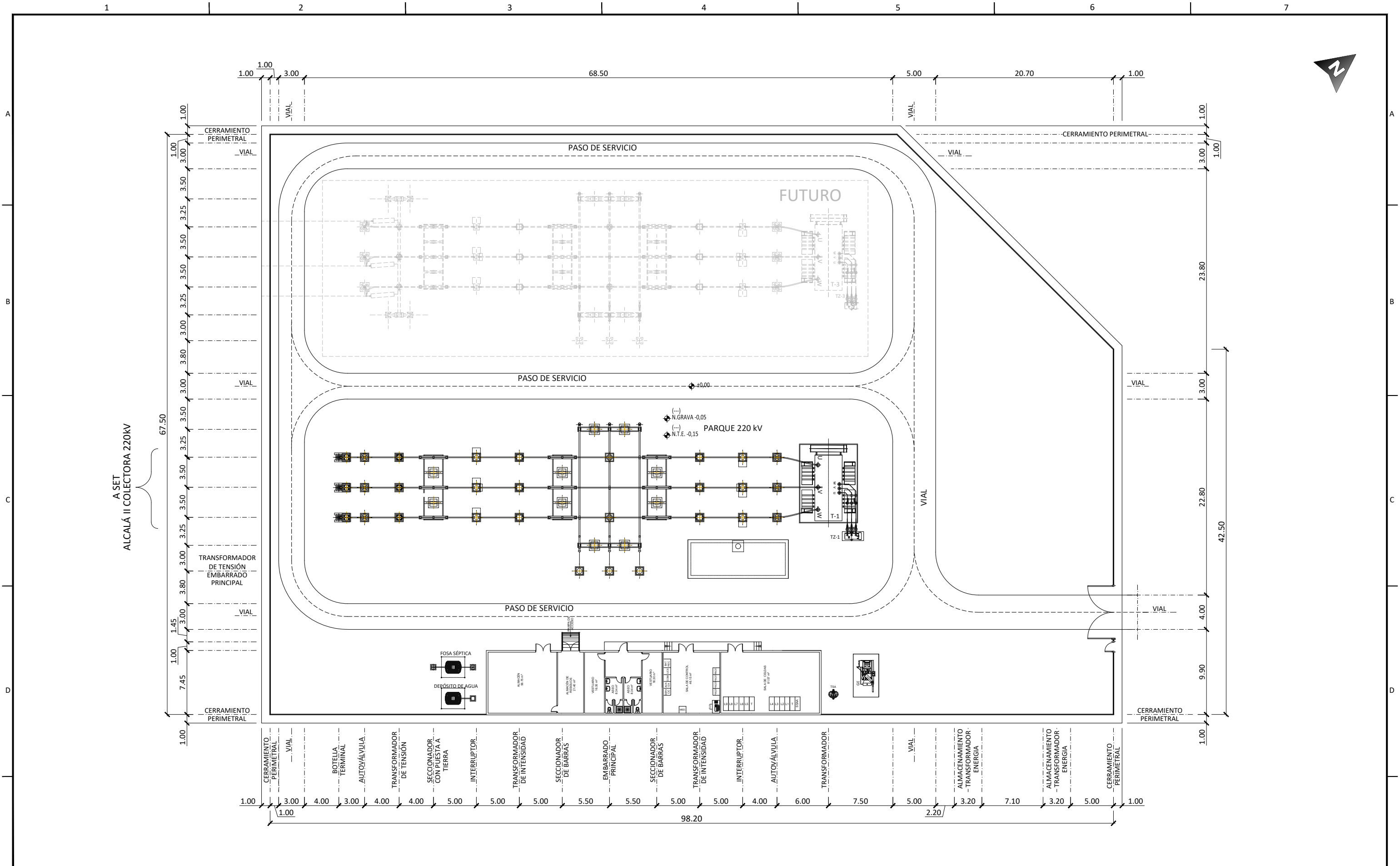
31.08.2023

APROBADO

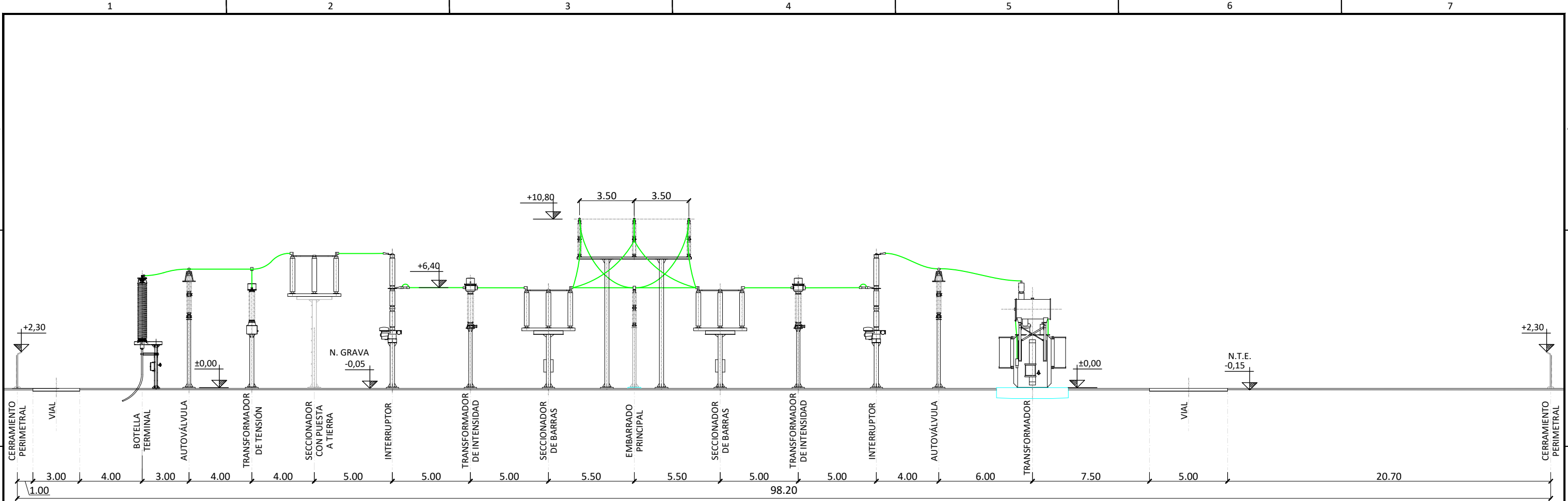
E.R.S.

31.08.2023

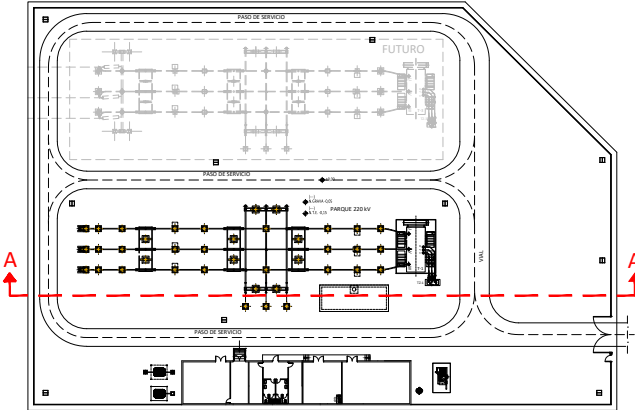
DIN-A3



 Enrique Romero Sendino Ingeniero Industrial Colegiado en Burgos nº 1329	NOTAS GENERALES:			06				EMITIDO PARA: ☐ Solo información ☐ Aprobar ☐ Presupuestar ☐ Construcción ☐ AS Built	 	TÍTULO DE PROYECTO: SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL					
	05				TÍTULO DEL PLANO: IMPLANTACIÓN GENERAL					REF. PLANO: SOIE2336001ASPGGE01					
	04				ESCALA: 1:400	Nº HOJA: 01 de 01	PROYECTADO			I.G.M.		08.06.2023			
	03	26.08.24	ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS	E.R.S.			REV: 03			DIBUJADO	W.F.G.		08.06.2023		
	02	07.08.23	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.		APROBADO	E.R.S.					08.06.2023			
	01	08.06.23	INICIO PROYECTO	E.R.S.								08.06.2023			
	REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN			FIRMA									
1		2		3		4		5		6		7		DIN-A3	



SECCION A-A



 NOTAS GENERALES: Enrique Romero Sendino Ingeniero Industrial Colegiado en Burgos nº 1329	06				EMITIDO PARA: ☐ Solo información ☐ Aprobar ☐ Presupuestar ☐ Construcción ☐ AS Built	 	TÍTULO DE PROYECTO: SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL					
	05						TÍTULO DEL PLANO: SECCIONES			REF. PLANO: SOIE2336001ASPGGE41		
	04					ESCALA: 1:250	Nº HOJA: 01 de 01	PROYECTADO	I.G.M.		08.06.2023	
	03	26.08.24	ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS	E.R.S.				REV: 03	DIBUJADO	W.F.G.		08.06.2023
	02	07.08.23	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.			APROBADO		E.R.S.		08.06.2023	
	01	08.06.23	INICIO PROYECTO	E.R.S.								
	REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN			FIRMA						

1

2

3

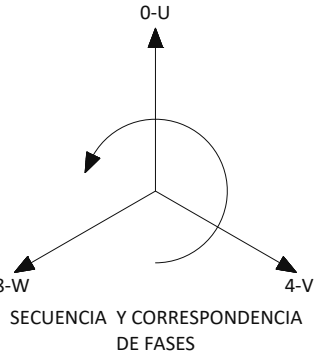
4

5

6

7

DIN-A3



NOTAS GENERALES:

06			
05			
04	26.08.24	ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS	E.R.S.
03	01.12.23	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
02	07.08.23	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	08.06.23	INICIO PROYECTO	E.R.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA

EMITIDO PARA:

- ☐ Solo información
- ☐ Aprobar
- ☐ Presupuestar
- ☐ Construcción
- ☐ AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:

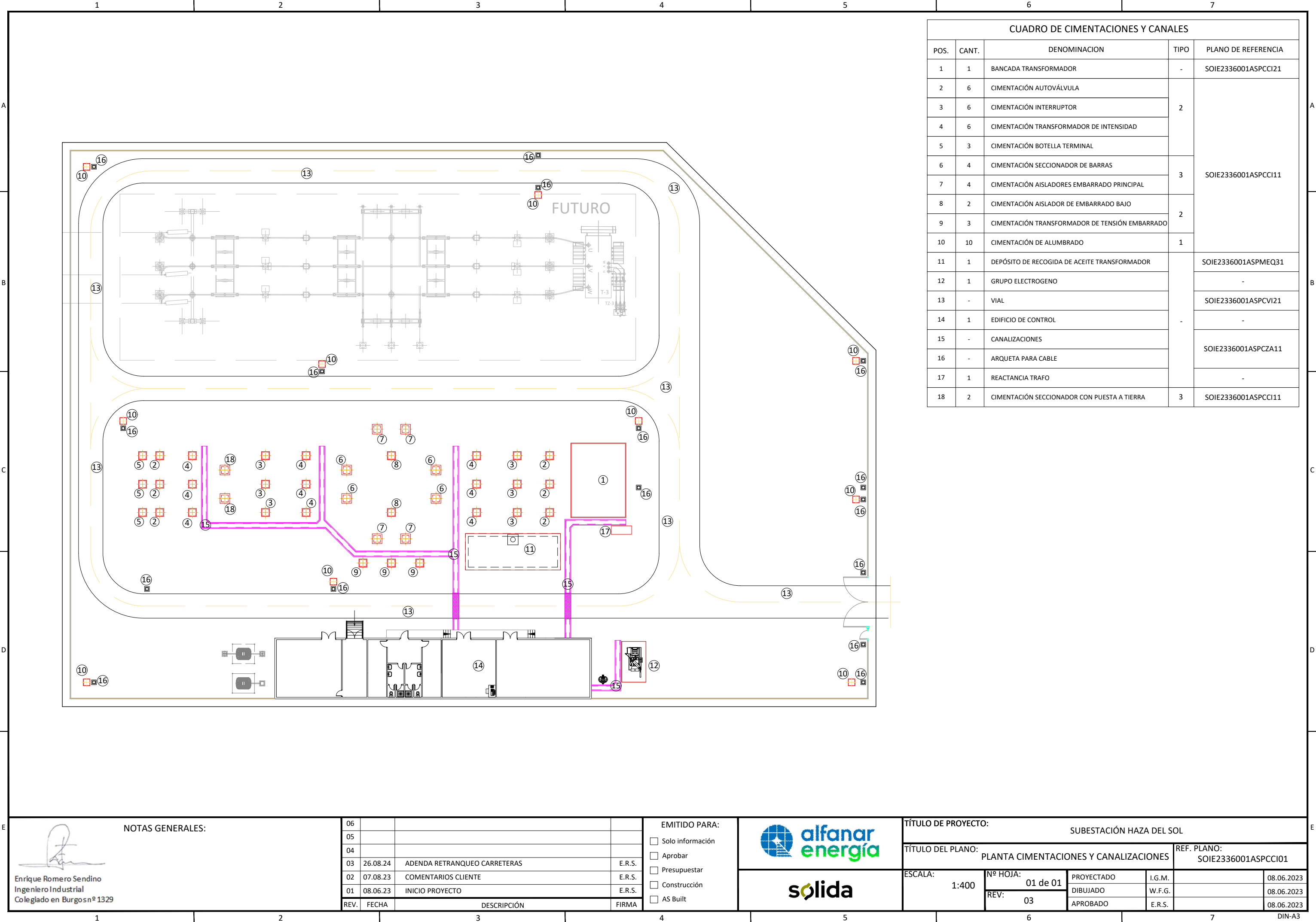
SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL

TÍTULO DEL PLANO:

ESQUEMA LINEAR DE SIMPLIFICACAO

REF. PLANO:

ESCALA: S/E	Nº HOJA:	PROYECTADO	I.G.M.		08.06.2023
	01 de 01				
	REV:	DIBUJADO	I.G.M.		08.06.2023
	04	APROBADO	E.R.S.		08.06.2023



CUADRO DE CIMENTACIONES Y CANALES				
POS.	CANT.	DENOMINACION	TIPO	PLANO DE REFERENCIA
1	1	BANCADA TRANSFORMADOR	-	SOIE2336001ASPCCI21
2	6	CIMENTACIÓN AUTOVÁLVULA	2	SOIE2336001ASPCCI11
3	6	CIMENTACIÓN INTERRUPTOR		
4	6	CIMENTACIÓN TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD		
5	3	CIMENTACIÓN BOTELLA TERMINAL		
6	4	CIMENTACIÓN SECCIONADOR DE BARRAS	3	
7	4	CIMENTACIÓN AISLADORES EMBARRADO PRINCIPAL		
8	2	CIMENTACIÓN AISLADOR DE EMBARRADO BAJO	2	
9	3	CIMENTACIÓN TRANSFORMADOR DE TENSIÓN EMBARRADO		
10	10	CIMENTACIÓN DE ALUMBRADO	1	
11	1	DEPÓSITO DE RECOGIDA DE ACEITE TRANSFORMADOR	-	
12	1	GRUPO ELECTROGENO		-
13	-	VIAL		SOIE2336001ASPCVI21
14	1	EDIFICIO DE CONTROL		-
15	-	CANALIZACIONES		SOIE2336001ASPCZA11
16	-	ARQUETA PARA CABLE		
17	1	REACTANCIA TRAFO		-
18	2	CIMENTACIÓN SECCIONADOR CON PUESTA A TIERRA	3	SOIE2336001ASPCCI11



Enrique Romero Sendino
Ingeniero Industrial
Colegiado en Burgos nº 1329

NOTAS GENERALES:

06			
05			
04			
03	26.08.24	ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS	E.R.S.
02	07.08.23	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	08.06.23	INICIO PROYECTO	E.R.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA

EMITIDO PARA:

☐ Solo información
☐ Aprobar
☐ Presupuestar
☐ Construcción
☐ AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:
SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL

TÍTULO DEL PLANO:
PLANTA CIMENTACIONES Y CANALIZACIONES

REF. PLANO:
SOIE2336001ASPCCI01

ESCALA:
1:400

Nº HOJA:
01 de 01

REV:
03

PROYECTADO	I.G.M.	08.06.2023
DIBUJADO	W.F.G.	08.06.2023
APROBADO	E.R.S.	08.06.2023

1

2

3

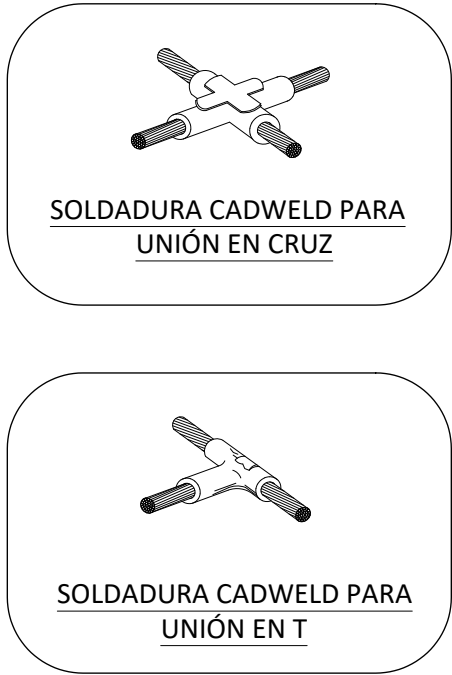
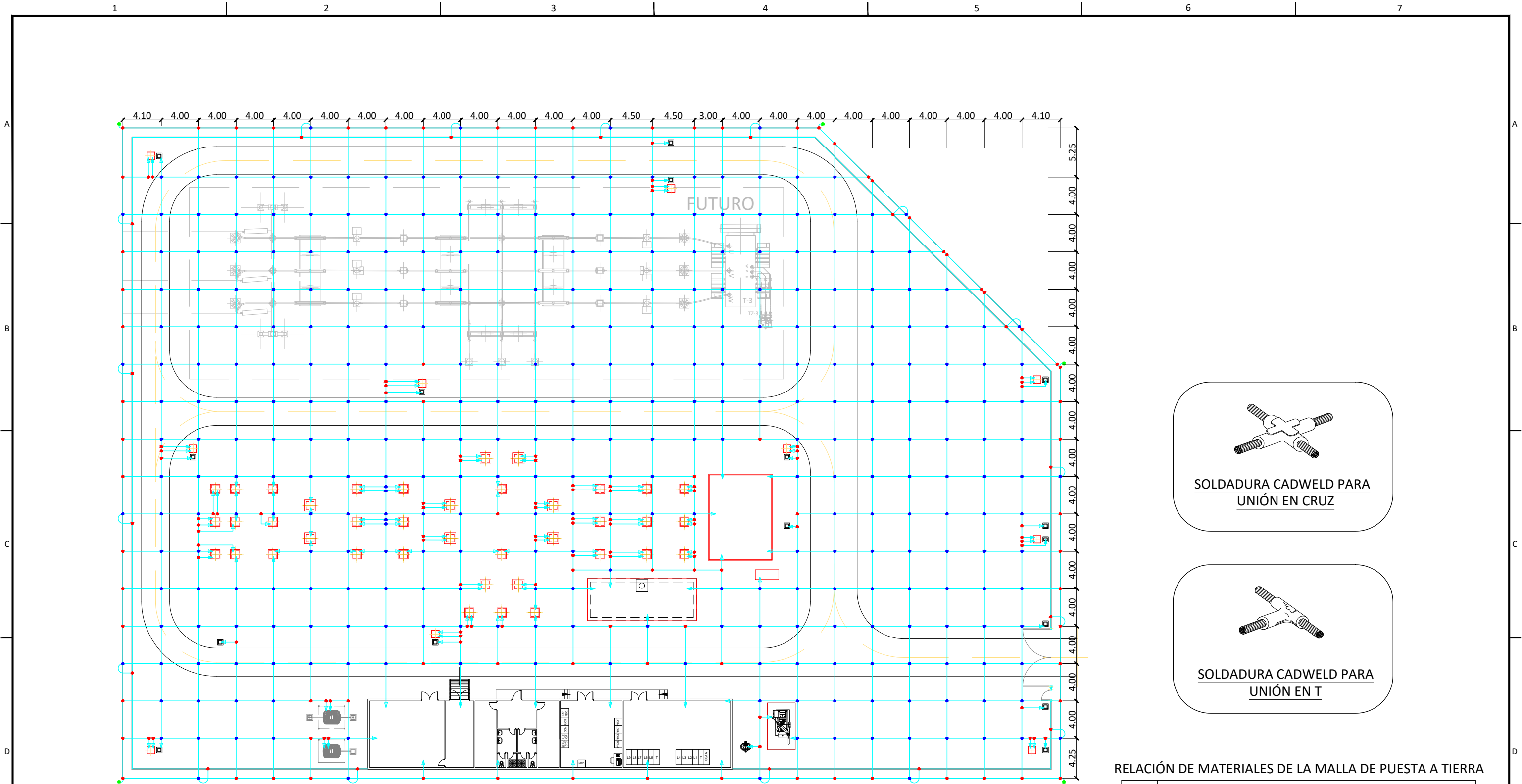
4

5

6

7

DIN-A3



RELACIÓN DE MATERIALES DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

POS.	DENOMINACION
	CABLE DESNUDO Cu DE S= 95mm ²
	SOLDADURA "CADWELD" PARA UNIÓN EN CRUZ DE CABLE Cu S= 95mm ²
	SOLDADURA "CADWELD" PARA UNIÓN EN T DE CABLE Cu DE S= 95mm ²
	PICA DE P.A.T DE ACERO COBRIZADO
	DERIVACIÓN DE LA MALLA DE TIERRA

Enrique Romero Sendino
Ingeniero Industrial
Colegiado en Burgos nº 1329

NOTAS GENERALES:

06			
05			
04			
03	26.08.24	ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS	E.R.S.
02	07.08.23	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	08.06.23	INICIO PROYECTO	E.R.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA

EMITIDO PARA:

- ☐ Solo información
- ☐ Aprobar
- ☐ Presupuestar
- ☐ Construcción
- ☐ AS Built

TÍTULO DE PROYECTO:

SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL

TÍTULO DEL PLANO:

PLANTA GENERAL PUESTA A TIERRA

REF. PLANO:

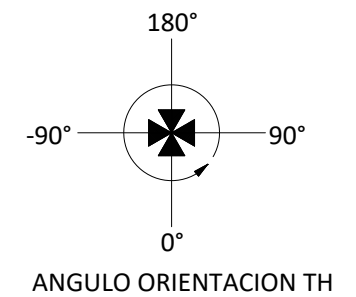
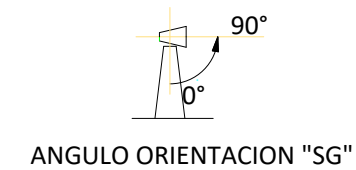
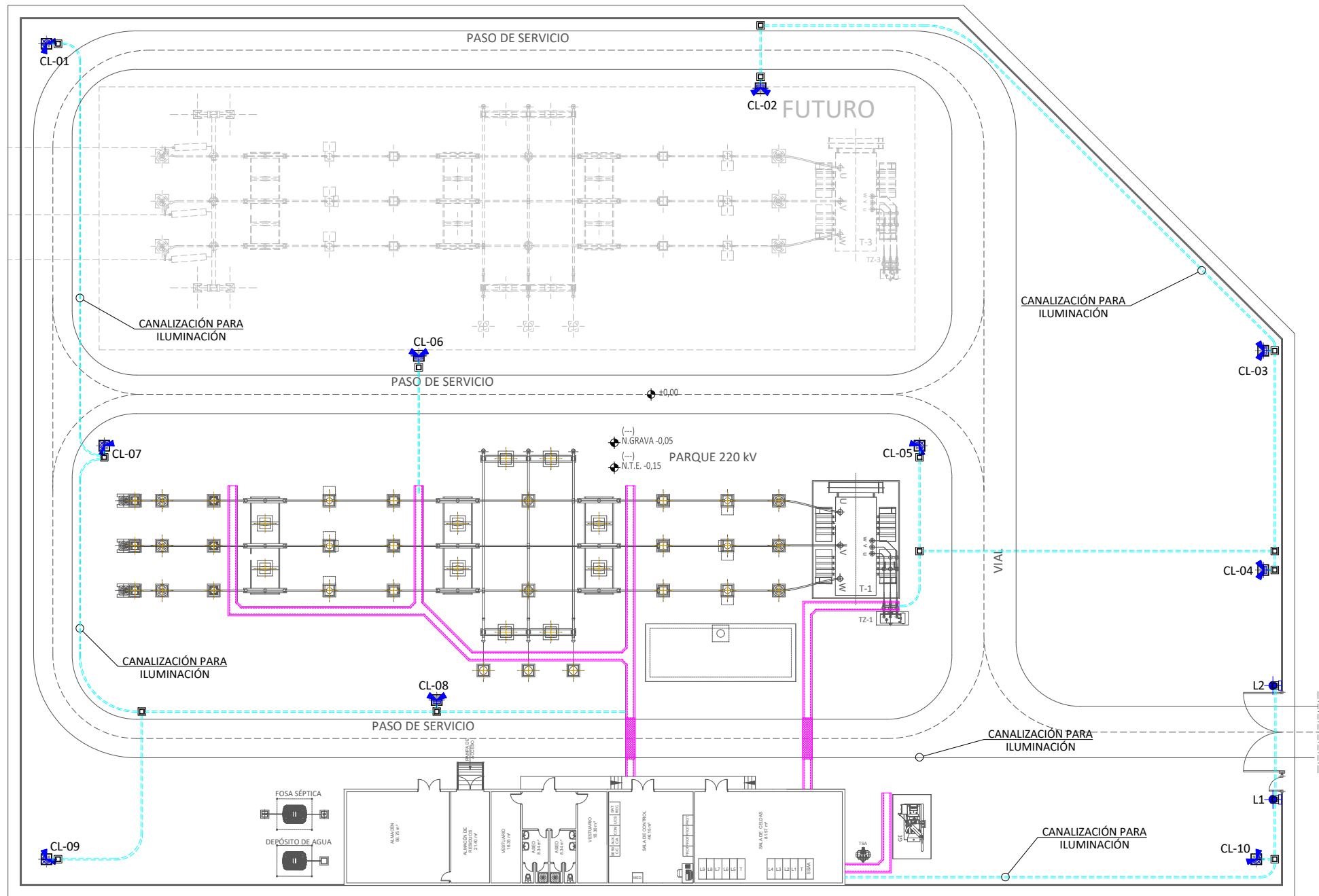
SOIE2336001ASPEPT01

ESCALA:

1:400

Nº HOJA:	01 de 01	PROYECTADO	I.G.M.	08.06.2023
REV:	03	DIBUJADO	W.F.G.	08.06.2023
		APROBADO	E.R.S.	08.06.2023

DIN-A3



COLUMNA	PROYECT.	TH
CL-01	2	45°
CL-02	2	0°
CL-03	2	-90°
CL-04	2	-90°
CL-05	2	180°
CL-06	2	180°
CL-07	2	90°
CL-08	2	180°
CL-09	2	135°
CL-10	2	-135°
L1	1	-90°
L2	1	-90°

- NOTAS.-
- LA UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE LUZ ES ORIENTATIVA.
 - EN TODOS LOS PROYECTORES EL ÁNGULO DE INCLINACIÓN (SG) SERÁ DE 90°.
 - LAS LUMINARIAS A UTILIZAR SON PROYECTORES DE ALUMINIO ANODIZADO DE 400W O SIMILAR.

NOTAS GENERALES:

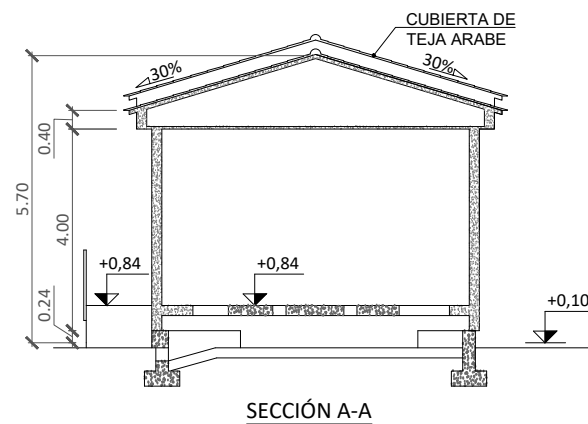
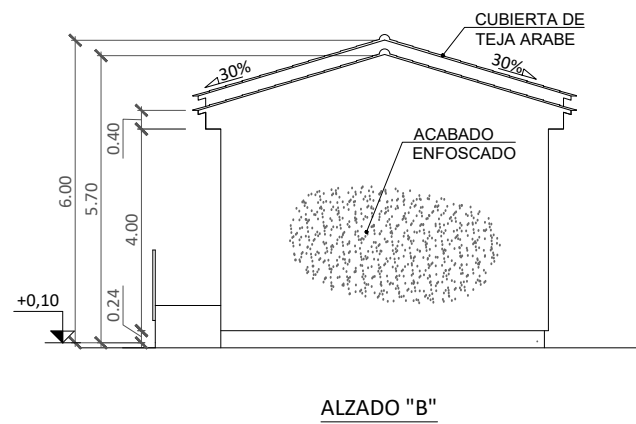
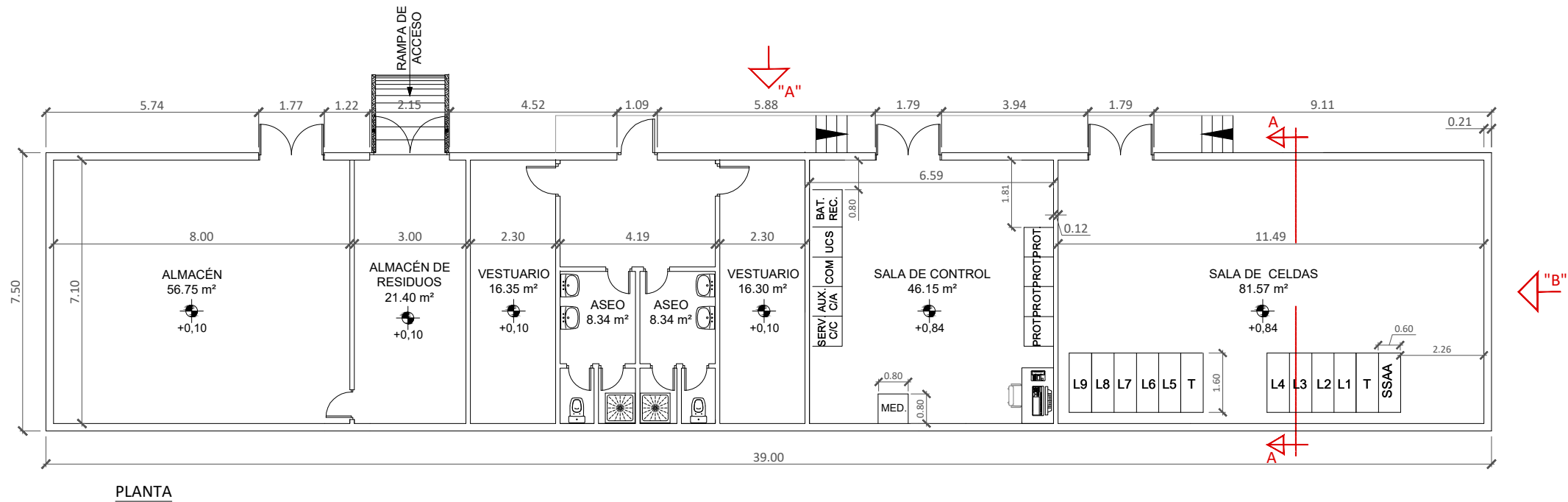
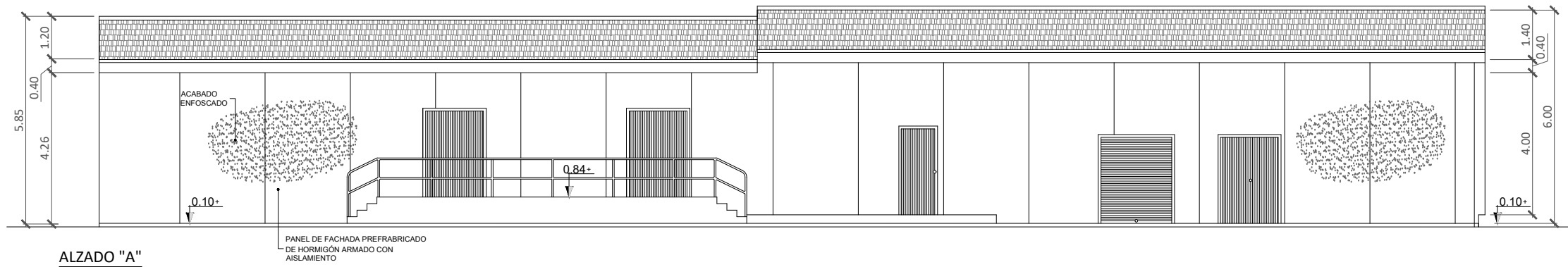
Enrique Romero Sendino
Ingeniero Industrial
Colegiado en Burgos nº 1329

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
06			
05			
04			
03	26.08.24	ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS	E.R.S.
02	07.08.23	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	08.06.23	INICIO PROYECTO	E.R.S.

- EMITIDO PARA:
- ☐ Solo información
 - ☐ Aprobar
 - ☐ Presupuestar
 - ☐ Construcción
 - ☐ AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:						
SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL						
TÍTULO DEL PLANO:				REF. PLANO:		
PLANTA DE ALUMBRADO GENERAL				SOIE2336001ASPGGE01		
ESCALA:	1:250	Nº HOJA:	01 de 01	PROYECTADO	I.G.M.	08.06.2023
		REV:	03	DIBUJADO	W.F.G.	08.06.2023
				APROBADO	E.R.S.	08.06.2023



NOTAS GENERALES:

Enrique Romero Sendino
Ingeniero Industrial
Colegiado en Burgos nº 1329

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
06			
05			
04			
03	26.08.24	ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS	E.R.S.
02	07.08.23	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	08.06.23	INICIO PROYECTO	E.R.S.

EMITIDO PARA:

- ☐ Solo información
- ☐ Aprobar
- ☐ Presupuestar
- ☐ Construcción
- ☐ AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:

SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL

TÍTULO DEL PLANO:

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EDIFICIO

REF. PLANO:

SOIE2336001ASPCED01

ESCALA:

1:150

Nº HOJA:

01 de 01

REV:

03

PROYECTADO

I.G.M.

08.06.2023

DIBUJADO

W.F.G.

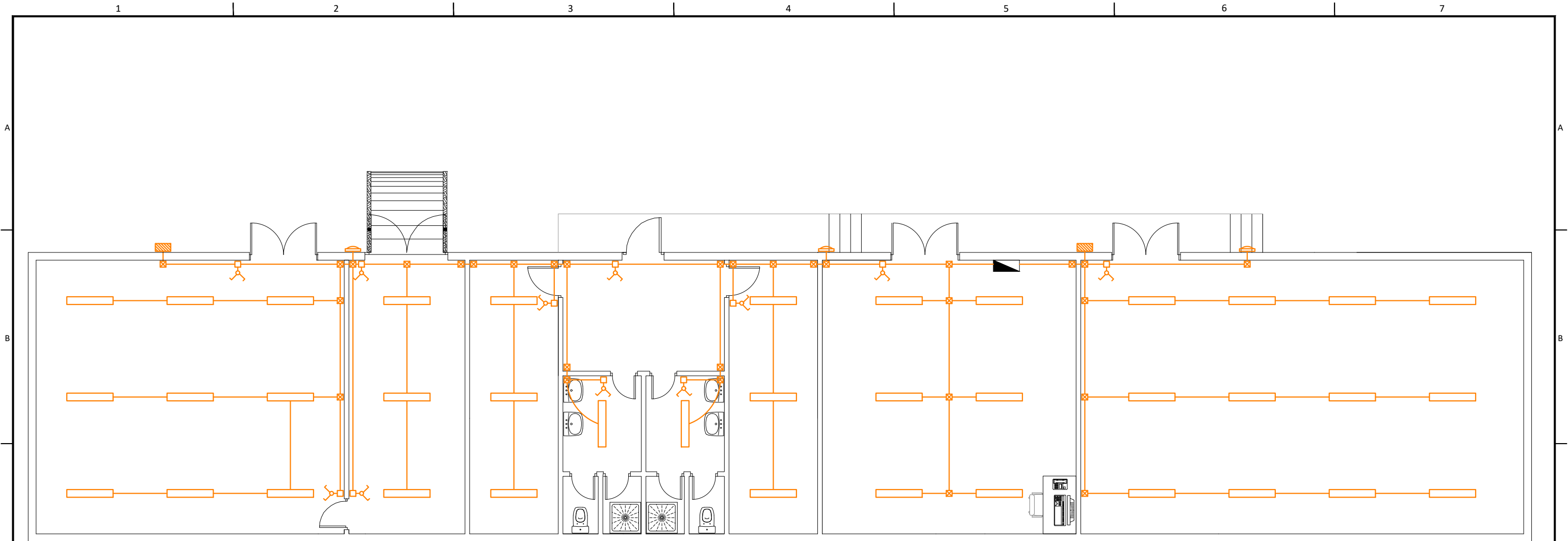
08.06.2023

APROBADO

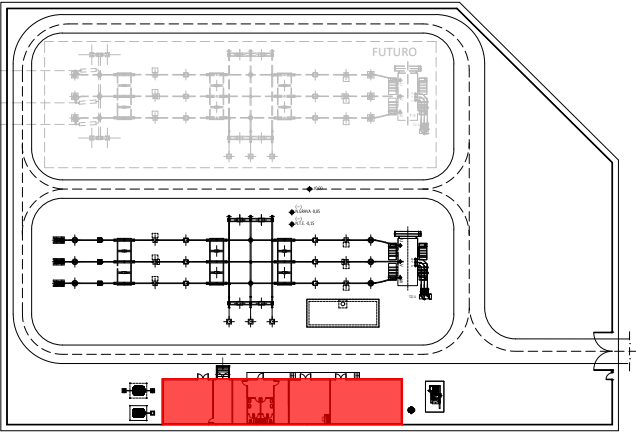
E.R.S.

08.06.2023

DIN-A3



PLANTA



SIMBOLOGIA

- CUADRO GENERAL DE SERVICIOS AUXILIARES
- CAJA DE DERIVACIÓN DYBOX-80/2200 (CRADY) ALUMBRADO
- CAJA DE DERIVACIÓN DYBOX-2500 (CRADY)
- INTERRUPTOR 16A, 250V, TIPO 31101-30 CON ADAPTADOR TIPO 787020 (SIMON)
- TUBO DE PVC RIGIDO 1 x 2.5 (ALUMBRADO NORMAL)
- PROYECTORES PARA LÁMPARAS DE 400 W. (TIPO 450-LRX-TD DE INDALUX O SIMILAR)
- OJO DE BUEY OVAL DE 100W TIPO PLZ-3110 (CARANDINI)
- LUMINARIA ABIERTA CON 2 TUBOS DE 36W TIPO 402-IFJ (INDALUX) CON MONTAJE ADOSADO AL TECHO.

NOTAS GENERALES:
1.-TIPO EDIFICIO: PREFABRICADO DE HORMIGON O DE OBRA, EMPLEANDO MATERIALES DEL ENTORNO, RESPETANDO TIPOLOGÍAS Y COLORES DE LAS EDIFICACIONES DE LA ZONA.

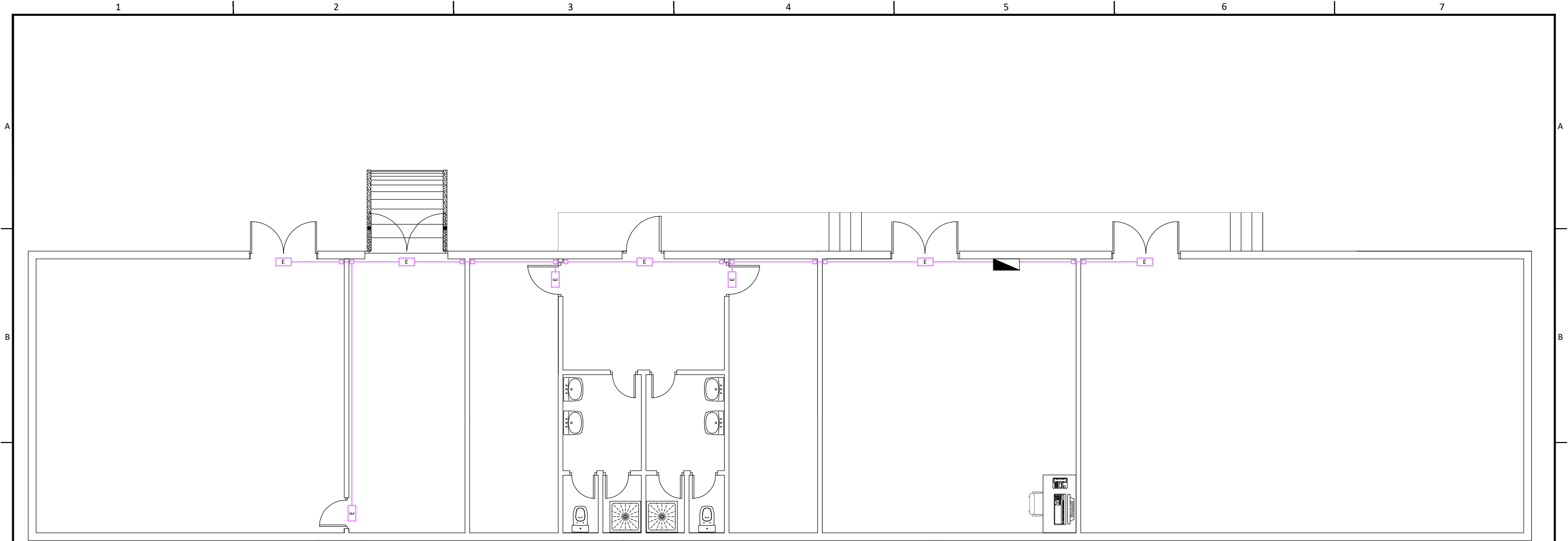
Enrique Romero Sendino
Ingeniero Industrial
Colegiado en Burgos nº 1329

06			
05			
04			
03	26.08.24	ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS	E.R.S.
02	07.08.23	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	08.06.23	INICIO PROYECTO	E.R.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA

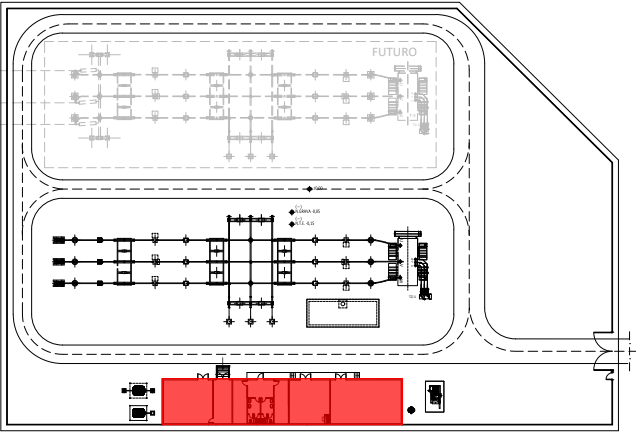
- EMITIDO PARA:
- ☐ Solo información
 - ☐ Aprobar
 - ☐ Presupuestar
 - ☐ Construcción
 - ☐ AS Built



TÍTULO DE PROYECTO: SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL					
TÍTULO DEL PLANO: PLANTA DE ALUMBRADO				REF. PLANO: SOIE2336001ASPCED61	
ESCALA: 1:100	Nº HOJA: 01 de 02	PROYECTADO	I.G.M.		08.06.2023
	REV: 03	DIBUJADO	W.F.G.		08.06.2023
		APROBADO	E.R.S.		08.06.2023



PLANTA



SIMBOLOGIA

- CUADRO GENERAL DE SERVICIOS AUXILIARES
- CAJA DE DERIVACIÓN DYBOX-80/2200 (CRADY) EMERGENCIA
- TUBO DE PVC RIGIDO 1 x 2.5 (ALUMBRADO DE EMERGENCIA)
- ALUMBRADO DE EMERGENCIA TIPO TF-6S (SAFT IBERICA)

NOTAS GENERALES:

1.-TIPO EDIFICIO: PREFABRICADO DE HORMIGON O DE OBRA, EMPLEANDO MATERIALES DEL ENTORNO, RESPETANDO TIPOLOGÍAS Y COLORES DE LAS EDIFICACIONES DE LA ZONA.

Enrique Romero Sendino
Ingeniero Industrial
Colegiado en Burgos nº 1329

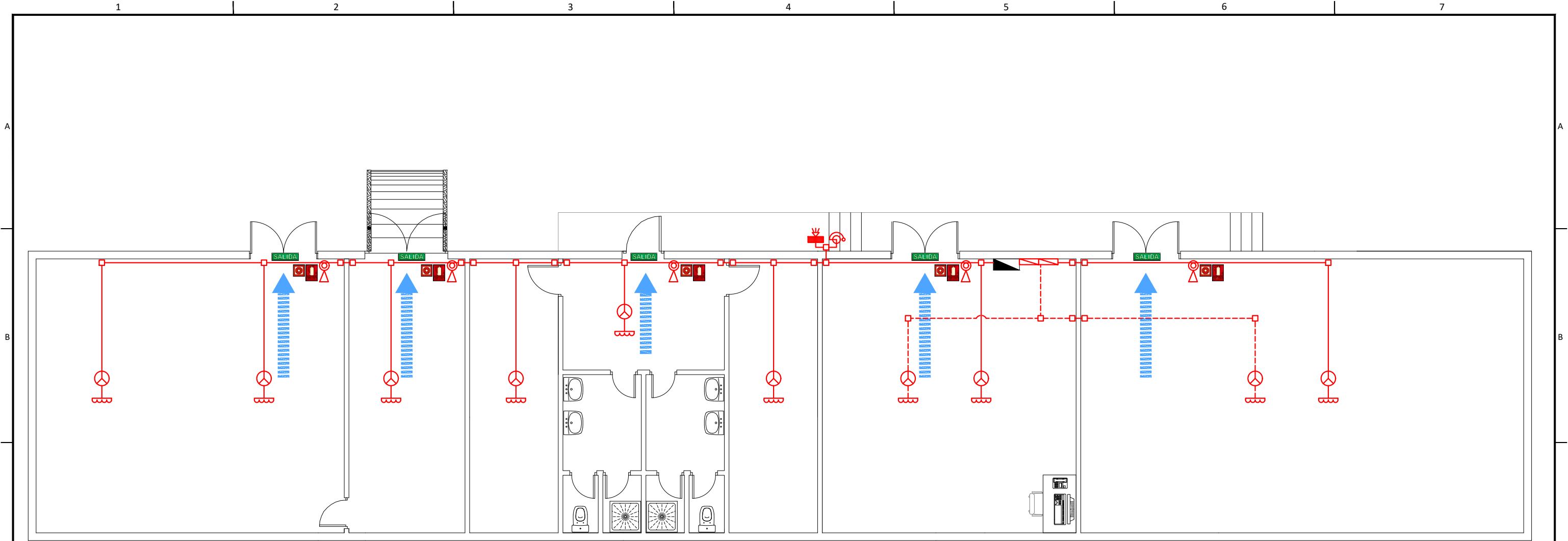
06			
05			
04			
03	26.08.24	ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS	E.R.S.
02	07.08.23	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	08.06.23	INICIO PROYECTO	E.R.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA

EMITIDO PARA:

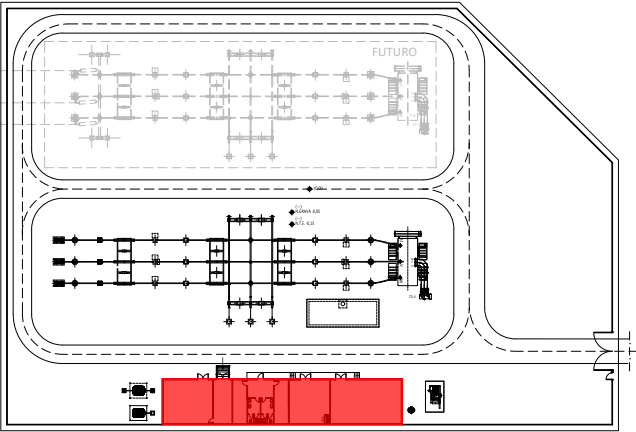
- ☐ Solo información
- ☐ Aprobar
- ☐ Presupuestar
- ☐ Construcción
- ☐ AS Built



TÍTULO DE PROYECTO: SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL				
TÍTULO DEL PLANO: PLANTA DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA			REF. PLANO: SOIE2336001ASPCED61	
ESCALA: 1:100	Nº HOJA: 02 de 02	PROYECTADO	I.G.M.	08.06.2023
	REV: 03	DIBUJADO	W.F.G.	08.06.2023
		APROBADO	E.R.S.	08.06.2023



PLANTA



SIMBOLOGÍA

- CENTRALITA DE ALARMAS INCENDIOS + INTRUSISMO
- DETECTOR ÓPTICO DE HUMOS
- DETECTOR ÓPTICO DE HUMOS UBICADO EN SUELO FALSO
- EXTINTOR DE CO₂ DE 5 Kg
- TUBO PVC Ø25 mm O CANALETA DE SECCIÓN EQUIVALENTE
- CAJA DE REGISTRO 160x100 mm
- CAMPANA EXTERIOR INCENDIOS
- SIRENA EXTERIOR
- LÍNEA DE EVACUACIÓN
- SEÑAL CLASE A: PICTORAMA "EXTINTOR"
- SEÑAL CLASE A: PICTORAMA "PULSADOR"
- SEÑAL CLASE A: PICTORAMA "SALIDA"

NOTAS GENERALES:

1.-TIPO EDIFICIO: PREFABRICADO DE HORMIGON O DE OBRA, EMPLEANDO MATERIALES DEL ENTORNO, RESPETANDO TIPOLOGÍAS Y COLORES DE LAS EDIFICACIONES DE LA ZONA.

Enrique Romero Sendino
Ingeniero Industrial
Colegiado en Burgos nº 1329

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
06			
05			
04			
03	26.08.24	ADENDA RETRANQUEO CARRETERAS	E.R.S.
02	07.08.23	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	08.06.23	INICIO PROYECTO	E.R.S.

EMITIDO PARA:

- ☐ Solo información
- ☐ Aprobar
- ☐ Presupuestar
- ☐ Construcción
- ☐ AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:							
SUBESTACIÓN HAZA DEL SOL							
TÍTULO DEL PLANO:				REF. PLANO:			
PLANTA DE P.C.I.				SOIE2336001ASPCED02			
ESCALA:	1:100	Nº HOJA:	01 de 01	PROYECTADO	I.G.M.		08.06.2023
		REV:	03	DIBUJADO	W.F.G.		08.06.2023
				APROBADO	E.R.S.		08.06.2023

