

Proyecto

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA, PARA PARA ALIMENTACION DE INSTALACION DE BOMBEO “CABEZAL DE ALBALAT”

Titular EMPRESA DE TRANSFORMACION AGRARIA S.A.
S.M.E.M.P. (TRAGSA)

Avenida de la Industria, 28. Polígono Ind. L'Andana 46980-
PATERNA (VALENCIA)

Emplazamiento Polígono 5, Parcela 152

Municipio CARLET

Provincia Valencia

Fecha Marzo 2021

INDICE

- 1 MEMORIA.
 - 1.1 Resumen de características.
 - 1.1.1 Titular.
 - 1.1.2 N° de registro (si es de aplicación).
 - 1.1.3 Emplazamiento.
 - 1.1.4 Localidad.
 - 1.1.5 Actividad a la que se destina la energía transformada.
 - 1.1.6 Potencia unitaria de cada transformador y potencia total en KVA.
 - 1.1.7 Tipo de centro (caseta, poste intemperie, prefabricado, etc.).
 - 1.1.8 Tipo de transformador (seco, aceite, etc.) y en su caso volumen en litros del dieléctrico.
 - 1.1.9 Técnico director de obra.
 - 1.1.10 Presupuesto total.
 - 1.2 Objeto del proyecto.
 - 1.3 Reglamentación y disposiciones oficiales que cumple.
 - 1.4 Titular.
 - 1.5 Emplazamiento.
 - 1.6 Características generales del centro de transformación. Tipo de centro, Número y potencia de transformación en KVA. Dieléctrico de cada transformador. Tensión en kV.
 - 1.7 Programa de necesidades.
 - 1.8 Descripción de la instalación.
 - 1.8.1 Obra civil.
 - 1.8.2 Justificación de la necesidad o no de estudio de impacto ambiental.
 - 1.8.3 Instalación eléctrica.
 - 1.8.4 Medida de la energía eléctrica (sistema y aparatos).
 - 1.8.5 Puesta a tierra.
 - 1.8.6 Instalaciones secundarias.
- 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.
 - 2.1 Intensidad de alta tensión.
 - 2.2 Intensidad de baja tensión.
 - 2.3 Cortocircuitos.
 - 2.4 Dimensiones del embarrado, excepto en el caso de celdas prefabricadas.
 - 2.5 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
 - 2.6 Dimensionado de la ventilación del centro de transformación.
 - 2.7 Dimensionado de pozo apagafuegos (en su caso).

- 2.8 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.
 - 2.8.1 Investigación de las características del suelo.
 - 2.8.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto.
 - 2.8.3 Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra.
 - 2.8.4 Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra.
 - 2.8.5 Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 2.8.6 Cálculo de las tensiones de paso interior de la instalación.
 - 2.8.7 Comprobación de que las tensiones de paso y contacto calculadas son inferiores a los valores máximos definidos en la ITC-RAT 13.
 - 2.8.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 2.8.9 Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.
- 2.9 Cálculo mecánico del apoyo en el caso de centros de transformación de intemperie sobre poste.
- 2.10 Estudio de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.

3 PLIEGO DE CONDICIONES.

- 3.1 Calidad de los materiales.
- 3.2 Normas de ejecución de las instalaciones.
- 3.3 Pruebas reglamentarias.
- 3.4 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad. Instrucciones de puesta en marcha y parada.
- 3.5 Certificados y documentación.
- 3.6 Libro de órdenes.

4 PRESUPUESTO.

5 PLANOS.

6 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- 6.1 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO
- 6.2 TRABAJOS PREVIOS A LA REALIZACIÓN DE LA OBRA
- 6.3 SERVICIOS HIGIÉNICOS, VESTUARIOS, COMEDOR Y OFICINA DE OBRA
- 6.4 ANÁLISIS DE RIESGOS Y PREVENCIÓN EN LAS FASES DE LA OBRA
- 6.5 PREVENCIÓN DE DAÑOS A TERCEROS
- 6.6 medios auxiliares
 - 6.6.1 Escaleras de mano (de madera o metal)
- 6.7 MAQUINARIA DE OBRA
 - 6.7.1 Maquinaria en general
 - 6.7.2 Maquinas - herramienta en general
- 6.8 Riesgos catastróficos
- 6.9 FORMACIÓN
- 6.10 MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS
- 6.11 normativa legal de aplicación

1 **MEMORIA.**

Valencia, Marzo 2021

Fdo.: Paula Gisbert Garrido

1.1 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS.

1.1.1 Titular.

EMPRESA DE TRANSFORMACION AGRARIA S.A.
S.M.E.M.P. (TRAGSA)

Avda. de La Industria, 28, Polígono Industrial L'Andana
46980 Paterna (Valencia)

1.1.2 N.º de registro (si es de aplicación).

No procede.

1.1.3 Emplazamiento.

La instalación objeto del presente proyecto quedará ubicada en Polígono 5- Parcela 152, del TM Carlet (Valencia)

1.1.4 Localidad.

El emplazamiento de la instalación objeto del presente proyecto pertenece al término municipal de CARLET, (Valencia).

1.1.5 Actividad a la que se destina la energía transformada.

La energía transformada se destina a alimentar la instalación de bombeo para usos agrícolas (regadío).

1.1.6 Potencia unitaria de cada transformador y potencia total en KVA.

Son las indicadas a continuación:

- Potencia unitaria (nº transformadores x potencia): 1 x 400 KVA (TRANSFORMADOR 1)
- Potencia total: 400 KVA

1.1.7 Tipo de centro (caseta, poste intemperie, prefabricado, etc.).

El tipo de Centro de transformación es "Edificio Prefabricado".

1.1.8 Tipo de transformador (seco, aceite, etc.) y en su caso volumen en litros del dieléctrico.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA

Los transformadores serán del tipo ACEITE con los siguientes volúmenes de dieléctrico:

	Volumen del transformador (litros)
TRANSFORMADOR 1	270

Siendo el volumen total de 270 litros.

1.1.9 Técnico director de obra.

PAULA GISBERT GARRIDO

Ingeniero Industrial

1.1.10 Presupuesto total.

El presupuesto total de la instalación es de 37658.57€, IVA excluido

1.2 OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto del presente proyecto es el de exponer ante los Organismos Competentes que el centro de transformación que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a su ejecución.

1.3 REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES QUE CUMPLE.

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- 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.
- el REAL DECRETO 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (en los términos indicados en el punto 1. de la disposición transitoria primera del R.D. 337/2014)
- 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 RD 842/2002
- 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.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.

- REAL DECRETO 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, así como aquellas disposiciones oficiales obligatorias que sean de aplicación al mismo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. TIPO DE CENTRO, NÚMERO Y POTENCIA DE TRANSFORMACIÓN EN KVA. DIELECTRICO DE CADA TRANSFORMADOR. TENSIÓN EN KV.

El centro de transformación objeto del presente apartado, de nueva implantación, es de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 60298.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora IBERDROLA.

Las características generales del centro de transformación son:

Tipo de centro	Transformador Nº	Potencia	Tipo	Volumen de dieléctrico	Tensión
Edificio prefabricado	TRAFO 1	400 KVA	ACEITE	270 Litros	24 kV

1.5 PROGRAMA DE NECESIDADES.

El centro de transformación objeto del presente proyecto se destinará a atender las necesidades de la instalación de bombeo para regadío del cabezal de CT Albalat.

1.6 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

1.6.1 Obra civil.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA

LOCAL

El Centro estará ubicado en el interior de una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad, de las siguientes características:

- Construcción: prefabricada de hormigón
- Dimensiones (Largo x Ancho x Alto): 3500x2520x3200 mm
- Puertas peatonales: 1 de acceso de peatones (en parte frontal)

1 de acceso al transformador (en parte trasera)

COMPACIDAD

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:

- calidad en origen,
- reducción del tiempo de instalación,
- posibilidad de posteriores traslados.

MATERIAL

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 Kg/cm² a los 28 días de su fabricación) y una perfecta impermeabilización.

EQUIPOTENCIALIDAD

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la RU 1303A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios (RU 1303A).

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

IMPERMEABILIDAD

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

GRADOS DE PROTECCIÓN

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP23, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP33.

ENVOLVENTE

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica.

La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

SUELOS

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se taparán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

CUBA DE RECOGIDA DE ACEITE

La cuba de recogida de aceite se integrará en el propio diseño del hormigón. Estará diseñada para recoger en su interior todo el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base.

En la parte superior irá dispuesta una bandeja apagafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.

PUERTAS Y REJILLAS DE VENTILACIÓN

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico.

1.6.2 Justificación de la necesidad o no de estudio de impacto ambiental.

La instalación proyectada No precisa Estimación/Declaración de Impacto Ambiental, según Decreto 32/2006 de 10 de marzo de la Generalitat Valenciana, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 2/89, de 3 de marzo de Impacto Ambiental.

1.6.3 Instalación eléctrica.

CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 20 kV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 350 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 10,1 KA eficaces.

CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN

Características generales de las celdas.

- Tensión asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
 - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV ef.
 - a impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400 A.
- Intensidad asignada en funciones de protección. 200 A (400 A en interrup. automat).
- Intensidad nominal admisible durante un segundo: 16 kA ef.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: 40 kA cresta,
es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.

El poder de corte de la aparamenta será de 400 A eficaces en las funciones de línea y de 16 kA en las funciones de protección (ya se consiga por fusible o por interruptor automático).

El poder de cierre de todos los interruptores será de 40 kA cresta.

Todas las funciones (tanto las de línea como las de protección) incorporarán un seccionador de puesta a tierra de 40 kA cresta de poder de cierre.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA

Deberá existir una señalización positiva de la posición de los interruptores y seccionadores de puesta a tierra. Además, el seccionador de puesta a tierra deberá ser directamente visible a través de visores transparentes.

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

Celda de entrada línea entrada/salida.

Celda de línea marca EFACEC modelo NORMAFIX24 CD R de dimensiones: 375 mm de ancho, 1.575 mm de alto, 860 mm de fondo, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de $I_n = 400$ A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, 24 KV.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión
- Bornes para conexión de cable.
- Embarrado de puesta a tierra.

Celda de protección.

Celda de protección marca EFACEC modelo NORMAFIX24 CIS con interruptor y fusible de dimensiones: 375 mm de ancho, 1.575 mm de alto, 860 mm de fondo, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de $I_n = 400$ A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, 24 KV, equipo con bobina de disparo a emisión de tensión a 220 V 50 Hz.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión
- Bornes para conexión de cable.
- Embarrado de puesta a tierra.

Celda de medida.

Celda de medida marca EFACEC modelo NORMAFIX 24 M de dimensiones: 750 mm de ancho, 1.575 mm de alto, 860 mm de fondo, y conteniendo:

Transformador (potencia, tensiones y tipo de aislamiento).

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA

Será una máquina trifásica reductora de tensión, referencia 2sot24I20 82 0 PA UNE 21428, siendo la tensión entre fases a la entrada de 20 kV y la tensión a la salida en vacío de 420V entre fases y 242V entre fases y neutro(*).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (ONAN), marca Efacec, en baño de aceite mineral.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21428 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 400 kVA.
- Tensión nominal primaria: 20.000 V.
- Regulación en el primario: +2,5%, +5%, +7,5%, +10%.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- Tensión de cortocircuito: 4 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento:

Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 125 kV.

Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV.

(*)Tensiones según:

- UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada)(HD 472:1989)
- UNE 21428 (96)(HD 428.1 S1)

- 3 pasatapas para conexión a bornas enchufables en MT en la tapa del transformador.

Embarrado general.

El embarrado general de los conjuntos compactos se construye con barras cilíndricas de cobre semiduro (F20) de 16 mm de diámetro.

Aisladores de paso.

Son los pasatapas para la conexión de los cables aislados de alta tensión procedentes del exterior. Cumplen la norma UNESA 5205A y serán de tipo roscado para las funciones de línea y enchufables para las de protección.

Características de la aparamenta de Baja Tensión.

Las salidas de Baja Tensión del Centro de Transformación irán protegidas con Cuadros Modulares de Distribución en Baja Tensión; y características según se definen en la Recomendación UNESA 6302B.

Dichos cuadros deberán estar homologados por la Compañía Eléctrica suministradora y sus elementos principales se describen a continuación:

Unidad funcional de embarrado: constituida por dos tipos de barras: barras verticales de llegada, que tendrán como misión la conexión eléctrica entre los conductores procedentes del transformador y el embarrado horizontal; y barras horizontales o repartidoras que tendrán como misión el paso de la energía procedente de las barras verticales para ser distribuida en las diferentes salidas. La intensidad nominal de cada una de las salidas será de 400 Amperios.

1.6.4 Medida de la energía eléctrica (sistema y aparatos).

La medida de la energía se realizará mediante un contador de lectura directa o indirecta mediante transformadores de intensidad y de tensión.

1.6.5 Puesta a tierra.

Tierra de protección.

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

Tierra de servicio.

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida.

Tierras interiores.

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1m.

1.6.6 Instalaciones secundarias.

Alumbrado.

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Protección contra incendios.

Al disponer la Compañía Eléctrica suministradora de personal de mantenimiento equipado en sus vehículos con el material adecuado de extinción de incendios, no es preciso, en este caso, instalar extintores en este centro de transformación.

Ventilación.

La ventilación del centro de transformación se realizará mediante las rejas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto.

Estas rejas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

Medidas de seguridad y señalización.

Los conjuntos compactos estarán provistos de enclavamientos de tipo MECÁNICO que relacionan entre sí los elementos que la componen.

El sistema de funcionamiento del interruptor con tres posiciones, impedirá el cierre simultáneo del mismo y su puesta a tierra, así como su apertura y puesta inmediata a tierra.

En su posición cerrada se bloqueará la introducción de la palanca de accionamiento en el eje de la maniobra para la puesta a tierra, siendo asimismo bloqueables por candado todos los ejes de accionamiento.

Un dispositivo anti-reflex impedirá toda tentativa de reapertura inmediata de un interruptor.

Asimismo, es de destacar que la posición de puesta a tierra será visible, así como la instalación de dispositivos para la indicación de presencia de tensión.

El compartimiento de fusibles, totalmente estanco, será inaccesible mediante bloqueo mecánico en la posición de interruptor cerrado, siendo posible su apertura únicamente cuando éste se sitúe en la posición de puesta a tierra y, en este caso, gracias a su metalización exterior, estará colocado a tierra todo el compartimiento, garantizándose así la total ausencia de tensión cuando sea accesible.

2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

Valencia, Marzo 2021

Fdo.: Paula Gisbert Garrido
Ingeniero Industrial

2.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN.

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

$$I_p = \frac{S}{1.73 \cdot V_p} \quad (2.1.a)$$

Donde:

S = potencia tramitada kVA
Vp = tensión primaria en kV
Ip = intensidad primaria en A

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

Siendo que la potencia a tramitar es de 400 kVA.

Ip = 11.56 A

2.2 INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.

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

$$I_s = \frac{S}{1.73 \times V_s} \quad (2.2.a)$$

Donde:

S = potencia del transformador en kVA
Vs = tensión secundaria en kV
Is = intensidad secundaria en A

Para el transformador, la potencia es de 400 kVA, y las tensiones secundarias de 230 V y 400 V respectivamente.

La intensidad en las salidas de 400 V puede alcanzar el valor:

Is = 578.03 A

2.3 CORTOCIRCUITOS.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 350 MVA en al de distribución, dato proporcionado por la Compañía Suministradora.

Cálculo de las corrientes de cortocircuito.

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

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de Alta Tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{1.73 \times V_p} \quad (2.3.2.a)$$

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

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de Baja Tensión:

No se va a calcular ya que será menor que la calculada en el punto anterior.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de Baja Tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{ccs} = \frac{P}{1.73 \times \frac{U_{cc}}{100} \times V_s} \quad (2.3.2.b)$$

donde:

P = potencia del transformador en kVA

U_{cc} = tensión porcentual de cortocircuito del transformador

V_s = tensión secundaria en carga en KV

I_{ccs} = intensidad de cortocircuito secundaria en kA

Cortocircuito en el lado de alta tensión.

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en la que la potencia de cortocircuito es:

$S_{cc} = 350 \text{ MVA}$

$U = 20 \text{ kV}$

y sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T.
de :

$I_{ccp} = 10,1 \text{ kA}$

Cortocircuito en el lado de baja tensión

Utilizando la expresión 2.3.2.b, en la que la potencia del transformador es:

$$\begin{aligned}P &= 400 \text{ kVA} \\U_{cc} &= 5 \% \\V_s &= 0,4 \text{ kV}\end{aligned}$$

y sustituyendo valores tendremos una intensidad de cortocircuito en el lado el Baja Tensión de:

$I_{ccs} = 11.55 \text{ kA}$

2.4 DIMENSIONES DEL EMBARRADO, EXCEPTO EN EL CASO DE CELDAS PREFABRICADAS.

El embarrado de las celdas está constituido por tramos rectos de barra cilíndrica de cobre recubiertas de aislamiento termoretráctil.

Las barras se fijaran a las conexiones al efecto existente en la parte superior del carter del aparato funcional (interruptor-seccionador ó seccionador en SF6). La fijación de barras se realizara con tornillos M8.

La separación entre las sujeciones de una misma fase y correspondientes a dos celdas contiguas es de 375 mm. La separación entre barras (separación entre fases) es de 200 mm.

Características del embarrado:

- Intensidad nominal:.....400 A.
- Sobreintensidad térmica:.....16 kA eff.
- Sobreintensidad dinámica:.....40 kA cresta.

Comprobación por densidad de corriente

La sección de la barra de cobre es de 198 mm².

Para la intensidad nominal de 400 A la densidad de corriente es:

$$d = \frac{I_p}{S} = \frac{400}{198} = 2,02 \text{ A/mm}^2$$

Esta densidad esta comprendida entre el valor de 3,18 admisible para la barra de ϕ 10 y el valor 2,4 para la barra de ϕ 16 según normas DIN. El calentamiento es por lo tanto, de 30 °C sobre la temperatura ambiente, aproximadamente.

Comprobación por sollicitación electrodinámica

Para el cálculo consideraremos el caso más desfavorable, consistente en un cortocircuito trifásico de 16 kA eficaces y 40 kA cresta.

El esfuerzo mayor se produce sobre el conductor de la fase central, conforme a la siguiente expresión:

$$F = 13.85 \cdot 10^{-7} \cdot f \cdot \frac{I_{cc}}{d} \cdot L \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{d}{L}} - \frac{d}{L} \right)$$

siendo:

F = Fuerza resultante en MW

f = Coeficiente en función de $\cos \varphi$, siendo $f = 1$ para $\cos \varphi = 0$

I_{cc} = Intensidad máxima de cortocircuito = 16.000 A eficaces

d = Separación entre fases = 0,2 metros

L = Longitud tramos embarrado = 375 mm

Y sustituyendo,

$$F = 399 \text{ Nw}$$

Esta fuerza esta uniformemente repartida en toda la longitud del embarrado, siendo la carga:

$$q = (F/L) = 0.108 \text{ kg/mm}$$

Cada barra equivalente a una viga empotrada en ambos extremos, con carga uniformemente repartida.

El momento flexor máximo se produce en los extremos, siendo:

$$M_{\text{máx}} = (q \cdot L^2/12) = 1.272 \text{ Kgmm}$$

El embarrado tiene un diámetro exterior D = 24 mm y un diámetro interior d = 18 mm.

El modulo resistente de la barra es:

$$W = (\pi/32) ((D^4 - d^4)/D) = (\pi/32)((24^4 - 18^4)/24) = 927 \text{ mm}^3$$

La fatiga máxima es:

$$R_{\text{máx}} = M_{\text{máx}}/W = 1.272/927 = 1,37 \text{ Kg/mm}^2$$

Para la barra de cobre deformada en frio tenemos:

$$r_{0,2} = 19 \text{ Kg/mm}^2 \gg r_{\text{máx}}$$

y por lo tanto, existe un gran margen de seguridad

El momento flector en los extremos debe ser soportado por tornillos M8, con un par de apriete de 2,8 m.Kg, superior al par máximo (M_{máx}).

Cálculo por sollicitación térmica. Sobreintensidad térmica admisible

La sobreintensidad máxima admisible durante un segundo se determina de acuerdo con CEI 298 de 1981 por la expresión:

$$S = (1/\alpha) * ((t/\delta\theta))$$

siendo:

S = sección de cobre en $\text{mm}^2 = 198 \text{ mm}^2$

$\alpha = 13$ par el cobre

t = tiempo de duración del cortocircuito n segundos

I = Intensidad eficaz en amperios

$\delta\theta = 180^\circ$ para conductores inicialmente a t° ambiente

si reducimos este valor en 30°C por considerar que el cortocircuito se produce después del paso permanente de la intensidad nominal, y para $I = 16 \text{ kA}$.

$$\delta\theta = 150^\circ$$

$$t = \delta\theta * ((S * \alpha) / I)^2$$

y sustituyendo:

$$t = 150 * ((198 * 13) / 16.000)^2 = 3,88 \text{ s}$$

Por lo tanto, y según este criterio, el embarrado podría soportar una intensidad de 16 kA eficaces durante más de un segundo.

2.5 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS.

Selección del fusibles de AT y BT.

Fusibles en el lado de Alta Tensión:

Los cortocircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla practica, simple y comprobada, que tiene en cuenta estos requisitos y evita el envejecimiento del fusible consiste en verificar que la intensidad que hace fundir el fusible en $0,1 \text{ seg.}$ es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger.

Potencia (KVA)

400 KVA

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA

Intensidad nominal del fusible de AT (A) 40 A

Fusibles en el lado de Baja Tensión:

En el circuito de baja tensión del transformador se instalará un interruptor de corte en carga , que se equipara con los fusibles adecuados para la protección de cada una de las salidas previstas, en función de la potencia demandada.

Intensidad nominal del fusible de BT (A) 630 A

Ajuste del dispositivo térmico o de los relés.

No procede.

2.6 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:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 * K * \sqrt{h * \Delta t^3}}$$

siendo:

Wcu = Pérdidas en cortocircuito del transformador en kW.

Wfe = Pérdidas en vacío del transformador en kW.

h = Distancia vertical entre centros de rejillas = 2 m.

Δt = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, considerándose en este caso un valor de 15°C.

K = Coeficiente en función de la reja de entrada de aire, considerandose su valor como 0.6.

Sr = Superficie mínima de la reja de entrada de ventilación del transformador.

Sustituyendo valores tendremos:

Potencia del Transformador (KVA)	Pérdidas Wcu + Wfe (KW)	Sr mínima (m²)
250	4.6+0.93	0.47

2.7 DIMENSIONADO DE POZO APAGAFUEGOS (EN SU CASO).

El apagafuegos debe de tener un volumen de aceite para un transformador de 250 KVA de:

Potencia del transformador (kVA)	Volumen mínimo del foso (litros)
400	270

2.8 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

2.8.1 Investigación de las características del suelo.

El reglamento de Alta Tensión indica que para las instalaciones de tercera categoría y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 1500 A, no será obligatorio realizar la investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno. También se indica que para intensidades de cortocircuito a tierra superiores a 1000 A, si se utilizan en cálculos resistividades del terreno inferiores a $200 \Omega \cdot m$, se deberá justificar dicho valor mediante un estudio que incluya mediciones de la resistividad.

Así pues, según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial de $200 \Omega \cdot m$.

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

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora (IBERDROLA), a continuación se define, para el sistema de puesta a tierra adoptado por la compañía en las subestaciones, el valor adoptado para la corriente máxima de defecto a tierra, empleado para la verificación de las configuraciones tipo de los sistemas de puesta a tierra descritos anteriormente.

Tensión nominal de la red U_n (kV)	Tipo de puesta a tierra	Reactancia equivalente XLTH (Ω)	Intensidad máxima de corriente de defecto a tierra* (A)
20	Zig-Zag 500A	25,4	500

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora (IBERDROLA), la característica de actuación de las protecciones, para el caso de faltas a tierra, para las instalaciones con tensiones nominales ≤ 30 kV, cumple con las relaciones indicadas en la tabla siguiente.

Característica de actuación de las protecciones	U_n (kV)
$I'_{1F} \cdot t = 400$	≤ 20 kV

Siendo I'_{1F} , la intensidad de la corriente de defecto a tierra, en el caso de no considerar conexiones de pantalla, en amperios y t , el tiempo de actuación de las protecciones en segundos, definida como:

$$I'_{1F} = \frac{1,1 U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_T^2 + X_{LTH}^2}}$$

Así pues el tiempo de actuación de las protecciones (t) en segundos tendrá un valor de:

$$t = 0,84 \text{ s}$$

2.8.3 Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra.

TIERRA DE PROTECCIÓN

Se conectarán a este sistema de tierra las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas, sobretensiones o a otras causas fortuitas. Así pues se pondrán a tierra los elementos indicados en el punto 6.1 de la ITC-RAT 13, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas, carcasas de los transformadores, ...etc.

Se adopta la siguiente configuración para la tierra de protección:

- electrodo horizontal formado por 4 picas de Ø14 mm y 2 m de longitud, enterradas verticalmente a una profundidad de 0,5m, dispuestas en los vértices de un rectángulo.
- unión de picas mediante conductor desnudo de cobre de 50 mm² de sección, dispuesto formando un rectángulo de 6,5 m x 3 m.

Esta configuración es equivalente al electrodo UNESA siguiente:

Código Electrodo UNESA	Kr	Kp	Kp (acc)	Kc
60-30/5/42	0,087	0,0193	0,0423	0,0423

TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a este sistema de tierra los elementos indicados en el punto 6.2 de la ITC-RAT 13, tales como el neutro del transformador, los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida o protección, ...etc.

Se adopta la siguiente configuración para la tierra de servicio:

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA

- electrodo horizontal formado por 4 picas de $\varnothing 14$ mm y 2 m de longitud, enterradas verticalmente a una profundidad de 0,5m, dispuestas en hilera con una separación de 3 m entre ellas.
- unión de picas mediante conductor desnudo de cobre de de 50 mm² de sección, en disposición longitudinal.
- conexión desde el Centro de Transformación hasta la primera pica realizada con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

Esta configuración es equivalente al electrodo UNESA siguiente:

Código Electrodo UNESA	Kr	Kp
5/42	0,104	0,0184

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 ohm. Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA., no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios ($=37 \times 0,650$).

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión. Dicha separación está calculada en el apartado 2.8.8.

2.8.4 Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra.

TIERRA DE PROTECCIÓN

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (R_T), intensidad y tensión de defecto correspondientes (I_d , U_d), utilizaremos las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_T :

$$R_T = (R_c + R_p) / (R_c \times R_p)$$

siendo:

R_c = resistencia de tierra del electrodo de tipo conductor enterrado horizontalmente.

R_p = resistencia de tierra del electrodo de tipo pica vertical.

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = I'_{1F} = \frac{1,1 \times U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_T^2 + X_{LTH}^2}}$$

donde $U_n=20000$

- Tensión de defecto, U_d :

$$U_d = I_d \times R_T$$

se obtienen los siguientes resultados:

$$R_T = 11.4 \, \Omega$$

$$I_d = 456,03 \, A$$

$$U_d = 5211,79 \, V$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (U_d).

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y por ende no afecten a la red de Baja Tensión.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

TIERRA DE SERVICIO.

$$R_T = (R_c + R_p) / (R_c \times R_p) = 16 \, \Omega$$

siendo:

R_c = resistencia de tierra del electrodo de tipo conductor enterrado horizontalmente.

R_p = resistencia de tierra del electrodo de tipo pica vertical.

siendo este valor inferior a $37 \, \Omega$.

2.8.5 Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.

Tensión de contacto en el exterior:

En el caso que nos ocupa el Centro de Transformación es del tipo prefabricado según la UNE-EN 62271-202, por lo que el fabricante garantiza la adopción de medidas necesarias para evitar la puesta en tensión de los elementos metálicos accesibles desde el exterior, que están aislados de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes. Es por ello que las puertas y rejas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no quedan conectadas al circuito de tierra de protección, quedando aisladas del mismo.

Así pues se obtiene un valor de la tensión de contacto:

$$U_{C_{EXT}} \approx 0 \text{ (prácticamente nula)}$$

Tensión de paso en el exterior con los dos pies en el terreno:

Esta tensión de paso en el exterior viene determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, según la siguiente expresión:

$$U_{p(t-t)EXT} = K_P \times \rho \times I_d = 0.193 \times 200 \times 456,03 = 1760,28 \text{ V}$$

Tensión de paso en el exterior con un pie en el terreno y el otro en la acera:

Esta tensión de paso en el exterior viene determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, según la siguiente expresión:

$$U_{p(a-t)EXT} = K_{P(acc)} \times \rho \times I_d = 0.0423 \times 200 \times 456,03 = 3858,03 \text{ V}$$

2.8.6 Cálculo de las tensiones de paso interior de la instalación.

Tensión de contacto en el interior:

Con objeto de evitar el riesgo por tensión de 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 interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.

Así pues se obtiene un valor de la tensión de contacto:

$$U_{CINT} \approx 0 \text{ (prácticamente nula)}$$

Tensión de paso en el interior:

Con objeto de evitar el riesgo por tensión de paso 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 paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.

Así pues se obtiene un valor de la tensión de paso:

$$U_{pINT} \approx 0 \text{ (prácticamente nula)}$$

Tensión de paso en el acceso al interior:

Según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_{p(\text{acceso})INT} = R_T \times I_d = 11,4 \times 456,03 = 5211,79 \text{ V}$$

2.8.7 Comprobación de que las tensiones de paso y contacto calculadas son inferiores a los valores máximos definidos en la ITC-RAT 13.

Valores máximos definidos en la ITC-RAT 13 para las tensiones de paso y contacto:

Interpolando en la Tabla 1 de la ITC-RAT 13 se obtiene el valor admisible de la tensión de contacto U_{ca} para la duración de la corriente de falta calculada en el apartado 2.8.2.

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0,88	131

Con los datos anteriores se determinan las máximas tensiones de contacto y paso admisible:

- Máxima tensión de contacto admisible:

$$U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 Z_B} \right] = U_{ca} \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \rho_s}{1000} \right] \text{ V}$$

- Máxima tensión de paso admisible:

$$U_p = U_{pa} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B} \right] = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{1000} \right]$$

Comprobación de que las tensiones de paso y contacto calculadas:

$$U_{c\text{máx.CALCULADA}} \cong 0 \text{ (prácticamente nula)} < 301,3 = U_{c\text{máx.ADMISIBLE}}$$

$$U_{p\text{máx.CALCULADA}} = 5211,79 < 8122,0 = U_{p\text{máx.ADMISIBLE}}$$

Quedando así comprobado que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles.

2.8.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima D_{\min} , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, cuyo valor viene determinado por la expresión:

$$D_{\min} = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot 1.000} = 14,52 \text{ m.}$$

siendo:

ρ = Resistividad el terreno

I_d = Intensidad de la corriente de defecto a tierra

π = número pi

Con lo que se establece que entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio existirá una distancia mínima de 15 metros.

2.8.9 Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del Centro, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

2.9 CÁLCULO MECÁNICO DEL APOYO EN EL CASO DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE INTEMPERIE SOBRE POSTE.

No procede.

2.10 ESTUDIO DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN.

Campo magnético creado por la manguera del circuito trifásico:

Teniendo en cuenta que el valor del campo magnético creado en un punto "p" por un conductor eléctrico de longitud considerable, viene determinado por la expresión:

$$B_p = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

siendo:

μ_0 = Permeabilidad del vacío = $4\pi \cdot 10^{-7}$

I = Intensidad de la corriente en Amperios

π = número pi

d = distancia al punto "p" en metros.

y considerando un circuito trifásico equilibrado en el que las tres fases R, S y T discurren unidas, se cumple que sus tres corrientes I_R , I_S e I_T también forman un sistema equilibrado de corrientes, es decir tienen el mismo valor eficaz y están desfasadas 120° entre sí. Así pues se tiene que el valor del campo magnético creado en un punto "p" por cada una de ellas es:

$$B_{p(R)} = \mu_0 \cdot \frac{I_R}{2 \cdot \pi \cdot d} = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

$$B_{p(S)} = -\mu_0 \cdot \frac{I_S \cdot \cos.60^\circ}{2 \cdot \pi \cdot d} = -\mu_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot d}$$

$$B_{p(T)} = -\mu_0 \cdot \frac{I_T \cdot \cos.60^\circ}{2 \cdot \pi \cdot d} = -\mu_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot d}$$

con lo que el campo magnético total creado en el punto "p" será:

$$B_p = B_{p(R)} + B_{p(S)} + B_{p(T)} = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot d} - \mu_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot d} - \mu_0 \cdot \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot d} = 0$$

Según lo visto anteriormente, se puede concluir que el campo magnético creado en un punto "p" por un circuito trifásico equilibrado en el que las tres fases R, S y T discurren unidas, es nulo.

Campo magnético creado alrededor del transformador:

Teniendo en cuenta que el valor del campo magnético creado en un punto "p" alrededor de la máquina del transformador es directamente proporcional al valor de la intensidad de corriente eléctrica, se puede concluir que los campos magnéticos más altos serán los creados por los conductores de baja tensión a la salida del transformador, al coincidir en este punto las mayores corrientes de la máquina con la mayor separación entre conductores.

Así pues, en el caso que nos ocupa se tiene que:

- El valor de la corriente en el lado de baja tensión es:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos.\varphi} = 578.03 \text{ A}$$

- La distancia horizontal entre los conductores de fase a la salida del transformador en el lado de baja tensión es de 0,5 m, con una longitud en vertical de 1,0 m hasta discurrir unidas.
- Se calcula el valor del campo magnético en un punto "p" situado a 1 metro de distancia de los conductores de fase a la salida del transformador en el lado de baja tensión, considerando esta una distancia mínima adecuada a la que ninguna persona ajena al centro de transformación puede estar contando con la protecciones instaladas alrededor de la máquina del transformador.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto se tiene que el valor del campo magnético creado en el punto "p" por cada una de las corrientes de fase es:

$$B_{p(R)} = \mu_0 \cdot \frac{I_R}{2 \cdot \pi \cdot d} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{2} = 36,13 \text{ } \mu\text{T}$$

$$B_{p(S)} = -\mu_0 \cdot \frac{I_S}{2 \cdot \pi \cdot d} = -2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{1,5} = -48,17 \text{ } \mu\text{T}$$

$$B_{p(T)} = -\mu_0 \cdot \frac{I_T}{2 \cdot \pi \cdot d} = -2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{1} = -72,25 \text{ } \mu\text{T}$$

con lo que el campo magnético total creado en el punto "p" será:

$$B_p = B_{p(R)} + B_{p(S)} \cdot \cos 60^\circ + B_{p(T)} \cdot \cos 60^\circ = 36,13 - (48,17 \times 0,5) - (72,25 \times 0,5) = -24,08 \text{ } \mu\text{T}$$

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA

Según lo visto anteriormente, se puede concluir que el máximo campo magnético creado en un punto "p" situado a 1 metro de distancia de los conductores de fase a la salida del transformador, es inferior al límite de exposición máximo para el público de $100 \mu\text{T}$ (100.000 nanotesla) para campos electromagnéticos de frecuencia de 50 Hz, establecido por la normativa vigente sobre exposiciones a campos magnéticos en el Real Decreto 1066/2001.

3 PLIEGO DE CONDICIONES.

Valencia, Marzo 2021

Fdo.: Paula Gisbert Garrido
Ingeniero Industrial

3.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES.

Obra civil.

Los materiales empleadas en la ejecución de este Centro cumplirán las Condiciones Generales prescritas en el MIE-RAT 14, Instrucción primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, en lo referente a sus inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, y paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques, señalización, sistemas contra incendios, alumbrados, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.

Aparamenta de AT.

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica, y que utilicen SF6 (hexafluoruro de azufre) para cumplir dos misiones:

- Aislamiento: el aislamiento sumersión del Centro de Transformación por efecto de riadas. Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entradas de agua en el Centro de Transformación.
- Corte: el corte en SF6 resulta más seguro que al aire, debido a lo explicado para el aislamiento.

Igualmente, las celdas empleadas habrán de permitir la extensibilidad in situ del Centro de Transformación, de forma que sea posible añadir mas líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta integral en hexafluoruro de azufre confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual previamente existente en el Centro.

Sé emplearán celdas del tipo modular, de forma que en caso de avería sea posible retirar únicamente la celda dañada, sin necesidad de desaprovechar el resto de las funciones.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación externa. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

Transformadores.

El transformador o transformadores instalados en este Centro de Transformación serán trifásico, con neutro accesible en el secundario y demás características según lo indicado en la memoria en los apartados correspondientes a potencia, tensiones primarias y secundarias, regulación en el primario, grupo de conexión, tensión de cortocircuito y protecciones propias del transformador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cables ni otras aberturas al resto del Centro de Transformación, si estos son de maniobra interior (tipo caseta).

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire este, situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo, y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

Equipos de medida.

Este Centro incorpora los dispositivos necesarios para la medida de energía al ser de abonado, por lo que se instalarán en el Centro los equipos con las características correspondientes al tipo de medida prescrito por la compañía suministradora.

Los equipos empleados corresponderán exactamente con las características indicadas en la Memoria, tanto para los equipos montados en la celda de medida (transformadores de tensión e intensidad) como para los montados en la caja de contadores (contadores, regleta de verificación, ...).

3.2 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES.

Todos los materiales, aparatos, m quinas y conjuntos integrados en los circuitos de la instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Industria y Energía.

Por lo tanto, la instalación se ajustará a los planos, materiales y calidades de dicho proyecto, salva orden facultativa en contra.

3.3 PRUEBAS REGLAMENTARIAS.

Las pruebas y ensayos a que serán sometidas las celdas una vez terminada su fabricación serán las siguientes:

- Prueba de operación mecánica
- Prueba de dispositivos auxiliares, hidráulicos, neumáticos y eléctricos
 - o Verificación de cableado

- Ensayo a frecuencia industrial
- Ensayo dieléctrico de circuitos auxiliares y de control
 - Ensayo a onda de choque 1,2/50 milisegundos
 - Verificación del grado de protección

3.4 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD. INSTRUCCIONES DE PUESTA EN MARCHA Y PARADA.

El Centro de Transformación deber estar siempre perfectamente cerrado, de forma que impida el acceso de las personas ajenas al servicio.

La anchura de los pasillos debe observar el Reglamento de Alta Tensión (MIE-RAT 14, apartado 5.1), e igualmente, debe permitir la extracción total de cualquiera de las celdas instaladas, siendo por lo tanto la anchura útil del pasillo superior al mayor de los fondos de esas celdas.

En el interior del Centro de Transformación no se podrán almacenar ningún elemento que no pertenezca a la propia instalación.

Toda la instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada y deben disponerse las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interrupción, maniobras incorrectas y contactos accidentales con los elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidente.

Para la realización de las maniobras oportunas en el Centro de Transformación sé utilizar banquillo, palanca de accionamiento, guantes, etc. , y deber n estar siempre en perfecto estado de uso, lo que sé comprobar periódicamente.

Sé colocarán las instrucciones sobre los primeros auxilios que deben prestarse en caso de accidente en un lugar perfectamente visible.

Cada grupo de celdas llevará una placa de características con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante
- Tipo de aparamenta y número de fabricación
- Año de fabricación
- Tensión nominal
- Intensidad nominal
- Intensidad nominal de corta duración
- Frecuencia nominal

Junto al accionamiento de la aparamenta de las celdas, se incorporarán de forma gráfica y clara las marcas e indicaciones necesarias para la correcta manipulación de dicha aparamenta. Igualmente, si la celda contiene SF6 bien sea para el corte o para el aislamiento, debe dotarse con un manómetro para la comprobación de la correcta presión de gas antes de realizar la maniobra.

PROYECTO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA

Antes de la puesta en servicio en carga del Centro de Transformación, se realizará una puesta en servicio en vacío para la comprobación del correcto funcionamiento de las máquinas.

Se realizarán unas comprobaciones de las resistencias de aislamiento y de tierra de los diferentes componentes de la instalación eléctrica.

Puesta en servicio

El personal encargado de realizar las maniobras, estar debidamente autorizado y adiestrado.

Las maniobras se realizarán con el siguiente orden: primero se conectará el Interruptor/Seccionador de entrada, si lo hubiere, y a continuación la aparamenta de conexión siguiente, hasta llegar al transformador, con lo cual tendremos al transformador trabajando en vacío para hacer las comprobaciones oportunas.

Una vez realizadas las maniobras de Alta Tensión, procederemos a conectar la red de Baja Tensión.

Separación de servicio

Estas maniobras se ejecutarán en sentido inverso a las realizadas en la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté, conectado el Seccionador de puesta a tierra.

Mantenimiento

Para dicho mantenimiento se tomarán las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

Este mantenimiento consistir en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuesen necesario.

Las celdas empleadas en la instalación, no necesitan mantenimiento interior, al estar aislada su aparamenta interior en gas SF6, evitando de esta forma el deterioro de los circuitos principales de la instalación.

3.5 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN.

Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos competentes, como mínimo los documentos indicados a continuación:

- Autorización administrativa de la obra.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.
- Certificado de fin de obra.
- Contrato de mantenimiento.

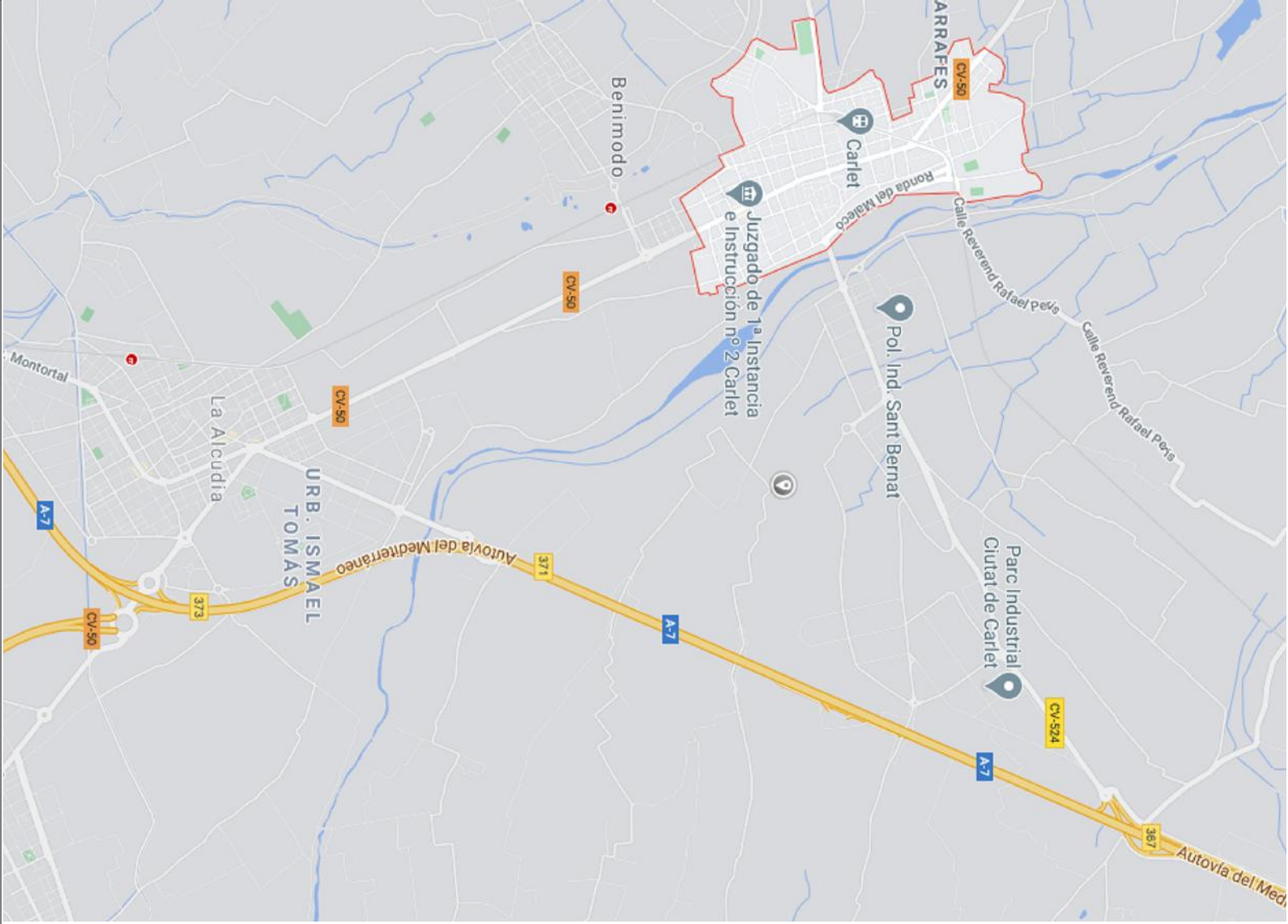
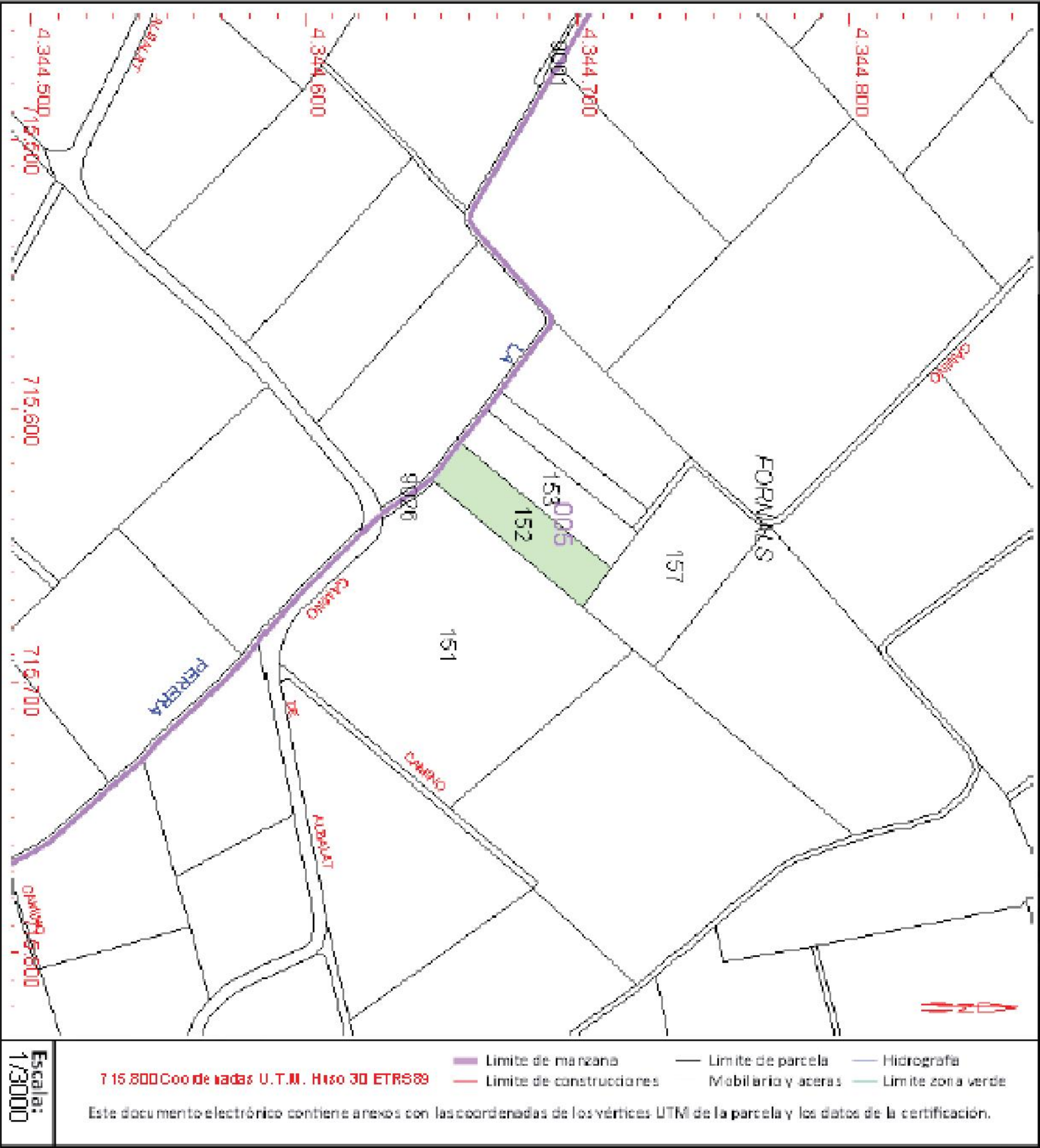
3.6 LIBRO DE ÓRDENES.

Se dispondrá en este Centro de Transformación de un libro de órdenes, en el que se registrarán todas las incidencias surgidas durante la vida útil del citado Centro, incluyendo cada visita, revisión,

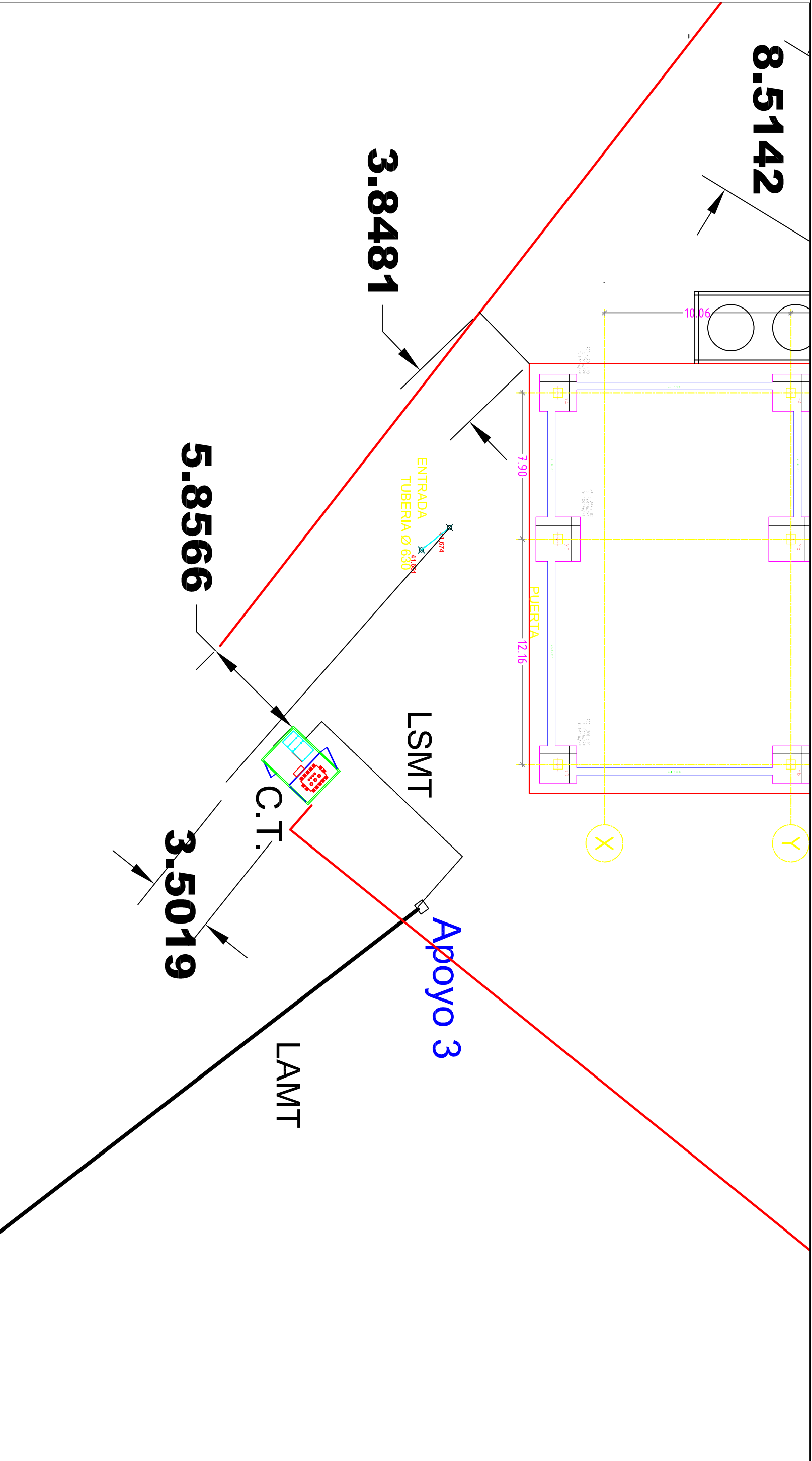
5 PLANOS.

Valencia, Marzo 2021

Fdo.: Paula Gisbert Garrido
Ingeniero Industrial



PROYECTO : CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO 400 kVA. "CABEZAL ALBALAT"	
TITULAR : EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN AGRARIA, S.A. S.M.E. M.P. (TRAGSA)	
PLANO : SITUACIÓN	ESCALA : 1/10000 1/3000
EMPLAZAMIENTO	PLANO Nº: 1
SITUACION : POLICONO 5, PARCELA 152 46240 – CARLET (Valencia)	
FECHA : MARZO 2021	
Paula Gisbert Garrido Ingeniera Industrial Colegiada nº 4148 COIICV	



PROYECTO DE : CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO
400 KVA "CABEZAL ALBALAT"

TITULAR : EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN AGRARIA, S.A. S.M.E. M.P. (TRAGSA)

PLANO DE : PLANTA

Paula Garrido Gisbert
Ingeniera Industrial
Colegiada nº 4148 COIICV

ESCALA :

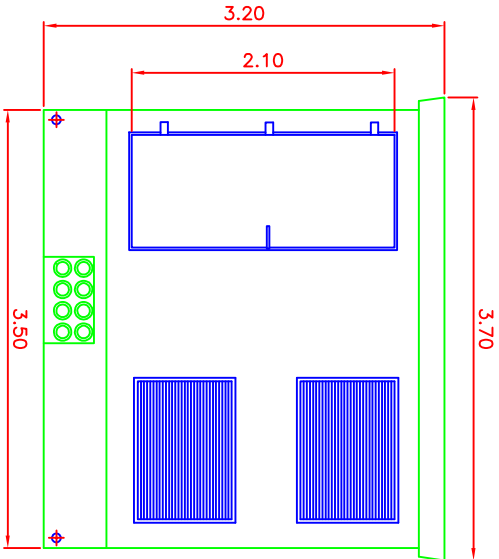
N.P.

Nº DE PLANO :

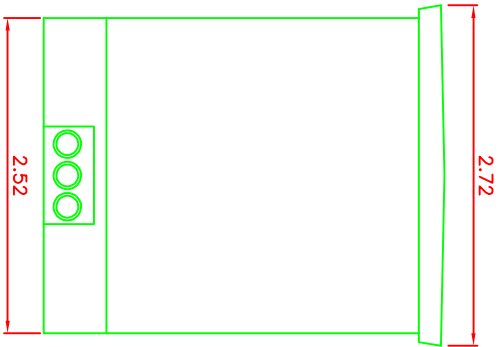
FECHA : MARZO 2021

SITUACION : POLIGONO 5, PARCELA 152 46240 - CARLET (Valencia)

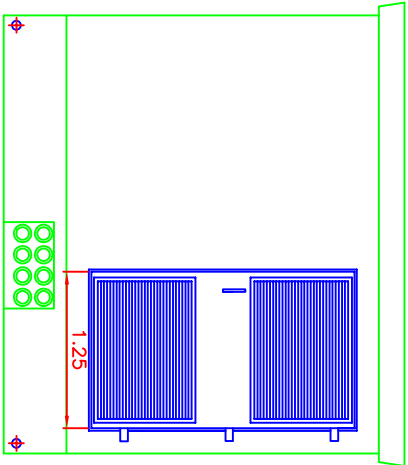
2



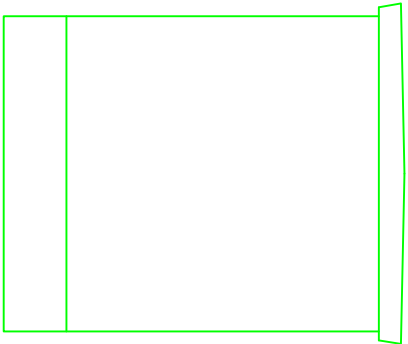
ALZADO PRINCIPAL



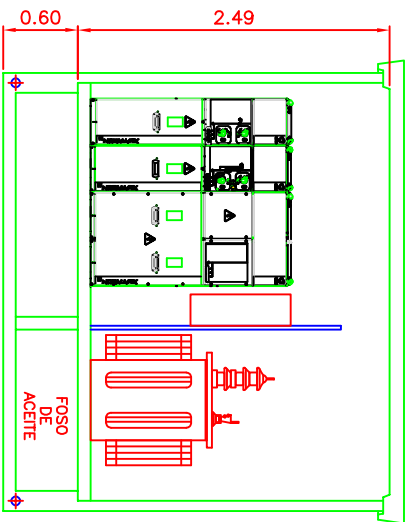
PERFIL IZQUIERDO



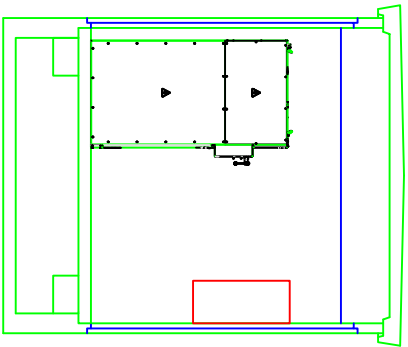
ALZADO POSTERIOR



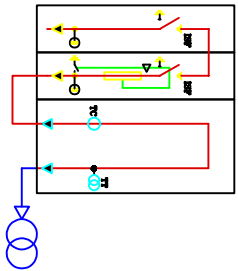
PERFIL DERECHO



SECCION LONGITUDINAL

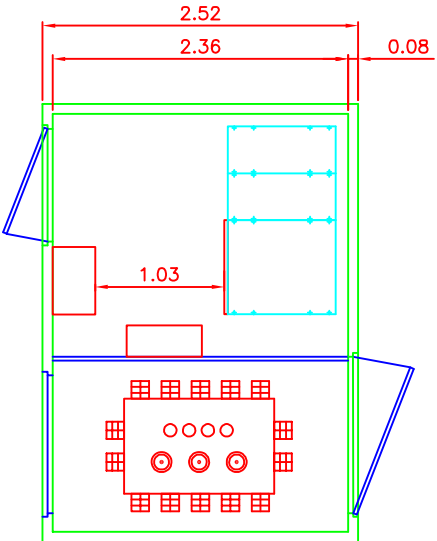


SECCION LATERAL



ESQUEMA UNIFILAR

EXCAVACION
LA EXCAVACION SERA DE 4.5 MTS. DE LARGO,
3.5 MTS. DE ANCHO Y 0.5 DE FONDO, CON
LECHO DE ARENA NIVELADA DE 0.1 MTS.



PLANTA DE DISTRIBUCION

Paula Gando Gisbert Ingeniera Industrial Colegiada nº 4148 COIICV		PROYECTO DE: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE ABONADO 400 KVA "CABEZAL ALBALAT"
TITULAR: EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN AGRARIA, S.A. S.M.E. M.P. (TRAGSA)		PLANO DE: DETALLES CT
FECHA: MARZO 2021		SITUACION: POLIGONO 5, PARCELA 152 46240 - CARLET (Valencia)
Nº DE PLANO: 3		ESCALA: N.P.