

Este documento es copia del original firmado.

Se han ocultado datos personales en aplicación de la normativa vigente.

I-CALCULOS DE LOS CENTROS



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

Colegiado nº

VISADO

1 CÁLCULOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

1.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

Conforme a la solicitud de suministro de energía para varios suministros de vivienda según expediente 9038334430 de Iberdrola, la potencia prevista será de 460,86 kW, para dicha potencia se instalará Centro de Transformación con 1 transformador de 400 kVA.

Se describe a continuación el desglose de potencias:

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 1 PROYECTADO							
ID LÍNEA	ORIGEN	FIN	PORTAL	SERVICIO	POTENCIA (kW) sin coeficiente ITC BT 10	POTENCIA (kW) con coeficiente ITC BT 10	LONGITUD (m)
C 1.1	CT PROYECTADO	CGP 1 (Esquema 10)	PORTAL A	6 VIVIENDAS, R VEHICULO ELEC., SERVICIOS COMUNES	82,46	76,94	11
C 1.2	CT PROYECTADO	CGP 2 (Esquema 11)	PORTAL B Y E	11 VIVIENDAS, R VEHICULO ELEC., SERVICIOS COMUNES	152,04	135,48	9
C 1.3	CT PROYECTADO 1	CGP 3 (Esquema 10)	PORTAL D	5 VIVIENDAS, R VEHICULO ELEC., PORTAL	147,58	143,900	12
C 1.4	CT PROYECTADO	CGP 4 (Esquema 10)	PORTAL C	6 VIVIENDAS, R VEHICULO ELEC., SERVICIOS COMUNES	78,78	73,26	14
TOTAL CT1					460,86	429,58	46

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Conforme al MT 2.03.20, la incidencia de la potencia en BT respecto al CT, se obtiene como P (CT)

$$P (CT) \text{ Viviendas} = \frac{P (Viviendas) \times 0,4}{0,9} = \frac{257,6 \times 0,4}{0,9} = 114,5 \text{ KVA}$$

$$P (CT) \text{ Rec. V. elect.} = \frac{P (\text{Rec. V. elect})}{0,9} = \frac{25,76}{0,9} = 28,62 \text{ KVA}$$

$$P (CT) \text{ Garaje} = \frac{P (\text{Garaje})}{0,9} = \frac{36}{0,9} = 80 \text{ KVA}$$

$$P (CT) \text{ SSGG} = \frac{P (\text{SSGG})}{0,9} = \frac{141,5}{0,9} = 157,02 \text{ KVA}$$

La potencia total es de 340,33 kVA, por lo que se instalará una máquina de 400 kVA.

1.2 INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (2.1.a)$$

donde:

- P potencia del transformador [kVA]
- Up tensión primaria [kV]
- Ip intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV.

Para los transformadores con una potencia de 400kVA:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 20} = 11,55 \text{ A}$$

1.3 INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s} \quad (2.2.a)$$

donde:

- P potencia del transformador [kVA]
- Us tensión en el secundario [kV]
- Is intensidad en el secundario [A]

Para los transformadores de 400 kVA, la tensión secundaria es de 420 V en vacío, y la intensidad en las salidas de 420V en vacío puede alcanzar el valor de:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,420} = 550 \text{ A}$$



Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

Colegiado nº

VISADO

1.4 CORTOCIRCUITOS

1.4.1 Observaciones

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito, se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de Media Tensión, valor especificado por la Compañía suministradora.

1.4.2 Cálculo de las corrientes de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V_p} \quad (2.3.2.a)$$

Donde

S_{cc} = potencia de cortocircuito de la red en MVA

V_p = tensión de servicio en kV

I_{ccp} = corriente de cortocircuito en kA

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito secundaria de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot V_s} \quad (2.3.2.b)$$

donde

P = potencia del transformador en kVA

E_{cc} = tensión de cortocircuito del transformador en %

V_s = tensión secundaria en V

I_{ccs} = corriente de cortocircuito en kA

1.4.2.1 Cortocircuito en el lado de Alta Tensión

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en el que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{350}{\sqrt{3} \cdot 20} = 10,10 \text{ kA} \text{ valor corto circuito según cálculos teóricos}$$

Según carta de condiciones técnicas de compañía el valor de corto circuito es de 12,5 KA

Usaremos el valor de corto circuito indicado por compañía

1.4.2.2 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula 2.3.2.b, y teniendo en cuenta que la tensión porcentual de cortocircuito para los transformadores de 400 kVA y 630 kVA es del 4%, y la tensión secundaria es de 420V en vacío:



Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
ID:603

Colegiado nº

VISADO

$$\text{Para los transformadores de 400 kVA: } I_{CCS} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{CC} \cdot V_S} = \frac{100 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 420} = 13,75 \text{ kA}$$

1.4.3 Dimensionado del embarrado

Las celdas han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento las celdas.

1.4.3.1 Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material del embarrado. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considera que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

1.4.3.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito indicada en la carta de condiciones técnicas de compañía de este capítulo, por lo que:

$$* \quad I_{cc}(\text{din}) = 31,25 \text{ kA}$$

1.4.3.3 Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$* \quad I_{cc}(\text{ter}) = 12,5 \text{ kA.}$$

1.5 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

1.5.1 Transformadores

La protección en MT del transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrían que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 40A.

La celda de protección de este transformador no incorpora relé, al considerarse suficiente el empleo de las otras protecciones.

1.5.2 Termómetro

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

1.5.3 Protecciones en BT

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo calculado anteriormente.

1.6 DIMENSIONADO DE LOS PUENTES DE MT

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

1.6.1 Transformadores

TRANSFORMADOR 400 kVA

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 11,55 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm² de Al según el fabricante.



Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

Colegiado nº

VISADO

1.7 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio del Centro de Transformación, se utiliza la expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0.24 \cdot K \cdot \sqrt{3} \cdot [h \cdot DT^3]} \quad (2.6.a)$$

Donde:

W_{cu} - Pérdidas en el cobre del transformador

W_{fe} - Pérdidas en el hierro del transformador

K - Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada

h - Distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida

DT - Aumento de temperatura del aire

S_r - Superficie mínima de las rejillas de entrada

Igualmente se adjunta captura de pantalla del documento de Ormazabal justificando el cumplimiento de las condiciones establecidas en el apartado 4.4 de la ITC –RAT 14 del Reglamento aprobado mediante R.D. 337/2014, de 9 de mayo.



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

Colegiado nº

VISADO

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio del Centro de Transformación, se utiliza la expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0.24 \cdot K \cdot \sqrt{3} \cdot [h \cdot DT^3]} \quad (2.6.a)$$

Donde:

Wcu - Pérdidas en el cobre del transformador **3.850 kW**

Wfe - Pérdidas en el hierro del transformador **520 kW**

K - Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada **0,4**

h - Distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida **2,57 m**

DT - Aumento de temperatura del aire **15 °C**

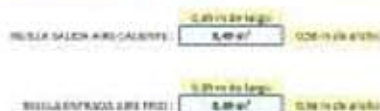
Sr - Superficie mínima de las rejillas de entrada

VENTILACIÓN NATURAL

DIMENSIONADO DE LAS REJILLAS DE VENTILACIÓN DEL CT EN OBRA CIVIL

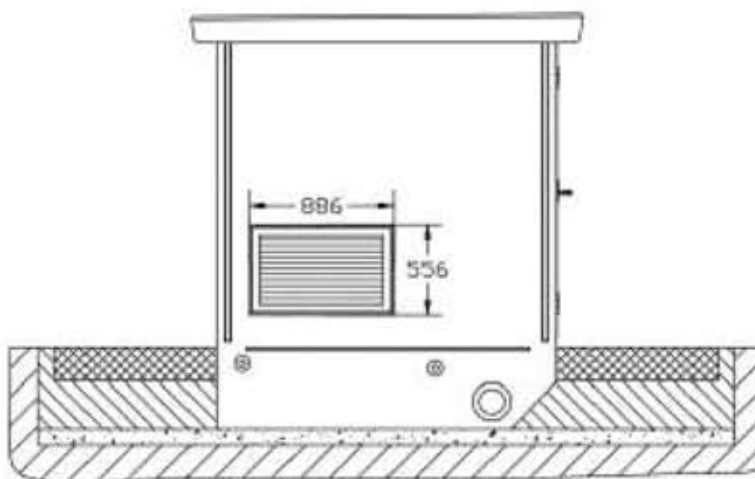
DATOS DE OBRA CIVIL	Tipo de Transformador	Modelo
	Potencia del Transformador (KVA)	400
	Grado de protección (IP) en la parte superior	40%
	Alt. Nál. Interior (m)	20
	Gr. altura entre ejes de rejillas (m)	2,57
DATOS DE OBRA CIVIL	P _{cu} Pérdidas totales en el cobre a P _{NA} (kW)	3,850
	P _{fe} Pérdidas totales en el hierro a P _{NA} (kW)	520
	P _t Pérdidas totales del transformador (kW)	8,37
	Sr Superficie teórica de entrada (m²)	8,49 m²

DIMENSIONES REJILLA ENTRADA/ SALIDA DE AIRE



$$P_t = P_{cu} + P_{fe}$$

$$S_r = \frac{P_t}{0.24 \cdot K \cdot \sqrt{3} \cdot DT^3 \cdot H}$$



VISTA LATERAL IZQUIERDA

Las rejillas de ventilación del Centro de Transformación 1 proyectado cumplen con la superficie mínima requerida. Igualmente, se adjunta captura de pantalla del documento de Ormazabal justificando el cumplimiento de las condiciones establecidas en el apartado 4.4 de la ITC -RAT 14 del Reglamento aprobado mediante R.D. 337/2014, de 9 de mayo.



Instalaciones eléctricas de interior. Locales con instalaciones aisladas con SF6 y situadas por debajo del suelo

RAT ITC-14, apartado 4.4.4

Según el apartado 4.4.4. de la RAT-ITC-14, *Los locales con instalaciones aisladas con SF6 y situadas por debajo del suelo deben tener ventilación forzada si la cantidad de gas que pueda acumularse puede llegar a poner en riesgo la salud y seguridad de las personas.*

Al objeto de poder evaluar este aspecto de una forma objetiva y normalizada, el propio apartado 4.4.4 establece lo siguiente: *La ventilación forzada puede omitirse siempre que el volumen del gas **del compartimento de gas más grande** no exceda a presión atmosférica, el 10 por ciento del volumen de la habitación.*

En el caso de los productos comercializados por Ormazabal bajo el alcance de este apartado, el peor caso a considera es aquel en el que coinciden los siguientes componentes:

1. Conjunto compacto 2LP de hasta 36 KV tipo **CGM.3-2LP**. Este es el compartimento de gas más grande que comercializamos actualmente y que pudiera ser instalado en un centro de transformación.
2. Envoltorio prefabricada para centro de transformación subterráneo tipo **miniSUB-h/v**. Esta es la envoltorio subterránea de menores dimensiones que disponemos actualmente en catálogo.

Siendo así, la combinación de ambos elementos en una misma instalación nos llevaría al peor caso a evaluar (compartimento más grande y habitación más pequeña).



Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

Colegiado nº

VISADO



Evaluemos por tanto si en este caso estamos dentro de los límites de aplicación del apartado 4.4.4 o no:

La cantidad de SF6 en el interior del compartimento del equipo CGM.3-2LP es de algo menos de 3Kg. De forma conservadora, consideraremos 3Kg para este análisis.

La densidad SF6 a presión atmosférica (1,013 bar) y a 15 °C , es de 6,2563 kg/m3 y considerando unos 3 kg. para el compacto 2LP (CGM.3) obtenemos que no se superarían los 0,5 m3.

Por otra parte, la envolvente prefabricada tipo miniSUB dispone en su interior algo más de 12 m3.

De esta forma, los 0,5m3 de SF6 de nuestro compartimento más grande **supondrían menos del 5% del volumen total mínimo** disponible en una envolvente subterránea más pequeña de Ormazabal, con lo cual estamos lejos del límite del 10%, siendo por tanto no necesaria la ventilación forzada.

1.8 DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 400 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

Colegiado nº

VISADO

II-TOMAS DE TIERRA. CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

Colegiado nº

VISADO

2 TOMAS DE TIERRA. CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO.

La puesta a tierra para el Centro de Transformación tiene un doble objetivo:

- Garantizar la seguridad de las personas en caso de defecto. Para ello se calculan los valores máximos previsibles de las tensiones de paso y contacto en la instalación proyectada comprobándose que son menores que los valores admisibles prescritos por el reglamento.
- Garantizar la integridad de la instalación en caso de defecto, para ello se calculan el potencial de defecto que debe ser menor que el potencial más bajo empleado en la instalación, con el fin de que se produzca alguna avería por sobreintensidades a fallo en los elementos aislantes.

2.1 INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación se determina la resistividad media en 200 Ohm · m.

- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

$$I_{d \max \text{ cal.}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}} \quad (2.9.2.a)$$

donde:

U_n Tensión de servicio [kV]

R_n Resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

X_n Reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$I_{d \max \text{ cal.}}$ Intensidad máxima calculada [A]

2.3 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

El diseño de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en el documento MT2.11.33 "Di o de puestas a tierra para centros de transformación de tensión nominal $\leq 30\text{kV}$ " que esté de acu o con la forma y dimensiones del Centro de Transformación.

2.3.1 Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que, para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 200 Ohm·m.

2.3.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar, rígidamente unido a tierra o unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
Para nuestra instalación Iberdrola Distribución nos ha facilitado la siguiente información:
 - Tensión nominal de la red: 20 kV
 - Tipo de puesta a tierra: reactancia 5.2 Ω
 - Reactancia equivalente de la subestación: XLTH=5.7 Ω
 - Intensidad máxima de defecto a tierra: I1F=2228 A
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo, o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

2.3.3 Cálculo del sistema de puesta a tierra de protección

Para nuestro caso, los centros de transformación están compuestos por una envolvente monobloque prefabricada de hormigón de dimensiones exteriores:

Dimensiones	CT PROYECTADO
Ancho (m)	2,1
Largo (m)	2,1

Tensión de la red de alimentación:

- $U_n = 20 \text{ kV}$

Intensidad máxima de defecto a tierra:

- $I_{1F} = 2228 \text{ A}$

Características del terreno:

- Resistividad del terreno: $\rho = 200 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistividad superficial del suelo en la superficie perimetral a 1 m del edificio: $\rho^* = 3000 \text{ Oh}\cdot\text{m}$

Características de actuación de protecciones

- Para $U_n = 20 \text{ kV}$: $I'_{1FP} \cdot t = 400$

Tipo de pantallas de los cables:

- Conectadas

Nº de centros conectados:

$$\cdot N = 1$$

2.3.3.1 Electrodo utilizado

Seleccionamos de la tabla A 1.4 Centro de transformación compacto en edificio prefabricado superficie (CTC) el electrodo que más se ajuste a la dimensión de nuestra envolvente prefabricada sabiendo que debe tener una separación de 1m con respecto al perímetro de la envolvente.

Electrodo seleccionado: CPT-CT-A-(4.5x4.5) + 8P2

Características:

$$\cdot Kr = 0,07634 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m}$$

$$\cdot Kr' = 0,088 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m}$$

(valor más desfavorable de los centros adicionales conectados a través de las pantallas)

$$\cdot K_{p.t-t} = 0,01598 \frac{\Omega}{(\Omega \cdot m) \cdot A}$$

$$\cdot K_{p.a-t} = 0,03763 \frac{\Omega}{(\Omega \cdot m) \cdot A}$$

2.3.3.2 Resistencia de puesta a tierra

$$\cdot R_T = Kr \cdot p = 15,268 \Omega$$

2.3.3.3 Cálculo del coeficiente r_E

$$\cdot R_{pant} = \frac{p \cdot Kr'}{N} = 17,6 \Omega$$

$$\cdot R_{Tot} = \frac{R_T \cdot R_{pant}}{R_T + R_{pant}} = 8,18 \Omega$$

$$\cdot r_E = \frac{R_{Tot}}{R_T} = 0,54$$



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

Colegiado nº

VISADO

2.3.3.4 Cálculo de la reactancia equivalente de la subestación

$$\cdot X_{LTH} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_{1F}} = 5,7 \, \Omega$$

Donde $c = 1.12$ según la norma EN 60909

Este valor se puede calcular o tomar de la tabla 5 de la MT 2.11.33

2.3.3.5 Cálculo de la intensidad de defecto a tierra

$$\cdot I'_{1FP} = \frac{c \cdot U_n}{r_E \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{R_T^2 + \left(\frac{X_{LTH}}{r_E}\right)^2}} = 1.290,27 \, A$$

2.3.3.6 Cálculo de la intensidad de puesta a tierra

$$\cdot I_E = I'_{1FP} \cdot r_E = 696,74 \, A$$

2.3.3.7 Cálculo del requisito correspondiente a la tensión de contacto

Con objeto de evitar el riesgo por tensión contacto en el exterior, se emplazará en la superficie, una acera perimetral de hormigón a 1,2 m de las paredes del Centro de Transformación. Embebido en el interior de dicho hormigón se instalará un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,3 x 0,3 m, a una profundidad de al menos 0,1 m. Este mallazo se conectará a un punto a la puesta a tierra de protección del Centro de Transformación (véase figura 4).

Con objeto de evitar el riesgo por tensión de paso y contacto en el interior, en el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos, preferentemente opuestos, a la puesta a tierra de protección del centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

1. Colección de

VISADO

2.3.3.8 Determinación de la tensión de paso máxima en la instalación

Con los dos pies en el terreno

$$\cdot U'_{P1} = K_{p,t-t} \cdot p \cdot r_E \cdot I'_{1FP} = 2226,8 V$$

Con un pie en la acera y el otro en el terreno

$$\cdot U'_{P2} = K_{p,a-t} \cdot p \cdot r_E \cdot I'_{1FP} = 5243,71 V$$

2.3.3.9 Determinación de la tensión máxima aplicada a la persona. Consideración con calzado $R_{a1} = 2000 \Omega$

Con los dos pies en el terreno

$$\cdot U'_{Pa1} = \frac{U'_{P1}}{1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot p}{Z_b}} = 359,16 V$$

Con un pie en la acera y el otro en el terreno

$$\cdot U'_{Pa2} = \frac{U'_{P2}}{1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot p + 3 \cdot p^*}{Z_b}} = 359,16 V$$

2.3.3.10 Determinación de la duración de la corriente de falta

$$\cdot t = \frac{400}{I'_{1FP}} = 0.395 s \approx 0.4 s$$

2.3.3.11 Determinación de paso admisible por el RAT.

Según la Tabla 1 de la ITC 13 del RAT:

$$\cdot t = 0.4 s \gg U_{ca} = 420 V$$

$$\cdot U_{pa} = 10 \cdot U_{ca} = 4200 V$$



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

Colegiado nº

VISADO

2.3.3.12 Verificación del cumplimiento de las tensiones de paso

- $U'_{pa1} = 359,16 < 4200V = U_{pa}$
- $U'_{pa2} = 359,16 < 4200V = U_{pa}$

El electrodo seleccionado **CPT-CT-A-(4.5x4.5)+8P2** cumple con el requisito reglamentario. Además, el electrodo seleccionado presenta una resistencia:

- $R_T = 15,268 \Omega < 100 \Omega$

Exigido por I-DE REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES según la Tabla 4 de la MT 2.11.33

2.3.4 Cálculo del sistema de puesta a tierra de servicio

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación: 5/32 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: tres
- Longitud entre picas: 3 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,135$
- $K_c = 0,0252$

El electrodo correspondiente a la puesta a tierra de servicio se unirá al electrodo de la puesta a tierra de protección cuando el potencial absoluto del electrodo de puesta a tierra de protección, al ser atravesado por la máxima corriente de falta a tierra, adquiera un valor inferior o igual a 1000 V.

La separación D, en metros, entre el electrodo de puesta a tierra de protección y el de servicio, que garantiza que no se induzcan tensiones en el electrodo de puesta a tierra de servicio mayores de 1000 V, cuando circula por el electrodo de puesta a tierra de protección, la intensidad I_E , en amperios, viene dado por la relación siguiente:

$$D \geq \frac{p \cdot I_E}{2000 \cdot \pi} = 22,18 \text{ m}$$

La distancia D expresada en metros, se ha establecido considerando que el electrodo de puesta a tierra de protección puede asimilarse a una semiesfera. Dicha consideración ha sido validada obteniendo los potenciales por el método de Howe y verificando dicha distancia. El valor de D, es válido únicamente en el caso de que la configuración del electrodo no lleve flagelo. Cuando la configuración del electrodo contenga flagelo se deberá calcular el valor de la anterior distancia, según considere el autor del proyecto.

2.4 CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNES, con valores de "Kr" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

Colegiado nº

VISADO

III-CÁLCULO CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y RUIDO



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

Colegiado nº

VISADO

3 CÁLCULO CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y RUIDO

3.1 LIMITACIÓN DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN.

Para el diseño de las instalaciones de alta tensión se han adoptado las medidas adecuadas para minimizar, en el exterior de las instalaciones de alta tensión, los campos electromagnéticos creados por la circulación de corriente a 50 Hz en los diferentes elementos de la instalación, especialmente cuando esta instalación de Alta Tensión está ubicada en el interior de edificio de otros usos.

La comprobación de que no se supera el valor establecido en 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 han realizado los cálculos para el diseño correspondiente, antes de la puesta en marcha de las instalaciones que se ejecuten siguiendo el citado diseño.

Se han tenido en cuenta las siguientes condiciones de diseño:

- Las entradas y salidas al centro de transformación y centro de reparto de la red de alta tensión se efectúa por el suelo y adopta preferentemente la disposición en triángulo y formando ternas.
- La red de baja tensión se diseña con el criterio anterior.
- Se ha procurado que las interconexiones sean lo más cortas posibles y evitando paredes y techos colindantes con viviendas.
- No se ubican cuadros de baja tensión sobre paredes medianeras con locales habitables y se procura que el lado de conexión de baja tensión del transformador quede lo más alejado lo más posible de estos locales.

3.2 CÁLCULOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

El sistema eléctrico funciona a una frecuencia extremadamente baja, 50 Hz. Por ello, se toma como referencia el Informe de Red Eléctrica de España (REE) sobre Campos Eléctricos y Magnéticos de 50 Hz, y su conclusión final, en la cual se asegura que el Campo Electromagnético a 50 Hz, a las intensidades comúnmente encontradas, no constituye un factor de riesgo para la salud.

A pesar de esta conclusión, se tendrán en cuenta distintas medidas para reducir en todo lo posible el Campo Electromagnético que se puede producir en los Centros objeto del proyecto.

A frecuencia de 50 Hz la intensidad del campo magnético decrece rápidamente con la distancia a la fuente, por ello, la medida más inmediata y eficaz adoptada es el alejamiento respecto a la fuente.

Por todo ello, la emisión del campo electromagnético en los Centros objeto del proyecto no supera en ningún caso los valores máximos recomendados por la Unión Europea (1999/519/CE) para el campo electromagnético de 50 Hz establecidos en 5 kV/m para el campo eléctrico y 100 µT para el campo magnético.

La fórmula para calcular el campo magnético de un conductor es:

$$\vec{B} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r = \mu_0 \cdot i \Rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r}$$



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día 24/06/2022. Puede validar el documento en: www.vi.es

Colegio de Ingenieros

VISADO

Siendo:

$$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7}$$

i= Intensidad

r = distancia desde conductor.

Aunque se va instalar transformadores de 400Kva consideraremos el máximo posible de, que son transformadores de 630 kVA. Para un transformador de 630 kVA tendremos una intensidad máxima de 866 A. El conjunto de cables que forman los puentes suponiendo que funcionan como 1 solo cable y a un metro de distancia, nos dará un campo magnético de:

$$\vec{B} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 866}{2\pi \cdot 1} = 173,21\mu T$$

Por lo que a una distancia de 2 metros daría 86,6 μT estando por debajo de la recomendación de la Unión Europea de 100 μT , y sin contar con ningún muro o tabique que pueda haber por medio, que atenuará en gran medida esta emisión.

Para nuestros cables de 12/20 kv de sección 240 mm² tenemos una intensidad máxima de 345 A, por lo que nos daría un resultado de:

$$\vec{B} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 345}{2\pi \cdot 1} = 69\mu T$$

Por lo que a dos metros de distancia tendríamos 34,5 μT .

Una vez realizados estos cálculos y viendo que a dos metros están por debajo de las recomendaciones de la Unión Europea 100 μT , incluso sin contar con ningún muro por lo que también atenuaría la medida de dicha emisión, también se ha considerado unas medidas correctoras para minimizar más dicha emisión.

a) Las entradas al centro de Transformación y Centro de Reparto de la red de alta tensión se han efectuado en disposición en triángulo, así se minimiza la generación de campos electromagnéticos. Y se ha realizado la instalación por el suelo del centro.

b) La red de baja tensión instalada se ha diseñado por el suelo del centro.

c) Se ha diseñado las interconexiones lo más corto posible realizándose por el suelo del centro.

d) No se ubican cuadros de baja tensión sobre paredes medianeras con locales habitables y se procura que el lado de conexión de baja tensión del transformador quede lo más alejado lo más posible de estos locales.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

7DA03
ALEJANDRO MO
0010906

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día 24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-0010906

VISADO

3.3 LIMITACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO EMITIDO POR INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN

Con objeto de limitar el ruido originado por las instalaciones de alta tensión, éstas se dimensionan y diseñan de forma que los índices de ruido medidos en el exterior de las instalaciones se ajusten a los niveles de calidad acústica establecidos en 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.

La normativa acústica de aplicación en la zona objeto del presente proyecto es la siguiente:

- Real Decreto 1367/2007, que desarrolla la Ley del Ruido 37/2003, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

El RD 1367/2007 establece en su Tabla A, los objetivos de calidad acústica para las áreas urbanizadas existentes, siendo para un área con predominio de suelo de uso residencial, (como es el caso que nos aplica):

Tabla A. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		L _d	L _e	L _n
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	75	75	65
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen. (1)	(2)	(2)	(2)

Según la tabla A del RD 1367/2007 para sector industrial el nivel máximo de ruido es 75db



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día 24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-

VISADO

DATOS SONOROS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El centro de transformación, se encuentra ubicado en un edificio prefabricado de hormigón de estructura monobloque, para instalación en superficie, cuyas paredes exteriores atenuarán las emisiones sonoras al exterior a excepción de las transmitidas a través de las rejillas de ventilación. Para el cálculo del nivel de ruido transmitido al exterior de la instalación se considera:

- El único emisor de ruido será el transformador de potencia. El nivel máximo de potencia acústica generado por un transformador de 630 kVA (que sería la máxima potencia admisible a instalar en el centro proyectado), es de 55 dB (según Tabla 1 de la ITC-RAT 07).

Tabla 1- Pérdidas debidas a la carga Pk (W) a 75 °C, pérdidas en vacío P0 (W), nivel de potencia acústica Lw(A) e impedancia de cortocircuito a 75°C, para transformadores de distribución de Um ≤ 36 kV

Potencia asignada kVA	Um ≤ 24 kV				Um = 36 kV			
	Pk (W) a 75 °C	P0 (W)	Lw(A) dB(A)	Zcc(%), a 75°C	Pk (W) a 75 °C	P0 (W)	Lw(A) dB(A)	Zcc(%), a 75°C
50	875	110	42	4	1050	160	50	4,5
100	1475	180	44	4	1650	270	54	4,5
160	2000	260	47	4	2150	390	57	4,5
250	2750	360	50	4	3000	550	60	4,5
315	3250	440	52	4	-	-	-	-
400	3850	520	53	4	4150	790	63	4,5
500	4600	610	54	4	-	-	-	-
630	5400	730	55	4	5500	1100	65	4,5
800	7000	800	56	6	7000	1300	66	6
1000	9000	940	58	6	8900	1450	67	6
1250	11000	1150	59	6	11500	1750	68	6
1600	14000	1450	61	6	14500	2200	69	6
2000	18000	1800	63	6	18000	2700	71	6
2500	22000	2150	66	6	22500	3200	73	6

- Una envolvente constituida por cerramientos de hormigón armado, sin trasdosado ni acabado interior, da las siguientes características (valores típicos):
 - Densidad (hormigón y acero) de 2,54 Tn/m³.
 - Resistencia característica mínima de 25 N/mm².

El aislamiento Ra, en función de la masa por unidad de superficie, m, expresado en kg/m²:

- a) $m \leq 150 \text{ Kg/m}^2$
 $Ra = 16,6 \log m + 5 \text{ [dBA]}$
- b) $m \geq 150 \text{ Kg/m}^2$
 $Ra = 36,5 \log m - 38,5 \text{ [dBA]}$

Considerando que la masa por unidad de superficie, m, siempre será superior a 300 kg/m²:

$$m \geq 150 \text{ Kg/m}^2$$
$$Ra = 36,5 \log m - 38,5 \text{ [dBA]}$$

El valor mínimo de aislamiento será:

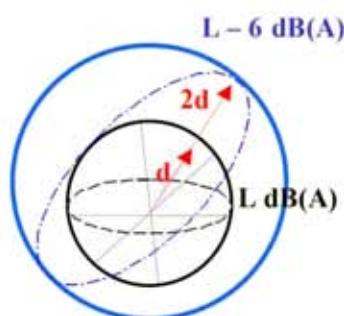
$$Ra = 36,5 \log 300 - 38,5 = 51,92 \text{ dBA}$$

La solución constructiva del edificio del centro de transformación y centro de reparto, es edificio prefabricado de hormigón, siendo el valor de aislamiento acústico $Ra = 52 \text{ dBA}$. Dicho valor de aislamiento asegura una atenuación de las emisiones al exterior, por lo que las emisiones a considerar al exterior son las transmitidas exclusivamente a través de las rejillas de ventilación, tal y como se ha descrito en párrafo anterior.

Se entiende por ruido en ambiente exterior todos aquellos ruidos que puedan provocar molestias fuera del recinto o propiedad que contiene el emisor.

Para el estudio de la propagación del sonido en campo libre, es decir, en ambientes exteriores, se considera el transformador como una fuente sonora puntual, en la que toda la potencia de emisión está concentrada en un solo punto, que radia un sonido de forma continua y de manera uniforme en todas las direcciones, es decir, que radia energía sonora de forma esférica. Para fuentes puntuales, la propagación del sonido en el aire se puede comparar a las ondas de un estanque. Las ondas se extienden uniformemente en todas direcciones, disminuyendo en amplitud según se alejan de la fuente.

En el caso ideal de que no existan objetos reflectantes u obstáculos en su camino, el sonido proveniente de una fuente puntual se propagará en el aire en forma de ondas esféricas según la relación:



Propagación del sonido de una fuente puntual

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c} = \frac{W}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

Si expresamos en decibelios la relación entre el nivel de potencia acústica de la fuente y la presión sonora originada en un punto alejado a una distancia r obtendremos:

$$Lw = Lp + 20 \log(r) + 11$$

Siendo:

- Lp : nivel sonoro (dB)
- r : distancia desde el foco emisor al límite de parcela
- Lw : potencia sonora del centro de transformación.

A partir de esta relación, se puede deducir que para un medio homogéneo, cada vez que doblamos la distancia, el nivel de presión sonora disminuye 6dB

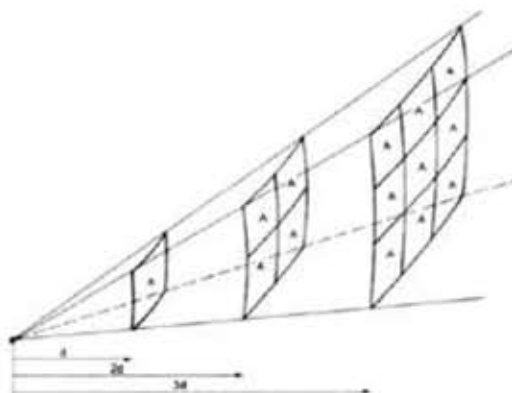
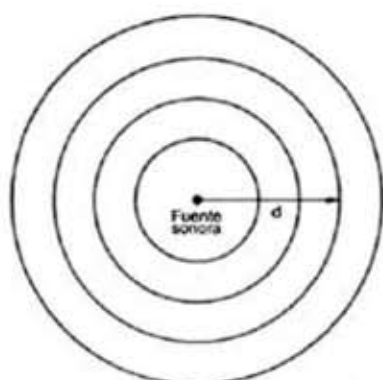


**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA00

Colegiado nº

VISADO



El nivel del ruido al ambiente exterior se calcula considerando el nivel de potencia sonora del equipo así como la atenuación sonora por efecto de la distancia hasta el límite de parcela, en base a la siguiente expresión:

$$L_p = L_W - 20 \log(r) - 11$$

De acuerdo con la tabla "Tabla 1- Pérdidas debidas a la carga P_k (W) a 75 °C, pérdidas en vacío P_0 (W), nivel de potencia acústica $L_w(A)$ e impedancia de cortocircuito a 75°C, para transformadores de distribución de $U_m \leq 36$ kV", para un transformador de 630 kVA (que sería la máxima potencia admisible los centros proyectados), la potencia sonora es $L_w=55$ dB y el nivel sonoro, L_p , a 2 m de distancia del foco emisor, será:

$$L_p = L_w - 20 \log(r) - 11 = 55 - 20 \cdot \log(2) - 11 = 37,98 \text{ dB}$$

Estos 37,98 dB los tendríamos en las rejillas por dentro del CT. El sonido, al traspasar las rejillas de ventilación del CT, se vería atenuado en un 50% que es el coeficiente de absorción acústico que tienen estas rejillas. Con lo que a la salida del CT tendríamos un valor 18,99 dB. Valor inferior a los 55dB indicados en la Tabla A del RD 1367/2007. Por tanto, no se debe aplicar ninguna medida adicional para minimizar los niveles de ruido.



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día 24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-3D403

Colegiado nº

VISADO



**Colegio Oficial de
Ingenieros Tcnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el nmero: 2205841/01 el da
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

VISADO

IV- CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN

4 CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN

4.1 RESISTENCIA DEL CONDUCTOR

La resistencia R del conductor, en ohmios por kilómetro, varía con la temperatura T de funcionamiento de la línea.

Se adopta el valor correspondiente a T = 90° C que viene determinado por la expresión:

$$R_{90} = R_{20} [1 + \alpha (90 - 20)] \Omega / \text{km}$$

Siendo $\alpha = 0,00403$ para el aluminio.

Tabla 8

Conductor	Sección nominal (mm ²)	Resistencia máxima a 20°C (Ω/km)	Resistencia máxima a 90°C (Ω/km)
HEPRZ-1 12/20 kV	95	0,320	0,410
	150	0,206	0,264
	240	0,125	0,160

4.2 REACTANCIA DEL CABLE

La reactancia kilométrica de la línea se calcula según la expresión:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \mathcal{E} \quad [\Omega/\text{km}]$$

y sustituyendo en ella el coeficiente de inducción mutua $\mathcal{E}$ por su valor:

$$\mathcal{E} = (K + 4,605 \cdot \log \frac{2 \cdot Dm}{d}) \cdot 10^{-4} \quad [H/\text{km}]$$

Se llega a:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot (K + 4,605 \cdot \log \frac{2 \cdot Dm}{d}) \cdot 10^{-4} \quad [\Omega/\text{km}]$$

donde:

X = Reactancia, en ohmios por km

f = Frecuencia de la red en hercios

Dm= Separación media geométrica entre conductores en mm

d = Diámetro del conductor en mm

K = Constante que para conductores cableados toma los valores siguientes:



Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

VISADO

Tabla 9

Sección nominal (mm ²)	K
95	0,55
150	0,55
240	0,53

Sustituyendo con los datos de la Tabla 2, y considerando la instalación de los cables en triángulo contacto, se obtiene los siguientes valores aproximados de la reactancia Lineal:

Tabla 10

Sección nominal (mm ²)	Reactancia Lineal (Ω/km)
95	0,126
150	0,118
240	0,109
240 (S)	0,109
240 (AS)	0,118



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

VISADO

4.3 CAPACIDAD

La capacidad para cables con un solo conductor depende de:

a) Las dimensiones del mismo (longitud, diámetro de los conductores, incluyendo las eventuales capas semiconductoras, diámetro debajo de la pantalla).

b) La permitividad o constante dieléctrica ϵ del aislamiento.

Para el caso de los cables de campo radial, la capacidad será:

$$C = \frac{0,0241 \cdot \epsilon}{\log \frac{D}{d}} \quad [\mu F/km]$$

Siendo:

D = Diámetro del aislante.

d = Diámetro del conductor incluyendo la capa semi-conductora.

ϵ = 2,5 (XLPE)

La intensidad de carga es la corriente capacitiva que circula debido a la capacidad entre el conductor y la pantalla. La corriente de carga en servicio trifásico simétrico para la tensión más elevada de la red es:

$$I_c = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot 10^{-3} \quad [A/km]$$

en donde:

C = Capacidad ($\mu F/km$)

U_m = Tensión más elevada de la red

Se obtienen los siguientes valores aproximados de capacidad.

Tabla 11.

Sección nominal (mm ²)	Capacidad ($\mu F/km$)	Ic (A/km) Para Um=17,5 kV	Ic (A/km) Para Um=24 kV
95	0,217	0,689	0,946
150	0,254	0,805	1,105
240	0,309	0,980	1,346
240 (S)	0,306	0,972	1,335
240 (AS)	0,306	0,972	1,335



Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
FD-03

VISADO

4.4 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislante pueda soportar sin alteraciones en sus propiedades eléctricas, mecánicas o químicas. Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga.

Para cables sometidos a ciclos de carga, las intensidades máximas admisibles serán superiores a las correspondientes en servicio permanente.

Las temperaturas máximas admisibles de los conductores, en servicio permanente y en cortocircuito para este tipo de aislamiento, se especifican en la Tabla 4.

Tabla 4
Cables aislados con aislamiento seco.
Temperatura máxima, en °C, asignada al conductor

Tipo de aislamiento	Condiciones	
	Servicio permanente θ_s	Cortocircuito $t \leq 5s$ θ_{cc}
Etileno Propileno de alto módulo (HEPR)	105	> 250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	> 250

Las condiciones del tipo de instalaciones y la disposición de los conductores, influyen en las intensidades máximas admisibles.

Coeficientes de corrección de la intensidad admisible

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación cuyas características se han especificado en el apartado 10.3 de la memoria, deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquellas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no dé lugar a una temperatura en el conductor, superior a la prescrita en la Tabla 4.

A continuación, se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los coeficientes de corrección a aplicar.

Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

VISADO

En la Tabla 5 se indican, para distintas resistividades térmicas del terreno, los correspondientes factores de corrección de la intensidad admisible.

Tabla5
Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W

Tipo de instalación	Sección del conductor mm ²	Resistividad térmica del terreno, K.m/W						
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3
Cables en interior de tubos enterrados	240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	630	1,17	1,14	1,11	1,00	0,92	0,86	0,81

La resistividad térmica del terreno depende del tipo de terreno y de su humedad, aumentando cuando el terreno está más seco. La Tabla 6, muestra valores de resistividades térmicas del terreno en función de su naturaleza y grado de humedad.

Consideramos una Resistencia térmica del terreno de 1,5 K.m/W

Tabla 6
Resistividad térmica del terreno en función de su naturaleza y humedad

Resistividad térmica del terreno (K.m/W)	Naturaleza del terreno y grado de humedad
0,40	Inundado
0,50	Muy húmedo
0,70	Húmedo
0,85	Poco húmedo
1,00	Seco
1,20	Arcilloso muy seco
1,50	Arenoso muy seco
2,00	De piedra arenisca
2,50	De piedra caliza
3,00	De piedra granítica

Consideramos que el terreno es seco



Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7D/A03

VISADO

Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1 metro

En la Tabla 8, se indican los factores de corrección que deben aplicarse para profundidades de instalación distintas de 1 m (cables con aislamiento seco hasta 18/30 kV).

Tabla 8
Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1m

Profundidad (m)	Cables bajo tubo de sección	
	$\leq 185 \text{ mm}^2$	$> 185 \text{ mm}^2$
0,50	1,06	1,08
0,60	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03
1,00	<u>1,00</u>	<u>1,00</u>
1,25	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96
1,75	0,96	0,95
2,00	0,95	0,94
2,50	0,93	0,92
3,00	0,92	0,91

Para el caso objeto de Proyecto la profundidad será de 1 metro

Cables enterrados en zanja en el interior de tubos

No deberá instalarse más de un cable tripolar por tubo. La relación de diámetros entre tubo y cable o conjunto de tres unipolares no será inferior a 1,5. Es conveniente matizar que:

- En tubos de corta longitud. Se entiende por corta longitud, canalizaciones tubulares que no superen longitudes de 15 m (cruzamientos de caminos, carreteras, etc.). En este caso, si el tubo se rellena con aglomerados especiales no será necesario aplicar coeficiente de corrección de intensidad alguno.
- Tubos de gran longitud. En el caso de una línea con un tramo de cables unipolares por el mismo tubo se utilizarán los valores de intensidades indicados en la Tabla 9, calculadas para una resistividad térmica del tubo de 3,5 K.m/W y para un diámetro interior del tubo superior a 1,5 veces del diámetro equivalente de la terna de cables unipolares.



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

Colegio n°

VISADO

Tabla 9
Intensidades máximas admisibles (A), en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados con conductores de aluminio de hasta 18/30 kV bajo tubo

Sección (mm ²)	Tipo de aislamiento	
	XLPE	HEPR
240	320	345
630	535	588

La intensidad máxima admisible en los conductores de 345 Amperios

4.5 CÁLCULOS DE CAÍDAS DE TENSIÓN Y DE POTENCIA MÁXIMA PARA LA RED DE MEDIA TENSIÓN.

Se tomarán las intensidades máximas admisibles dadas por el fabricante del cable o por la recomendación.

Las tablas de intensidades máximas admisibles estarán preparadas en función de las condiciones siguientes:

- Tres cables unipolares dispuestos en triángulo como si fuera un cable.
- Enterrados a una profundidad de 1,1 m. en terreno de resistencia térmica media.
- Temperatura máxima en el conductor 105º.
- Temperatura del terreno 25º.

Para determinar la sección de los conductores se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Intensidad máxima admisible por el cable.
- Caída de tensión (valor máximo admisible 5%).
- Intensidad máxima admisible durante un cortocircuito.

a) Intensidad máxima admisible por el cable.

La elección de la sección en función de la intensidad máxima admisible, se calculará partiendo de la potencia que ha de transportar el cable, calculando la intensidad correspondiente y eligiendo el cable adecuado de acuerdo con los valores de intensidades máximas que son suministrados por el fabricante.

La intensidad se determinará por la fórmula:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Intensidades máximas admisibles (A), en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados con conductores de aluminio de hasta 18/30 kV bajo tubo

Sección (mm ²)	Tipo de aislamiento	
	XLPE	HEPR
240	320	<u>345</u>
400	415	450

La intensidad máxima admisible de nuestro cable objeto de proyecto es 345 A

a.1) Potencia máxima

La potencia máxima vendrá dada por la expresión:

$$P_{\max} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\max} \cdot Fc \cdot \cos \varphi$$

Donde:

Pmax: Potencia máxima admisible por la línea [kW] (según la sección utilizada)

U: Tensión de servicio [V]

I max: Intensidad máxima admisible en servicio permanente [A]

cos φ = 0,9

Fc: Factor de corrección según tipo de instalación de la línea (Fc=0,8 instalación entubada subterránea)

Para nuestro caso concreto de una línea subterránea entubada de sección 240 mm², la potencia máxima será:

$$P_{\max} = \sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 345 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 8.605 \text{ kW}$$

b) Caída de tensión.

La determinación de la caída de tensión se realizará mediante la expresión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Y la caída de tensión porcentual vendrá dada por

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U}{10 \cdot U}$$

donde:

U = Tensión en KV.

ΔU = Caída de tensión en voltios

I = Intensidad en amperios

L = Longitud de la línea en Km. .

R = Resistencia del conductor en Ohm/Km.

X = Reactancia a frecuencia de 50 Hz en ohm/Km.

cos φ = Factor de potencia = 0,9

sen φ = 0,436

En ambos apartados, a) y b), se considerará un factor de potencia para el cálculo de cos φ = 0,9



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día 24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-7DA03

VISADO

Los cálculos resultantes para la línea proyectada son

Línea 1.1	
Longitud en km = 0,23	
$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 345 \cdot 0,23 \cdot (0,169 \cdot 0,9 + 0,105 \cdot 0,436)$	
$\Delta U = 27,195 \text{ V}$	
$\Delta U (\%) = \Delta U / 10 \cdot U = 0,181 \%$	

c) Cálculo de la intensidad de cortocircuito.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (2.3.2.a)$$

Donde

S_{cc} = potencia de cortocircuito de la red en MVA

V = tensión de servicio en kV

I_{cc} = corriente de cortocircuito en kA

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en el que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{350}{\sqrt{3} \cdot 20} = 10,10 \text{ kA} \text{ valor corto circuito según cálculos teóricos}$$

Según carta de condiciones técnicas de compañía el valor de corto circuito es de 12,5 Ka

Usaremos el valor de corto circuito indicado por compañía

Para el cálculo de la sección mínima necesaria por intensidad de cortocircuito será necesario conocer la potencia de cortocircuito P_{cc} existente en el punto de la red donde ha de alimentar el cable subterráneo para obtener a su vez la intensidad de cortocircuito que será igual a

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

En donde:

I = corriente de cortocircuito, en amperios

S = sección del conductor, en mm^2

K = coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito

t_{cc} = duración del cortocircuito, en segundo

Estas intensidades se han calculado según UNE 21192, considerando como temperatura inicial θ_i , las temperaturas máximas en servicio permanente indicadas en la tabla 3, para cada tipo de aislamiento (HEPR y XLPE) θ_s y como temperatura final la de cortocircuito de 250 °C, θ_{cc} . En el cálculo se ha

considerado que todo el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores, ya que su masa es muy grande en comparación con la superficie de disipación de calor y la duración del proceso es relativamente corta (proceso adiabático). En estas condiciones:

- Si se desea conocer la intensidad máxima de cortocircuito para un valor de tcc distinto de los tabulados, se aplica la fórmula anterior. K coincide con el valor de intensidad tabulado para tcc=1s, para los distintos tipos de aislamientos (HEPR y XLPE)
- Si, por otro lado, interesa conocer la densidad de corriente de cortocircuito correspondiente a una temperatura inicial θ_i diferente a la máxima asignada al conductor para servicio permanente θ_c

$$\left(\frac{\ln \left(\frac{(\theta_c + \beta)}{(\theta_i + \beta)} \right)}{\ln \left(\frac{(\theta_c + \beta)}{(\theta_s + \beta)} \right)} \right)$$

basta multiplicar el correspondiente valor de la tabla por el factor de corrección, donde $\beta = 235$ para el cobre y $\beta = 228$ para el aluminio.

Tabla 22

Densidades máximas de corriente de cortocircuito en los conductores de aluminio, en A/mm², de tensión nominal 12/20 y 18/30 kV

Tipo de Aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, tcc, en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

$\Delta\theta^*$ = es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito (Incremento de temperatura 160°C)

En la Tabla 23, se indican, a título orientativo, las intensidades admisibles en las pantallas metálicas, en función del tiempo de duración del cortocircuito.

Esta Tabla corresponde a un proyecto de cable con las siguientes características:

- Pantalla de hilos de cobre de 0,75 mm de diámetro, colocada superficialmente sobre la capa semiconductora exterior (alambres no embebidos).
- Cubierta exterior poliolefina (Z1).
- Temperatura inicial pantalla: 70°C para aislamientos XLPE y 85°C para aislamientos en HEPR.
- Temperatura final pantalla: 180°C, para todos los aislamientos.

Tabla 23
Intensidades de cortocircuito admisible en la pantalla de cobre, en kA

Aislamiento	Sección mm ²	Duración en segundos								
		0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
HEPR	16	6,08	4,38	3,58	2,87	2,12	1,72	1,59	1,41	1,32
	25	8,46	6,85	4,85	4,49	3,32	2,77	2,49	2,12	2,01
XLPE	16	6,08	4,38	3,58	2,87	2,12	1,72	1,59	1,41	1,32
	25	8,46	6,85	4,85	4,49	3,32	2,77	2,49	2,12	2,01

Se supone en el cálculo que las temperaturas iniciales de las pantallas son 20°C inferiores a la temperatura de los conductores.

El cálculo se ha realizado siguiendo la guía de la Norma UNE 211003, aplicando el método indicado en el documento UNE 21192.

d) Pérdidas de potencia

La fórmula a aplicar para calcular la pérdida de potencia es la siguiente:

$$\Delta P = 3 R L I^2$$

Siendo:

ΔP = Pérdidas de potencia en vatios.

R = Resistencia del conductor en Ω/km .

L = Longitud de la línea en km.

I = Intensidad de la línea en amperios.

Teniendo en cuenta que:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

siendo:

P = Potencia en kilovatios.

U = Tensión compuesta en kilovoltios.

$\cos \varphi$ = Factor de potencia = 0,9

Se llega a la conclusión de que la pérdida de potencia en tanto por ciento será:

$$\Delta P \% = \frac{P \cdot L \cdot R}{10 \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

donde cada variable se expresa en las unidades expuestas.

Para la línea objeto del proyecto, de 230 metros de longitud, tenemos:

$$\Delta P = 3 \cdot 0,23 \cdot 0,169 \cdot 345^2 = 13,88 \text{ kW}$$

$$\Delta P (\%) = \frac{6454 \cdot 0,23 \cdot 0,169}{10 \cdot 15^2 \cdot 0,81} = 0,077 \%$$



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

VISADO



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

VISADO

V- CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA DE BAJA TENSIÓN

5 CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA DE BAJA TENSIÓN

5.1 DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN

La distribución se realizará en sistema trifásico a las tensiones de 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro.

Para la elección de la sección de un cable deben tenerse en cuenta, en general, cuatro factores principales, cuya importancia difiere en cada caso.

Dichos factores son:

- Tensión de la red y su régimen de explotación
- Intensidad a transportar en determinadas condiciones de instalación
- Caídas de tensión en régimen de carga máxima prevista
- Intensidades y tiempo de cortocircuito, del conductor.

Las características de los conductores en régimen permanente a título orientativo serán las siguientes:

Tabla 1. - Resistencia y reactancia

Sección de fase en mm ²	R -20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

Intensidades máximas admisibles. A título orientativo se indican en la tabla siguiente:

Tabla 2. - Intensidades admisibles

Sección de fase en mm ²	En tubular soterrada	Al aire protegido del sol
50	125	125
95	191	200
150	253	290
240	336	390

Bajo las siguientes condiciones: Temperatura del terreno en °C 25 Temperatura ambiente en °C 40 Resistencia térmica del terreno 1 Km/W , profundidad de soterramiento en m 0,7.

A estos valores orientativos se deberán aplicar los coeficientes de corrección, según lo especificados en la ITC-BT-07.



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día 24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-7DA03

VISADO

Para justificar la sección de los conductores se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- Intensidad máxima admisible por el cable

La elección de la sección del cable a adoptar está supeditada a la capacidad máxima del cable y a la caída de tensión admisible, que no deberá exceder del 5 %. Cuando el proyecto sea de una derivación a conectar a una línea ya existente, la caída de tensión admisible en la derivación se condicionará a la forma que, sumado al de la línea ya existente hasta el tramo de derivación, no supere el 5 % para las potencias transportadas en la línea y las previstas a transportar en la derivación.

Para la elección entre los distintos tipos de líneas desde el punto de vista de la sección de los conductores, aparte de las limitaciones de potencia máxima a transportar y de caída de tensión, que se fijan en cada uno, deberá realizarse un estudio técnico-económico desde el punto de vista de las pérdidas, por si quedara justificado con el mismo la utilización de una sección superior a la determinada por los conceptos anteriormente citados.

- La elección de la sección en función de la intensidad máxima admisible, se calculará partiendo de la potencia que ha de transportar el cable, calculando la intensidad correspondiente eligiendo el cable adecuado, de acuerdo con los valores de las intensidades máximas que figuran en la NI 56.31.21, o en los datos suministrados por el fabricante.

La intensidad se determinará por la fórmula:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

- La determinación de la sección en función de la caída de tensión se realizará mediante la fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

en donde:

W = Potencia en kW

U = Tensión compuesta en kV

ΔU = Caída de tensión

I = Intensidad en amperios

L = Longitud de la línea en km.

R = Resistencia del conductor en Ω/km

X = Reactancia a frecuencia 50 Hz en Ω/km .

$\cos \varphi$ = Factor de potencia

La caída de tensión producida en la línea, puesta en función del momento eléctrico W.L., teniendo en cuenta las fórmulas anteriores viene dada por :

$$\Delta U\% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \tan \varphi)$$

Donde $\Delta U\%$ viene dada en % de la tensión compuesta U en voltios.

- En ambos apartados, a) y b), se considerará un factor de potencia para el cálculo de $\cos \varphi = 0,9$.

Justificación de cálculos de la intensidad máxima admisible de la línea de baja tensión, de acuerdo a lo contemplado en la ITC-BT-07 del RD 842/2002.

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \cos\varphi = \text{amp (A)}$$

$$e = 1.732 \times I[(L \times \cos\varphi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \sin\varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \cos\varphi = \text{amp (A)}$$

$$e = 2 \times I[(L \times \cos\varphi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \sin\varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm^2 .

$\cos\varphi$ = Coseno de φ . Factor de potencia.

n = Nº de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en $\text{m}\Omega/\text{m}$.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha (T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0) (I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T .

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T .

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C .

$$Cu = 0.017241 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$$

$$Al = 0.028264 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$$



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

VISADO

α = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.003929$$

$$Al = 0.004032$$

T = Temperatura del conductor ($^{\circ}C$).

T_0 = Temperatura ambiente ($^{\circ}C$):

Cables enterrados = $25^{\circ}C$

Cables al aire = $40^{\circ}C$

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor ($^{\circ}C$):

XLPE, EPR = $90^{\circ}C$

PVC = $70^{\circ}C$

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b : intensidad utilizada en el circuito.

I_z : intensidad admisible de la canalización según la norma UNE-HD 60364-5-52.

I_n : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables I_n es la intensidad de regulación escogida.

I_2 : intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I_2 se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos ($1,45 I_n$ como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles ($1,6 I_n$).

Las características generales de la red son:

- Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9
- C.d.t. máx.(%): 5
- $\cos \varphi$: 0,9
- Intensidad admisible tubular soterrado cable 240 según Iberdrola 336 A
- Coef. Simultaneidad: 1
- Temperatura terreno cálculo conductividad eléctrica (°C):
 - XLPE, EPR: 25
- Resistencia térmica 1,5 Km/W
- Profundidad del soterramiento en m. 0,70

Factores de corrección

- Temperatura terreno cálculo conductividad eléctrica (°C):
 - XLPE, EPR: 25
 - **Coeficiente aplicado 1**
- Resistencia térmica 1,5 Km/W
 - **Coeficiente aplicado 1**
- Profundidad del soterramiento en m. 0,70
 - **Coeficiente aplicado 1**
- Factor corrección por agrupamiento unipolares
 - **Agrupamiento 0,77**
 - **Coeficiente aplicado 0,77**
- Profundidad del soterramiento en m. 0,70
 - **Coeficiente aplicado 1**
- Intensidad admisible tubular soterrado cable 240 según Iberdrola 336 A aplicado coeficiente por parte de Compañía.



Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

olegado nº

VISADO

5.2 PROTECCIONES DE SOBREINTENSIDAD

Con carácter general, los conductores estarán protegidos por los fusibles existentes contra sobrecargas y cortocircuitos.

Para la adecuada protección de los cables contra sobrecargas, mediante fusibles de la clase gG se indican en los siguientes cuadros, la intensidad nominal del mismo:

Cable 0,6/1 kV	Cartuchos fusibles "gG" (Sobrecargas) $I_r = 1,6 I_n < 1,45 I_z$		
	$I_n \leq 0,91 I_z$ (A)		
	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire protegido del sol
4 x 50 Al	100	100	100
3 x 95 + 1 x 50 Al	160	160	160
3 x 150 + 1 x 95 Al	200	200	250
3 x 240 + 1 x 150 Al	250	250	315

Siendo:

If: corriente convencional de fusión;

In: corriente asignada de un cartucho fusible;

Iz: corriente admisible para los conductores cargados s/UNE 20 460 -5-523

Quando se prevea la protección de conductor por fusibles contra sobrecargas y cortocircuitos, deberá tenerse en cuenta la longitud de la línea que realmente se protege y que se indica en el siguiente cuadro expresado en metros.

Longitud máxima del cable protegida en metros contra cortocircuitos y sobrecargas para tubulares soterradas						
Icc I máxima	580	715	950	1250	1650	2200
Fusibles "gG" Calibre In (A)	100	125	160	200	250	315
4 x 50 Al	192	156	117	89	67	51
3 x 95 + 1 x 50 Al	255	207	156	118	90	67
3 x 150 + 1 x 95 Al	458	371	280	212	161	121
3 x 240 + 1 x 150 Al	702	570	429	326	247	185

 Línea no protegida contra sobrecargas.

Cálculos han sido efectuado con una impedancia a 145°C del conductor de fase y neutro. Icc (I máxima) 5 segundos (A) según Tabla 3 UNE EN 60269-1

NOTA: Las longitudes de la tabla se consideran partiendo del cuadro de BT del centro de transformación.

5.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO

La sección de los conductores de la Acometida se determinará en función de los siguientes criterios

- La caída de tensión no debe exceder el 5% de la tensión de servicio.
- La intensidad admisible por el conductor seleccionado, debe ser superior a la intensidad correspondiente al suministro.

5.3.1.1 Tabla de resultados

Se muestran a continuación los resultados de los cálculos eléctricos para cada uno de los circuitos de baja tensión a instalar.

CÁLCULOS CT PROYECTO

CIRCUITO	DESTINO	POTENCIA (W)	S (mm ²)	L (m)	U (V)	K (Al)	U%	(HA)
C 1.1	CGP 1	82.460	240	11	400	35	0,09	132,25
C 1.2	CGP 2	152.040	240	9	400	35	0,14	243,84
C 1.3	CGP 3	147.580	240	12	400	35	0,18	236,89
C 1.4	CGP 4	78.780	240	12	400	35	0,09	126,35
POTENCIA TOTAL TRAF0 1 W		460.860	POTENCIA TOTAL TRAF0 1 KVA					340,333

Como se puede ver en las tablas adjuntas ningún circuito supera el 5% de caída de tensión, ni los 258,72 Amperios de intensidad máxima admisible del cable objeto de proyecto

Madrid, Mayo de 2022

El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día 24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-7DA05

VISADO



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

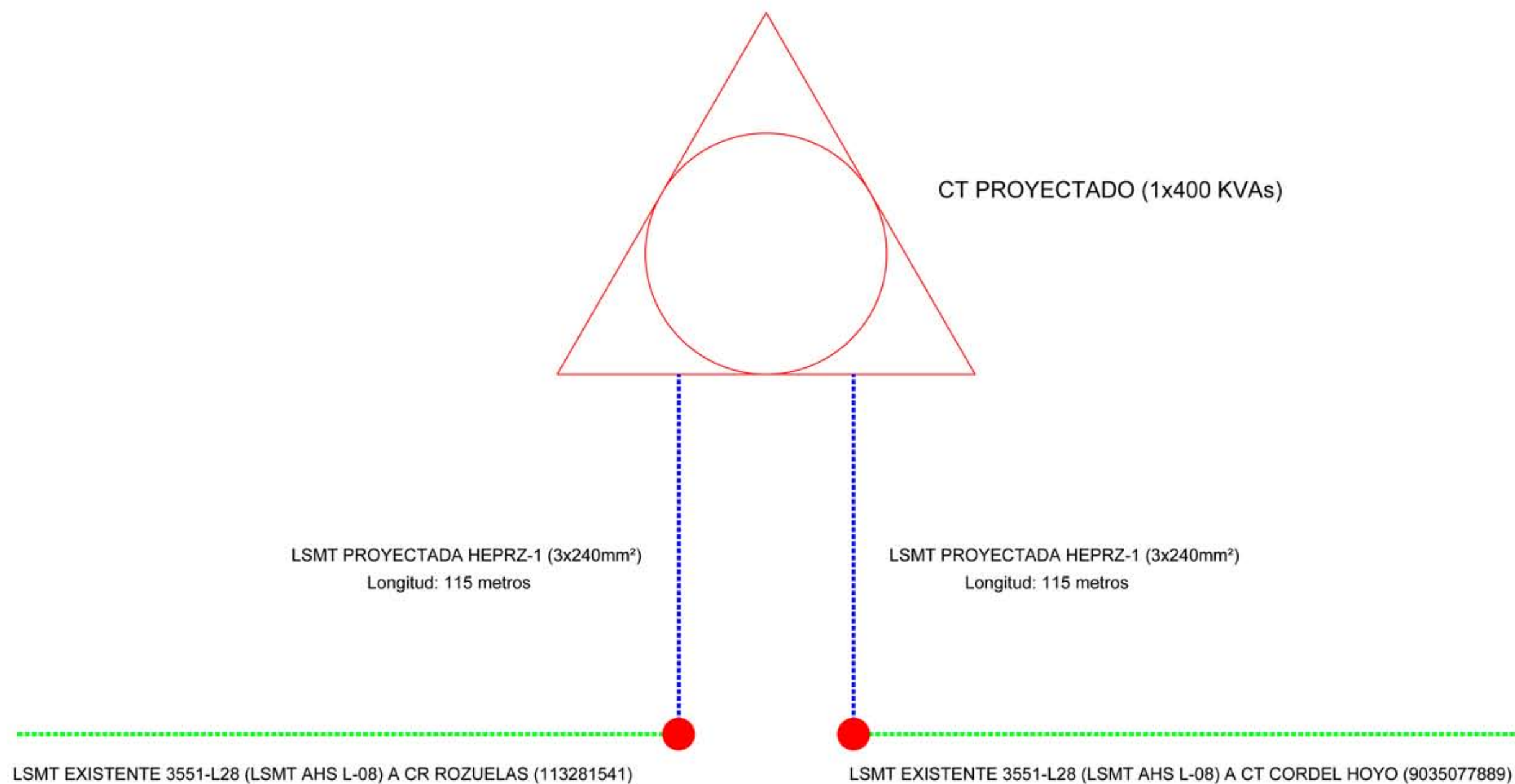
Documento registrado con el número: 2205841/01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7DA03

VISADO

PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

- 0 - ESQUEMA SINÓPTICO
- 1 - SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
- 2 - PLANTA Y ESQUEMA RED MT
- 3 - PLANTA RED BT
- 4 - ESQUEMA RED BT
- 5 - PLANTA CANALIZACIONES
- 6 - DETALLE ZANJAS BT Y MT
- 7 - DETALLE CT
- 8 - ESQUEMA CT
- 9 - RED DE TIERRAS CT
- 10 - DETALLE ARQUETAS FIBRA ÓPTICA
- 11 - IMPLANTACIÓN CT
- 12 - PLANTA DE AFECCIONES VÍAS PECUARIAS
- 13 - DETALLE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS
- 14 - AFECCIÓN RED NATURA 2000
- 15 - AFECCIÓN PARQUE REGIONAL CUENCA DEL MANZANRES



El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto

ALEJANDRO MONTEJO MARTÍN
COLEGIADO 10906

SITUACIÓN:



EMPLAZAMIENTO:



AVENIDA DE LAS ROZUELAS, 3

COORDENADAS UTM 30 ETRS 89:
x: 422.043
y: 4.491.948

El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto

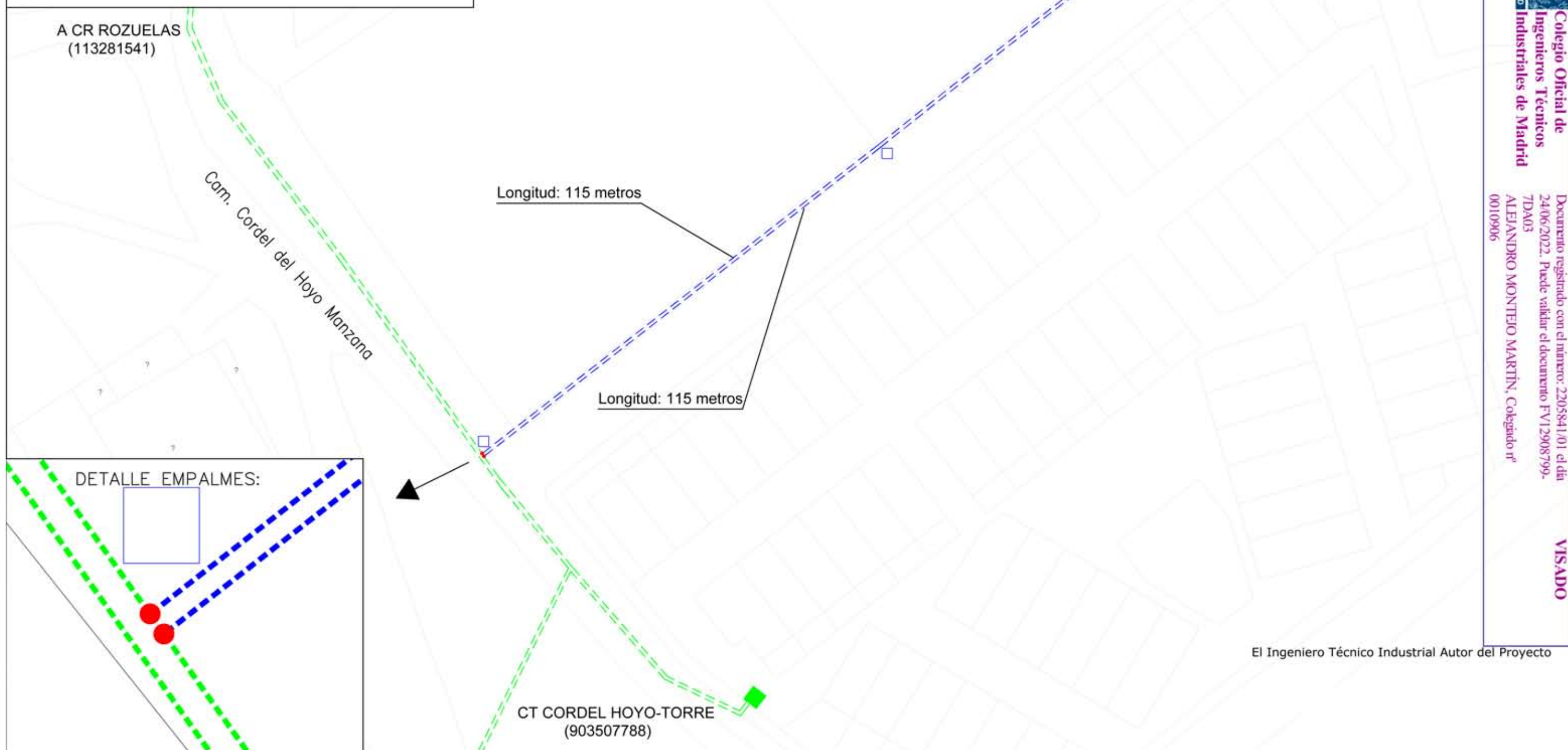
	PROYECTO: RSMT (20 kV), CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y RSBT EN AVENIDA DE LAS ROZUELAS, TORRELOZ, MADRID	N.º DE PROYECTO: 022-22	PROYECTADO / DIBUJADO A.T.A. A.T.A.	NOMBRE PLANO: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	N.º PLANO: 1
		EXPEDIENTE: 9038334430		FECHA: MARZO/2022	ESCALA: S.E.

LEYENDA:

- LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN EXISTENTE
- LSMT PROYECTADA 12/20 kV HEPRZ-1 (3x240mm²) AI
- EMPALME MT PROYECTADO
- CT PROYECTADO
- CT EXISTENTE
- ARQUETA FIBRA ÓPTICA PROYECTADA



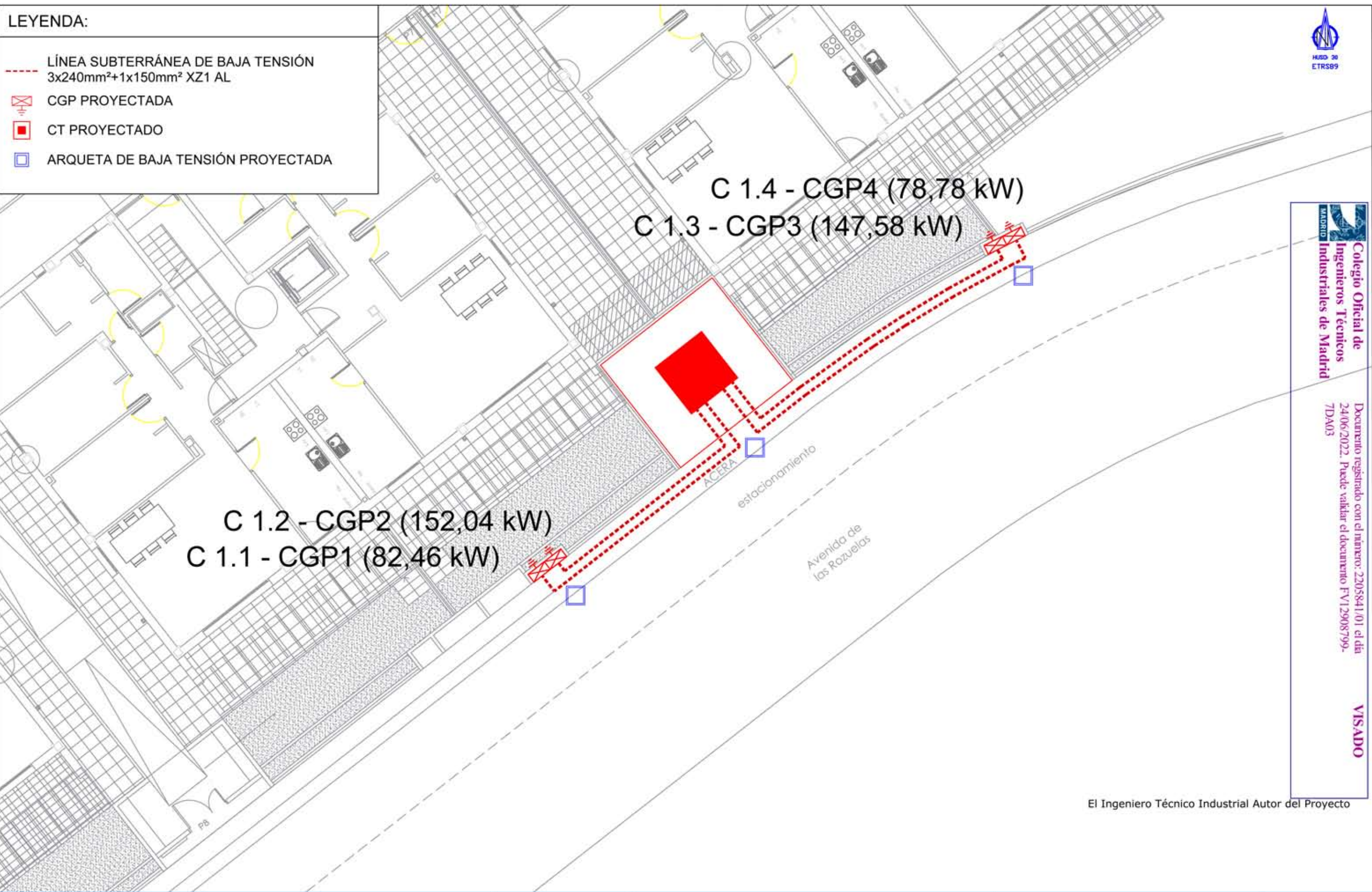
El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto



	PROYECTO: RSMT (20 kV), CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y RSBT EN AVENIDA DE LAS ROZUELAS, TORRELODONES, MADRID	N.º DE PROYECTO: 022-22			NOMBRE PLANO: PLANTA Y ESQUEMA RED MT	N.º PLANO: 2
		EXPEDIENTE: 9038334430	PROYECTADO / DIBUJADO A.T.A. A.T.A.	FECHA: MARZO/2022	ESCALA: 1/500	

LEYENDA:

- LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN
3x240mm²+1x150mm² XZ1 AL
- ⏏ CGP PROYECTADA
- CT PROYECTADO
- ARQUETA DE BAJA TENSIÓN PROYECTADA



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día 24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-7DA03

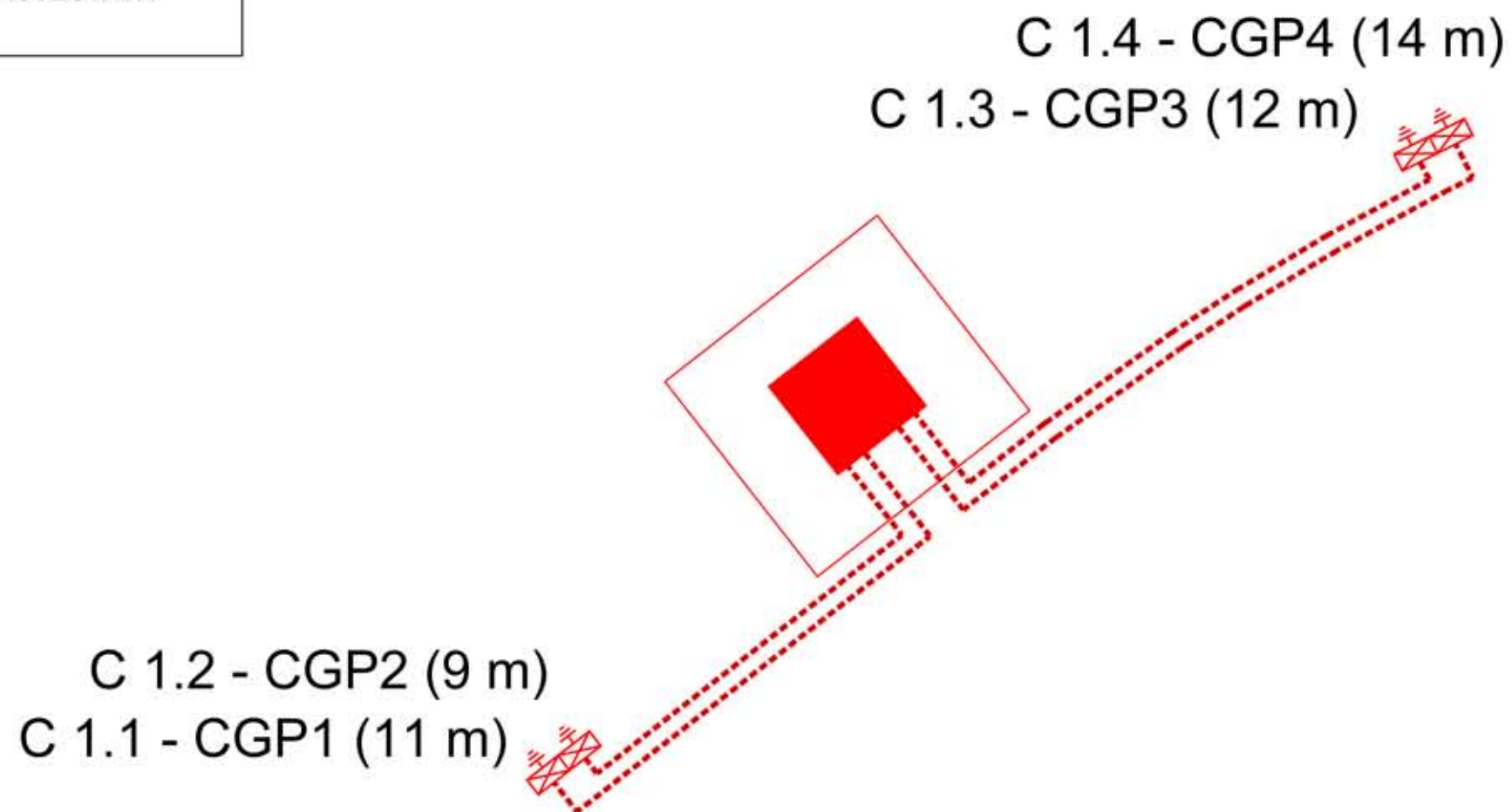
VISADO

El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto

	PROYECTO: RSMT (20 kV), CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y RSBT EN AVENIDA DE LAS ROZUELAS, TORRELOZÓN, MADRID	N.º DE PROYECTO: 022-22			NOMBRE PLANO: PLANTA RED BT	N.º PLANO: 3
		EXPEDIENTE: 9038334430	PROYECTADO / DIBUJADO A.T.A. A.T.A.		FECHA: MAYO/2022	ESCALA: 1/125

LEYENDA:

- LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN
3x240mm²+1x150mm² XZ1 AL
- ⊠ CGP PROYECTADA
- CT PROYECTADO
- ARQUETA DE BAJA TENSIÓN PROYECTADA

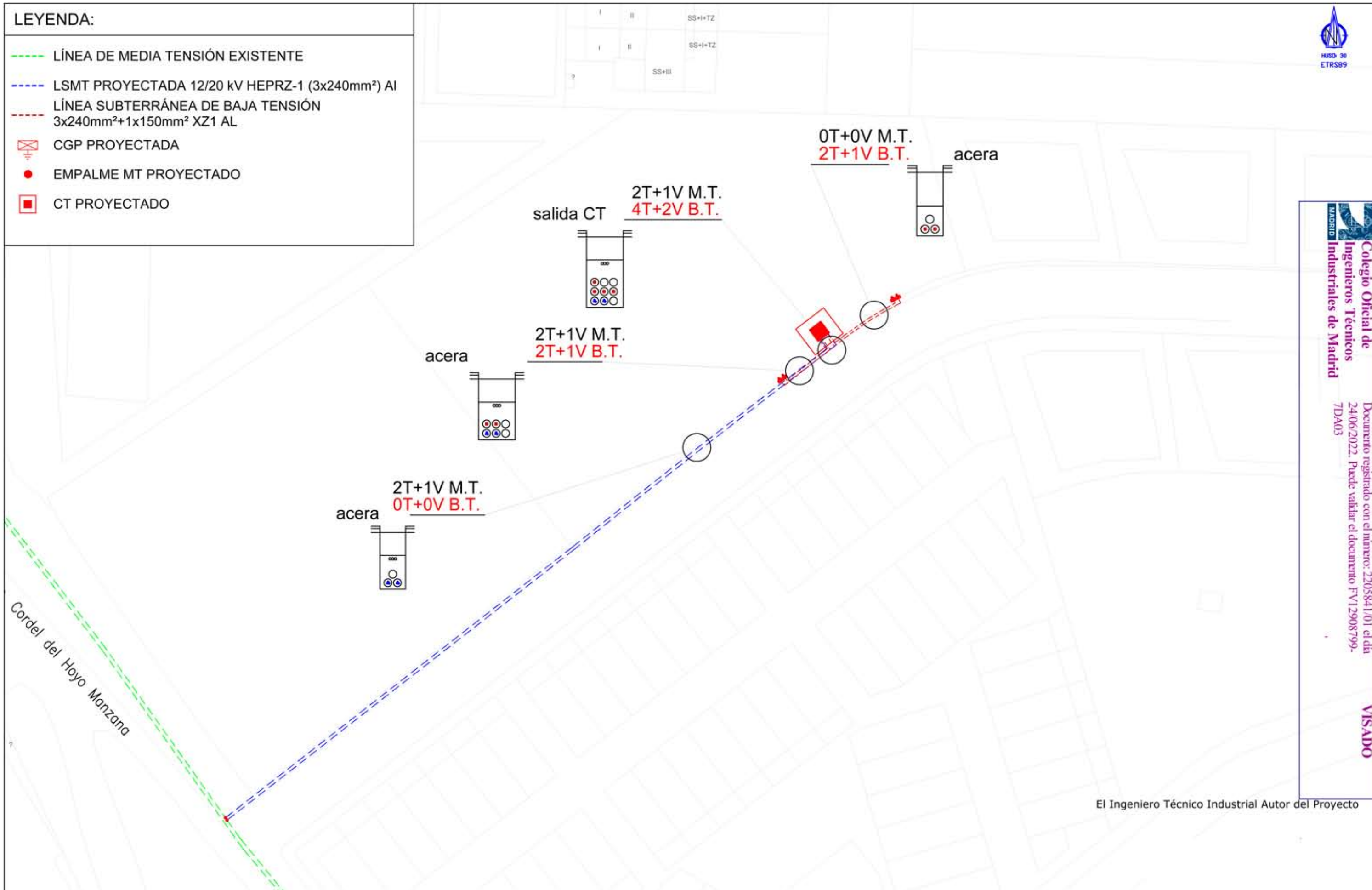


El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto

	PROYECTO: RSMT (20 kV), CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y RSBT EN AVENIDA DE LAS ROZUELAS, TORRELODONES, MADRID	N.º DE PROYECTO: 022-22	PROYECTADO / DIBUJADO A.T.A. A.T.A.	NOMBRE PLANO: ESQUEMA RED BT	N.º PLANO: 4
		EXPEDIENTE: 9038334430		FECHA: MAYO/2022	ESCALA: S.E.

LEYENDA:

- LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN EXISTENTE
- LSMT PROYECTADA 12/20 kV HEPRZ-1 (3x240mm²) AI
- LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN
3x240mm²+1x150mm² XZ1 AL
-  CGP PROYECTADA
- EMPALME MT PROYECTADO
- CT PROYECTADO



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

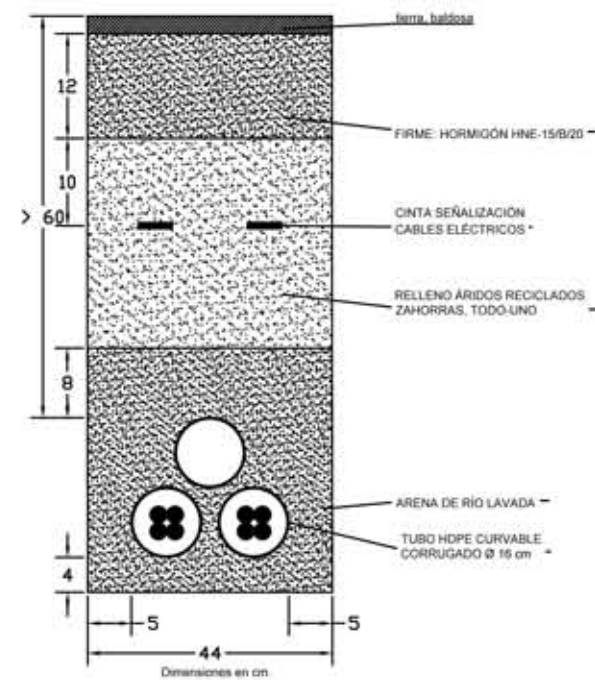
Documento registrado con el número: 2205841/01 el día 24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-7DA03

VISADO

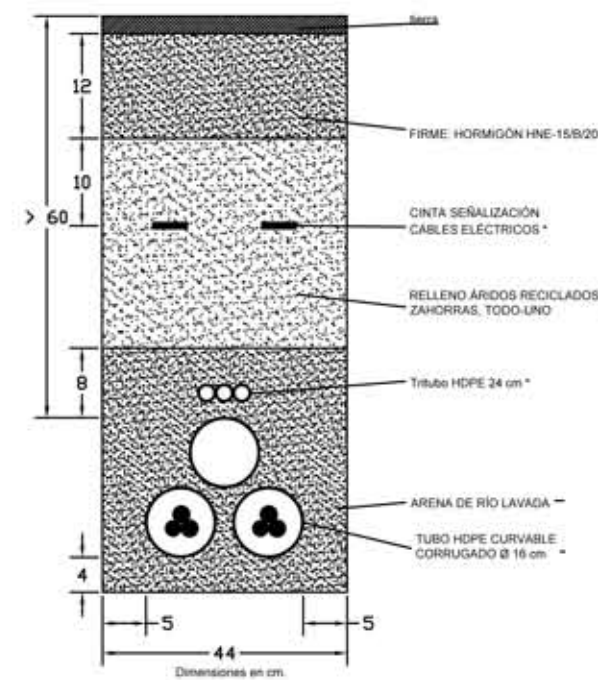
El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto

	PROYECTO: RSMT (20 kV), CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y RSBT EN AVENIDA DE LAS ROZUELAS, TORRELODONES, MADRID	N.º DE PROYECTO: 022-22	PROYECTADO / DIBUJADO A.T.A. A.T.A.	NOMBRE PLANO: PLANTA DE CANALIZACIONES	N.º PLANO: 5
		EXPEDIENTE: 9038334430		FECHA: MAYO/2022	ESCALA: 1/500

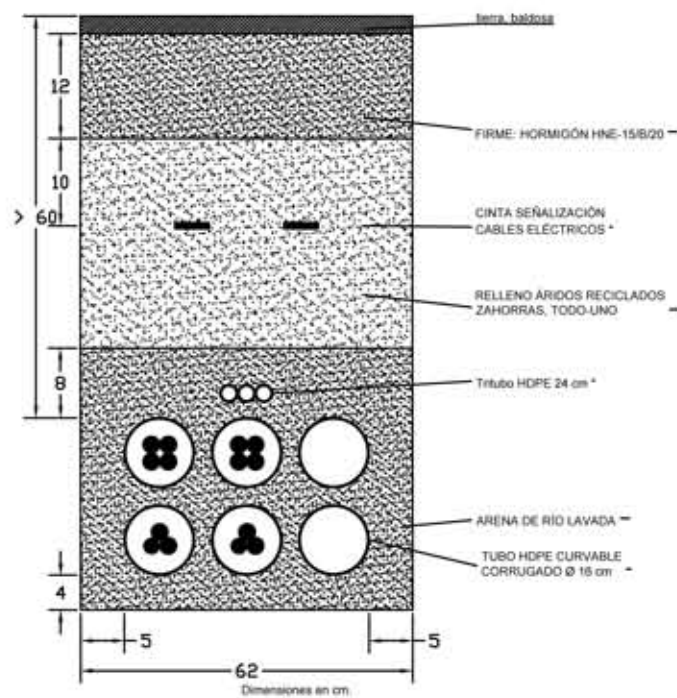
SECCIÓN DE ZANJA EN ACERA



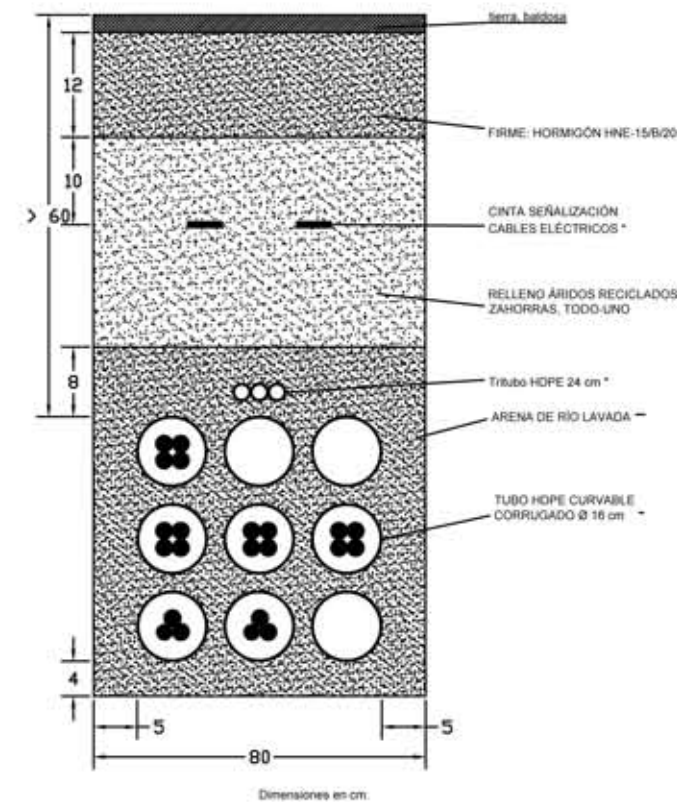
SECCIÓN DE ZANJA EN ACERA



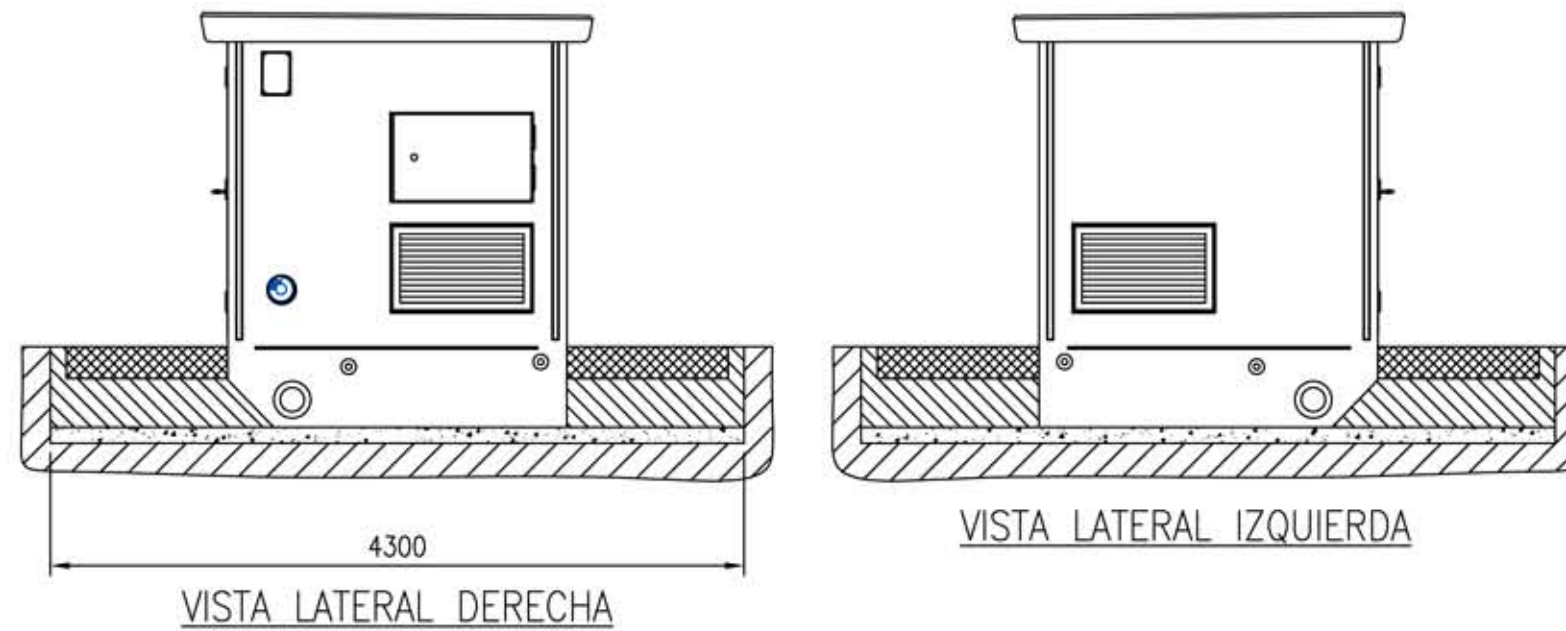
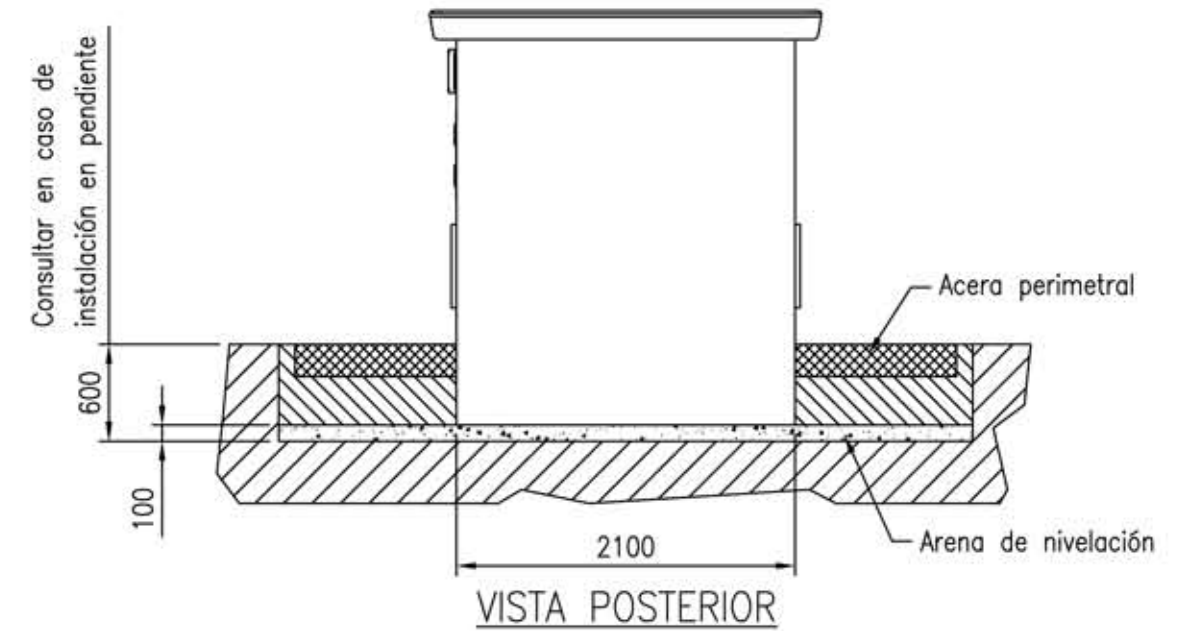
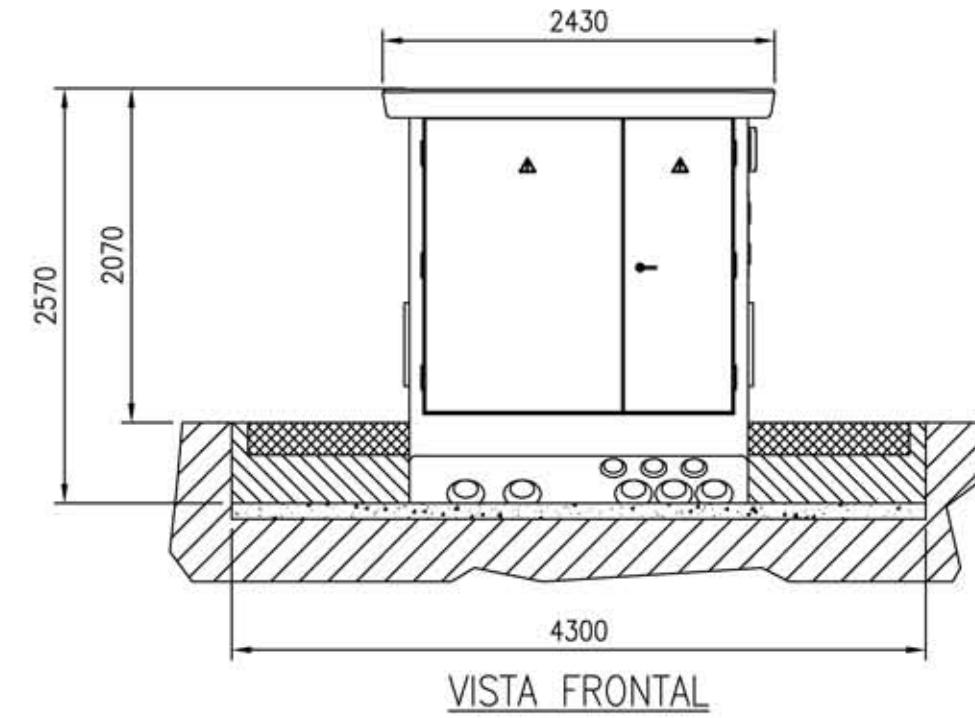
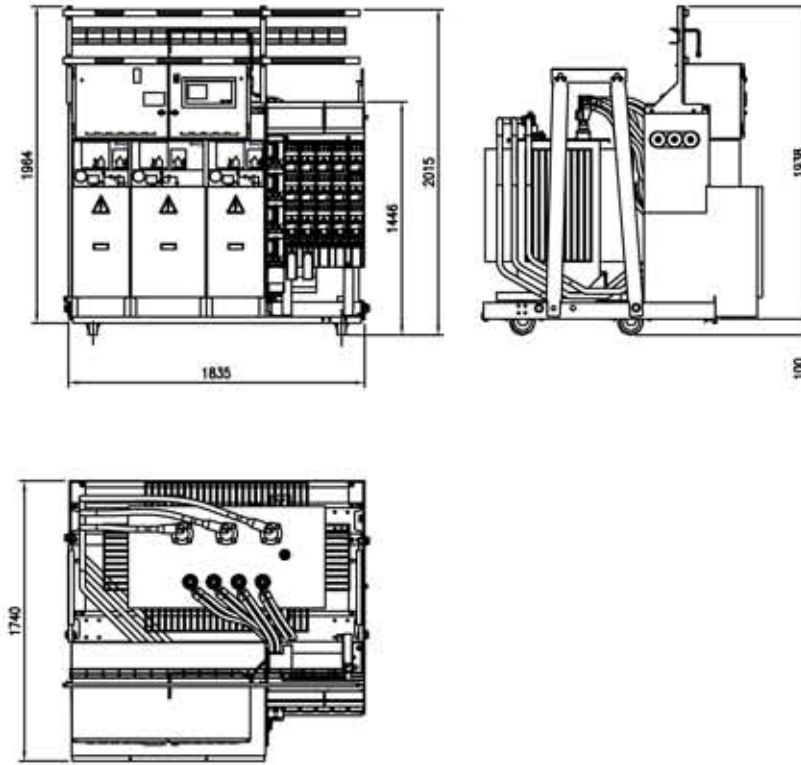
SECCIÓN DE ZANJA EN ACERA



SECCIÓN DE ZANJA EN ACERA



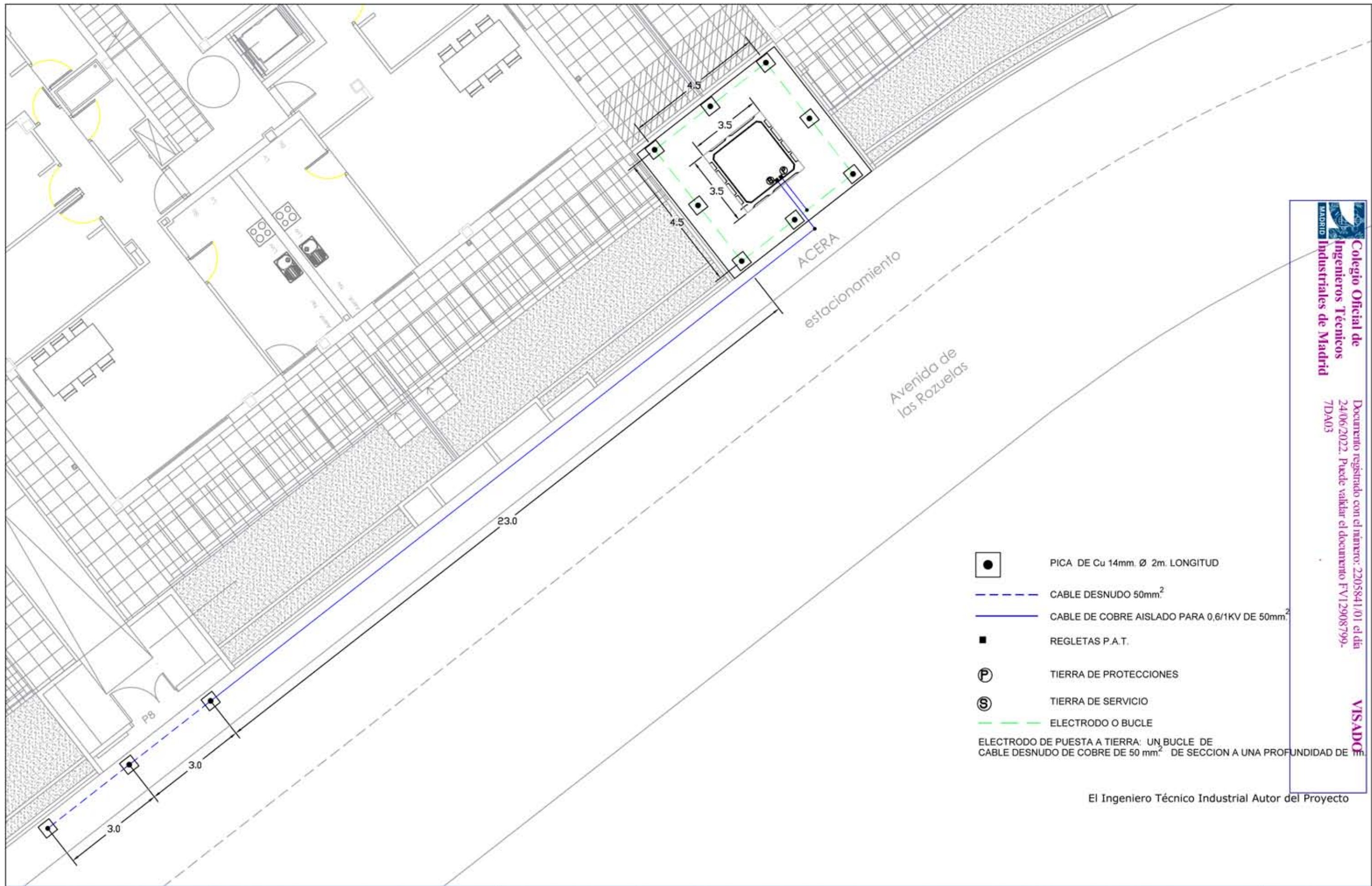
El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto



El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto

	PROYECTO: RSMT (20 kV), CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y RSBT EN AVENIDA DE LAS ROZUELAS, TORRELODONES, MADRID	N.º DE PROYECTO: 022-22			NOMBRE PLANO: DETALLE CT	N.º PLANO: 7
		EXPEDIENTE: 9038334430	PROYECTADO / DIBUJADO A.T.A. A.T.A.	FECHA: MARZO/2022	ESCALA: S.E.	

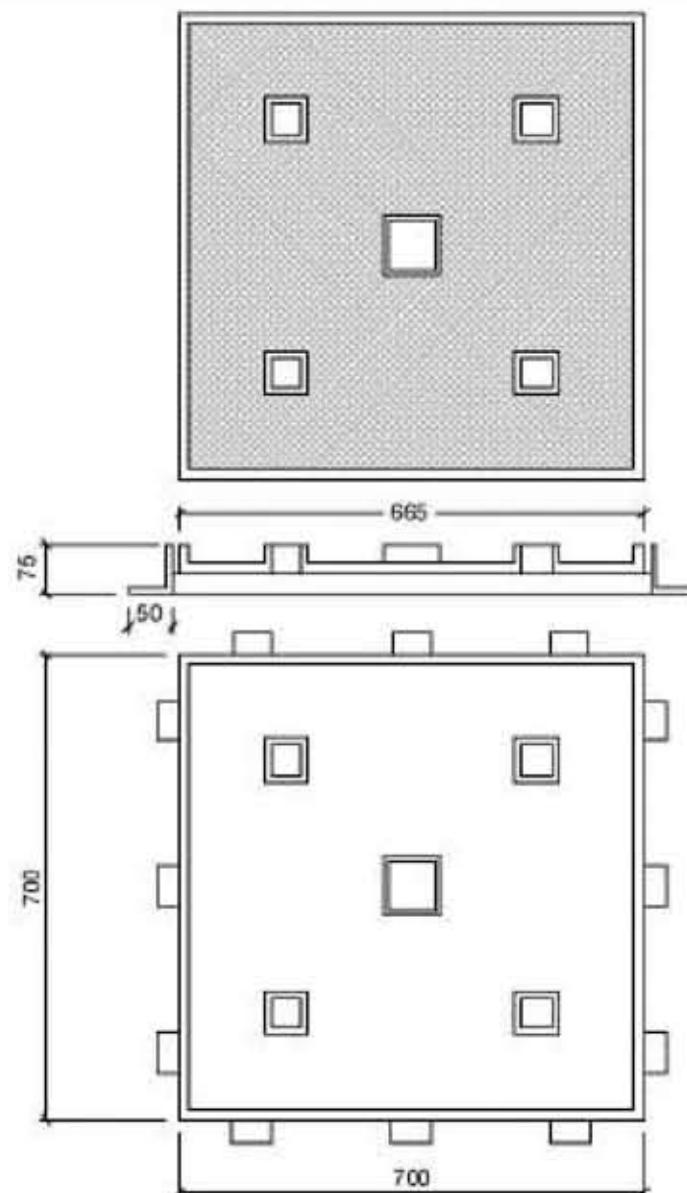
VISADO



El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto

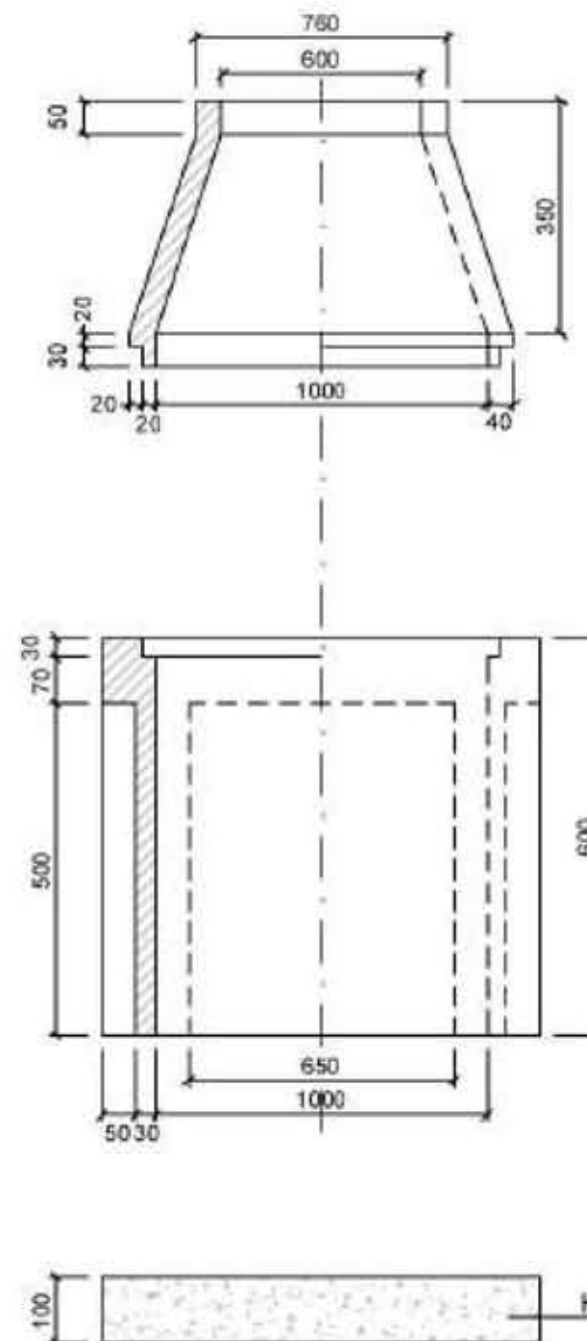
	PROYECTO: RSMT (20 kV), CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y RSBT EN AVENIDA DE LAS ROZUELAS, TORRELOZ, MADRID	N.º DE PROYECTO: 022-22			NOMBRE PLANO: RED DE TIERRAS	N.º PLANO: 9
		EXPEDIENTE: 9038334430	PROYECTADO / DIBUJADO A.T.A. A.T.A.	FECHA: ABRIL/2022	ESCALA: S.E.	

MARCO TAPA DE FUNDICION
M2-T2 (ACERAS) -TIPO 1-



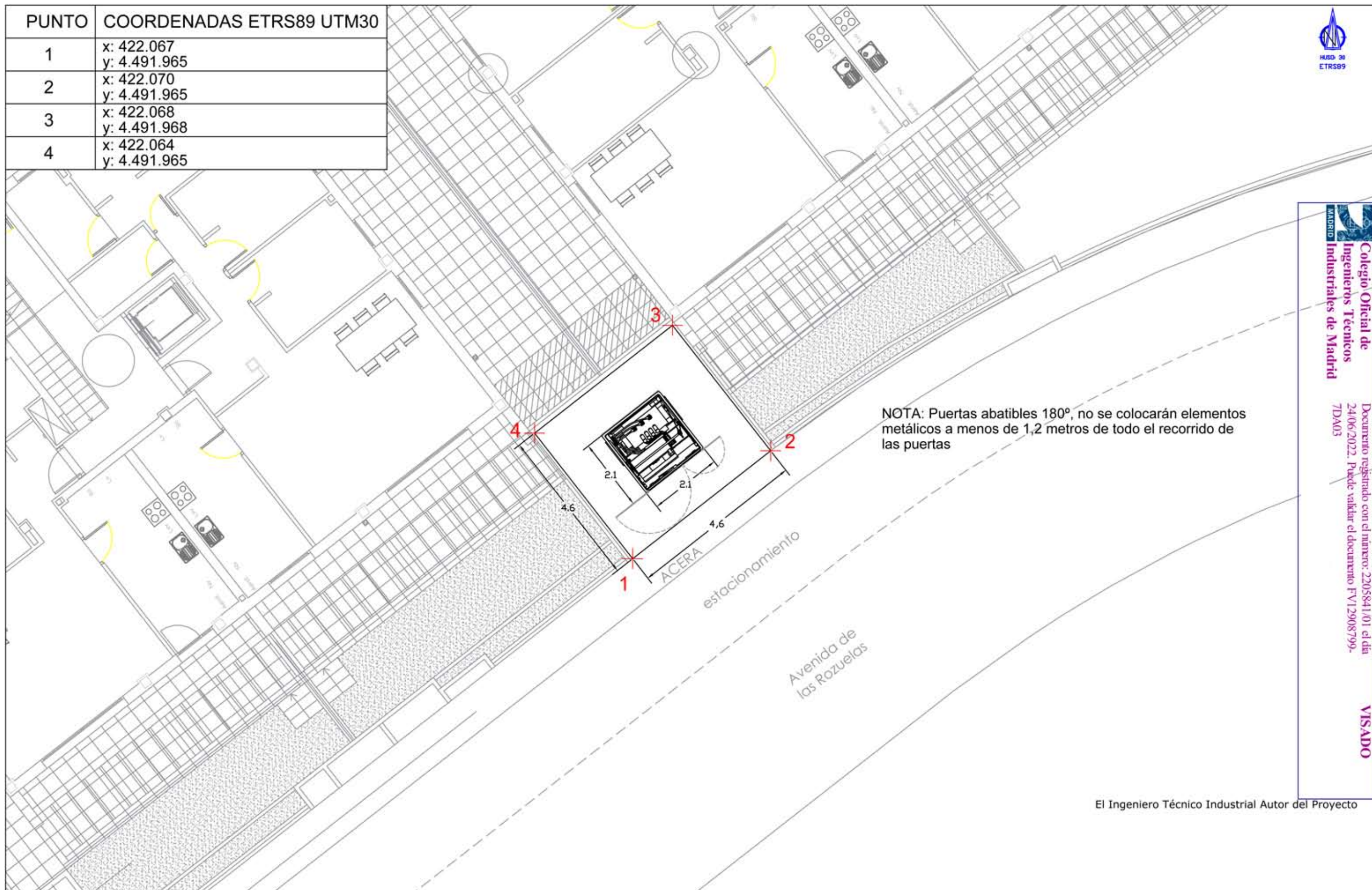
DESIGNACION	DIMENSIONES	MASA	CARGA
MARCO M2	700x700	21	125
TAPA T2	665x665	39	125

ARQUETA REGISTRABLE MODULAR
MARCO TAPA M2-T2 Y M3-T3 -TIPO 1-



El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto

PUNTO	COORDENADAS ETRS89 UTM30
1	x: 422.067 y: 4.491.965
2	x: 422.070 y: 4.491.965
3	x: 422.068 y: 4.491.968
4	x: 422.064 y: 4.491.965



El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto

	PROYECTO: RSMT (20 kV), CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y RSBT EN AVENIDA DE LAS ROZUELAS, TORRELODONES, MADRID	N.º DE PROYECTO: 022-22			NOMBRE PLANO: DETALLE IMPLANTACIÓN	Nº PLANO: 11
		EXPEDIENTE: 9038334430	PROYECTADO / DIBUJADO A.T.A. A.T.A.	FECHA: MARZO/2022	ESCALA: 1/100	

LEYENDA:

- CORDEL DEL HOYO DE MANZANARES
- LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN EXISTENTE
- LSMT PROYECTADA 12/20 kV HEPRZ-1 (3x240mm²) Al
- EMPALME MT PROYECTADO
- CT PROYECTADO
- CT EXISTENTE
- ARQUETA FIBRA ÓPTICA PROYECTADA



CORDEL DEL HOYO DE MANZANARES (2815202)

AFECCIÓN CANALIZACIÓN:

- LONGITUD CANALIZACIÓN: 10 m
- ANCHO CANALIZACIÓN: 0,44 m
- SUPERFICIE CANALIZACIÓN: 4,4 m²

AFECCIÓN ARQUETAS:

- SUPERFICIE ARQUETAS: 1m² (1 ARQUETA DE FIBRA ÓPTICA)

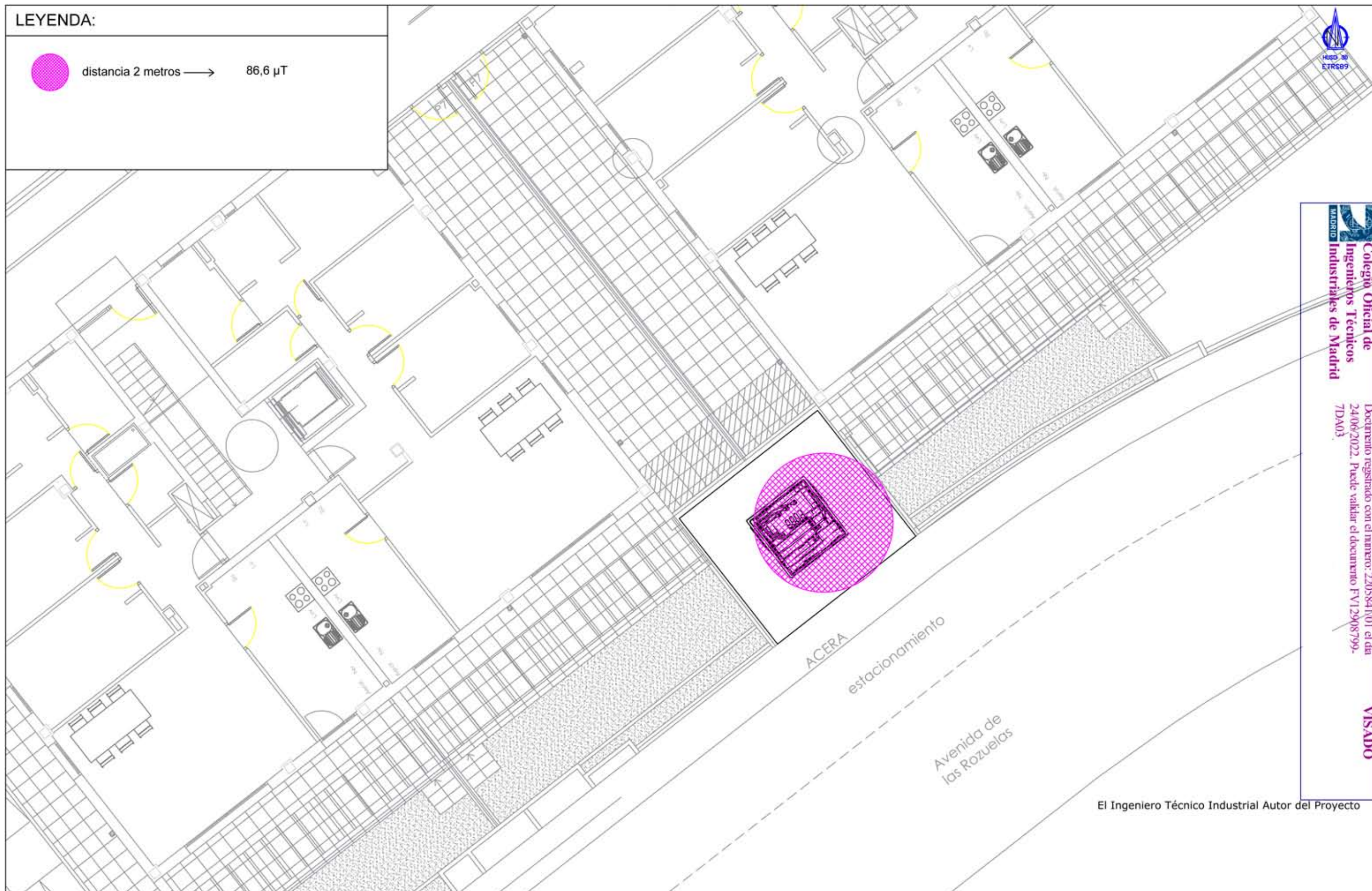
AFECCIÓN TOTAL: 5,4 m²



	PROYECTO: RSMT (20 kV), CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y RSBT EN AVENIDA DE LAS ROZUELAS, TORRELODONES, MADRID	N.º DE PROYECTO: 022-22	NOMBRE PLANO: AFECCIÓN VÍAS PECUARIAS		Nº PLANO: 12
		EXPEDIENTE: 9038334430	PROYECTADO / DIBUJADO A.T.A. A.T.A.	FECHA: MARZO/2022	ESCALA: 1/500

LEYENDA:

 distancia 2 metros → 86,6 μ T



Colegió Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día 24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-7DA03.

VISADO

El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto



PROYECTO:

RSMT (20 kV), CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y RSBT EN AVENIDA DE LAS ROZUELAS, TORRELODONES, MADRID

N.º DE PROYECTO:

022-22

EXPEDIENTE:

9038334430

PROYECTADO / DIBUJADO

A.T.A.

A.T.A.

NOMBRE PLANO:

CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

FECHA:

MARZO/2022

N.º PLANO:

13

ESCALA:

1/100

LEYENDA:

- RED NATURA 2000 - CUENCA DEL RÍO MANZANARES
- LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN EXISTENTE
- LSMT PROYECTADA 12/20 kV HEPRZ-1 (3x240mm²) AI
- EMPALME MT PROYECTADO
- CT PROYECTADO
- CT EXISTENTE
- ARQUETA FIBRA ÓPTICA PROYECTADA
- LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN 3x240mm²+1x150mm² XZ1 AL
- CGP PROYECTADA



RED NATURA 2000 - CUENCA DEL RÍO MANZANARES

AFECCIÓN CANALIZACIÓN:

- LONGITUD CANALIZACIÓN: 120 m
- ANCHO CANALIZACIÓN: varios
- SUPERFICIE CANALIZACIÓN: 54,6 m²

OTRAS AFECCIONES

- SUPERFICIE ARQUETAS: 4m² (4 ARQUETAS DE FIBRA ÓPTICA)
- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN: 9,2m²

AFECCIÓN TOTAL: 67,8 m²

El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Madrid

Documento registrado con el número: 2205841/01 el día 24/06/2022. Puede validar el documento: FV12908799-7DA03

VISADO



PROYECTO:

RSMT (20 kV), CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y RSBT EN AVENIDA DE LAS ROZUELAS, TORRELODONES, MADRID

N.º DE PROYECTO:

022-22

EXPEDIENTE:

9038334430

PROYECTADO / DIBUJADO

A.T.A.

A.T.A.

NOMBRE PLANO:

AFECCIÓN RED NATURA 2000

FECHA:

MAYO/2022

Nº PLANO:

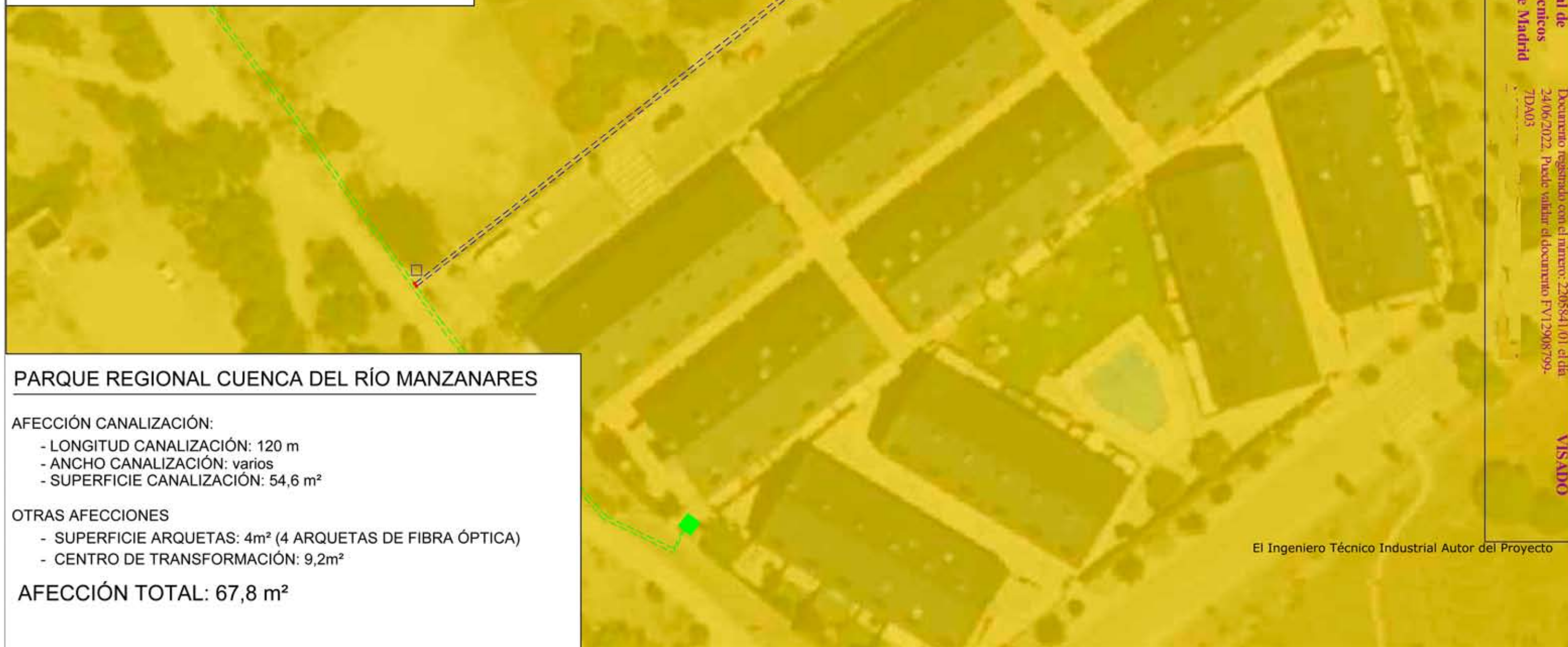
14

ESCALA:

S.E.

LEYENDA:

- PARQUE REGIONAL CUENCA DEL RÍO MANZANARES
- LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN EXISTENTE
- LSMT PROYECTADA 12/20 kV HEPRZ-1 (3x240mm²) AI
- EMPALME MT PROYECTADO
- CT PROYECTADO
- CT EXISTENTE
- ARQUETA FIBRA ÓPTICA PROYECTADA
- LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN 3x240mm²+1x150mm² XZ1 AL
- CGP PROYECTADA



PARQUE REGIONAL CUENCA DEL RÍO MANZANARES

AFECCIÓN CANALIZACIÓN:

- LONGITUD CANALIZACIÓN: 120 m
- ANCHO CANALIZACIÓN: varios
- SUPERFICIE CANALIZACIÓN: 54,6 m²

OTRAS AFECCIONES

- SUPERFICIE ARQUETAS: 4m² (4 ARQUETAS DE FIBRA ÓPTICA)
- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN: 9,2m²

AFECCIÓN TOTAL: 67,8 m²

El Ingeniero Técnico Industrial Autor del Proyecto



**Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2205841-01 el día
24/06/2022. Puede validar el documento FV12908799-
7IDA03

VISADO



PROYECTO:

RSMT (20 kV), CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y
RSBT EN AVENIDA DE LAS ROZUELAS,
TORRELODONES, MADRID

N.º DE PROYECTO:

022-22

EXPEDIENTE:

9038334430

PROYECTADO / DIBUJADO

A.T.A.

A.T.A.

NOMBRE PLANO:

AFECCIÓN PARQUE REGIONAL
CUENCA DEL RÍO MANZANARES

FECHA:

MAYO/2022

N.º PLANO:

15

ESCALA:

S.E.