

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO FIN DE CARRERA:
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE
RESIDUOS FÉRRICOS.

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL:
ELECTRICIDAD

AUTOR: Ángel Valero Cuenca

DIRECTOR: Departamento de Ingeniería Eléctrica

TUTOR: Jorge Martínez Crespo

Leganés, 16 de febrero de 2009



Índice general.

1	DEFINICIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	1
1.1	ESTRUCTURA DEL PROYECTO	2
2	MEMORIA DESCRIPTIVA.....	4
2.1	INTRODUCCIÓN.....	4
2.2	MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN.....	6
2.2.1	Descripción de la instalación.....	6
2.2.2	Características del conductor.....	6
2.2.3	Intensidades admisibles	7
2.2.4	Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores	8
2.2.5	Intensidades de cortocircuito admisibles en las pantallas	10
2.2.6	Canalizaciones	11
2.2.7	Accesorios	13
2.2.8	Terminales	13
2.2.9	Protecciones.....	14
2.3	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN COMPACTO	19
2.3.1	Descripción del Centro de Transformación.....	19
2.3.2	Características.....	19
2.3.3	Diseño.....	21
2.3.4	Estructura.....	21
2.3.5	Instalación eléctrica de alumbrado	24
2.3.6	Puerta, rejillas y cerradura	25
2.3.7	Ventilación	25



2.3.8	Acceso para cables	25
2.3.9	Características medioambientales: Acústica	26
2.3.10	Marcas	26
2.3.11	Transformador de potencia.....	27
2.3.12	Protecciones.....	29
2.3.13	Interconexión transformador cuadro BT.	32
2.3.14	Puesta a tierra.....	33
2.3.15	Protección contra incendios.....	34
2.4	MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN.....	35
2.4.1	Trazado	35
2.5	ORGANISMOS AFECTADOS	35
2.6	CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.	35
2.6.1	Acometidas	38
2.6.2	Conductores.....	38
2.6.3	Secciones de baja tensión.	40
2.6.4	Protecciones de la instalación.....	44
2.6.5	Terminales	52
2.6.6	Accesorios	52
2.6.7	Canalizaciones.....	52
2.6.8	Utilización de arrancadores.	53
3	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	57
3.1	CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN .	57
3.1.1	Cálculo de la sección del conductor	57
3.1.2	Intensidad máxima.....	60



3.1.3	Caída de tensión	60
3.1.4	Intensidad de cortocircuito	61
3.2	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	61
3.2.1	Intensidad de alta tensión	61
3.2.2	Intensidad de baja tensión	62
3.2.3	Cortocircuitos	62
3.2.4	Dimensionado del embarrado	63
3.2.5	Comprobación por densidad de corriente	63
3.2.6	Comprobación por sollicitación dinámica	63
3.2.7	Comprobación por sollicitación térmica	64
3.3	CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE ALTA TENSIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	64
3.3.1	Fusibles	64
3.3.2	Interruptor Alta Tensión	65
3.4	CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN	66
3.4.1	Determinación de la sección	66
3.4.2	Protecciones	74
3.5	CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.....	77
3.5.1	Características del suelo	77
3.5.2	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto	77
3.5.3	Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra	77
3.5.4	Cálculo de la resistencia de puesta a tierra	78
3.5.5	Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación	81
3.5.6	Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación	82



3.5.7	Cálculo de las tensiones aplicadas.....	83
3.5.8	Tensiones transferibles al exterior.....	84
3.5.9	Corrección y ajustes del diseño inicial.....	85
4	ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	86
4.1	RIESGOS Y PREVENCIÓN EN TRABAJOS DE MONTAJE ELEMENTOS ELÉCTRICOS.....	86
4.1.1	Riesgos más frecuentes.....	86
4.1.2	Medidas de prevención.....	86
4.2	MEDIDAS DE PROTECCIÓN	90
4.2.1	Protecciones personales.....	90
4.3	INSTALACIONES PROVISIONALES DE ELECTRICIDAD PARA LA OBRA	91
4.4	RIESGOS MÁS FRECUENTES	92
5	PLIEGO CONDICIONES.....	94
5.1	OBRA CIVIL.....	94
5.2	CELDAS METÁLICAS	94
5.3	TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	94
5.4	CONDUCTORES.....	95
5.5	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO DE B. T. .	95
5.6	PRUEBAS REGLAMENTARIAS	95
5.7	PRUEBA DE OPERACIÓN MECÁNICA.....	95
5.7.1	Pruebas de dispositivos auxiliares eléctricos.....	95
5.8	CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO DE SEGURIDAD....	96
5.8.1	Puesta en servicio.....	97
5.8.2	Separación de servicio.....	97



5.8.3	Mantenimiento.....	97
5.9	CERTIFICADOS Y DOCUMENTACION	98
5.10	NORMAS DE EJECUCION DE LAS INSTALACIONES	98
6	PRESUPUESTO.....	99
7	PLANOS.....	102
8	CONCLUSIÓN	112
9	BIBLIOGRAFÍA.....	113
9.1	NORMATIVA ELÉCTRICA.	113
9.2	NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD.	115



Índice de tablas.

Tabla 1. Características eléctricas del conductor.....	7
Tabla 2. Temperatura máxima del aislante.	7
Tabla 3. Intensidad máxima admisible en amperios, en servicio permanente y corriente alterna de los cables con conductores de aluminio con aislamiento seco (HERPZ).....	8
Tabla 4. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores, en kA, (incremento temperatura 160°C).	9
Tabla 5. Intensidad admisible por la pantalla del conductor en función del tiempo de cortocircuito en kA.....	10
Tabla 6. Características de la celda de distribución.	16
Tabla 7. Características mínimas del interruptor automático.	17
Tabla 8. Características del transformador monofásico para medida de tensión.	18
Tabla 9. Característica centro de transformación compacto Areva.	27
Tabla 10. Características de las tomas del transformador.....	28
Tabla 11. Resumen protección en A.T del transformador mediante fusible.	30
Tabla 12. Resumen protección en A.T del transformador mediante interruptor magnetotérmico.....	30
Tabla 13. Resumen protección en B.T. del transformador mediante interruptor magnetotérmico.....	31
Tabla 14. Resumen derivaciones trifásicas.	35
Tabla 15. Resumen derivaciones monofásicas.	36



Tabla 16. Tipos de instalaciones en función de su trazado.....	38
Tabla 17. Secciones en derivaciones trifásicas.	42
Tabla 18. Secciones en derivaciones monofásicas.....	43
Tabla 19. Resumen protecciones de sobreintensidad en B.T.....	45
Tabla 20. Resumen protecciones diferenciales en B.T.	49
Tabla 21. Intensidades de arranque de motores de corriente alterna.	54
Tabla 22. Tipos de variadores de frecuencia.....	55
Tabla 23. Variación Potencia Aparente en función simultaneidad.....	57
Tabla 24. Sección en función de la intensidad admisible por el conductor.	59
Tabla 25. Sección en función de la potencia de cortocircuito.	59
Tabla 26. Resumen cálculo protección mediante fusible en A.T.	65
Tabla 27. Resumen cálculo protección mediante magnetotérmico A.T.	65
Tabla 28. Resumen cálculo secciones trifásicas.	68
Tabla 29. Resumen cálculo secciones monofásicas.....	71
Tabla 30. Resumen cálculo protecciones en función de las condiciones de la instalación.....	74
Tabla 31. Resumen cálculo variadores de frecuencia.....	75
Tabla 32. Distancias límite en las zonas de trabajo.	87



Índice de figuras.

Fig.1. Conductor HERPZ-1 AL 240mm ² y pantalla de 16 mm ²	7
Fig.2. Intensidad admisible por el conductor en función del tiempo de cortocircuito.	9
Fig.3. Intensidad admisible por la patalla del conductor en función del tiempo de cortocircuito.....	10
Fig.4. Celda situada en subestación distribución.	16
Fig.5. Interruptor magnetotérmico A.T.....	17
Fig.6. Seccionador de puesta a tierra.	17
Fig.7. Transformador monofásico para medida de tensión.....	18
Fig.8. Transformador monofásico para medida de intensidad.....	18
Fig.9. Aspecto del centro de transformación.	20
Fig.10. Cuerpo y techo del edificio del Centro de Transformación.	21
Fig.11. Bastidor del edificio del Centro de Transformación.	22
Fig.12. Celda del Centro Transformación con protecciones.....	29
Fig.13. Celda del Centro Transformación con protecciones.....	30
Fig.14. Interruptor A.T incluido en la celda del Centro de Transformación.	31
Fig.15. Relación entre maniobras realizadas e intensidad admisible en asociación interruptor y fusible ultrarrápido.	31
Fig.16. Interruptor Baja Tensión.	32
Fig.17: Cable RV 0,6/1kV	32
Fig.18. Cable RV 0,6/1kV derivaciones trifásicas y monofásicas.....	39



Fig.19. Guardamotor + contactor e Interruptor magnetotérmico.....	44
Fig.20. Interruptro diferencial.....	49
Fig.21. Arrancador Telemecanique.....	55



1 DEFINICIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

En el presente proyecto se diseñan y calculan las instalaciones eléctricas de una acometida de alta tensión, centro de transformación e instalación de baja tensión para el desarrollo de una planta de tratamiento de residuos férricos en ArcelorMittal Madrid S.L.

Según los objetivos medioambientales del Grupo ArcelorMittal, los residuos generados por la actividad de la empresa deben reducirse al mínimo, mejorando el rendimiento y el aprovechamiento de las materias primas necesarias para la producción del acero y de esta forma conseguir una mejor valorización de los residuos.

Por otra parte, la gestión de la eliminación de estos residuos generados en los procesos de producción de acero (escorias) resulta muy costosa y complicada siendo realizados por un agente exterior a la empresa.

El equipo de ingenieros de I+D+i ha realizado un estudio sobre el tratamiento de residuos férricos obteniendo como conclusión la necesidad de llevar a cabo una Planta de Tratamiento de Residuos Férricos.

La principal ventaja que justifica esta instalación es obtener a partir de los residuos férricos, otros subproductos no férricos utilizables en otras actividades tales como jardinería, asfaltado, fabricación de cementos, etc. generando un valor añadido a la actividad de la empresa.

El funcionamiento de la planta consiste en verter en un silo las escorias generadas durante la producción del acero. En función del tipo de escoria, blanca o negra, se siguen dos procesos diferentes.

Las escorias negras se hacen pasar por un molino que reduce el tamaño del grano. A continuación pasan por un primer separador electromagnético que separa de ellas la parte férrica. Estos compuestos férricos se vuelven a introducir en la producción de acero reduciendo los costes de la misma.

La parte restante de las escorias continúa el proceso pasando por diferentes molinos y separando éstas en función de su granulometría. Para evitar la



presencia de materiales férricos en las escorias se vuelven a pasar por otro separador electromagnético.

Finalmente, mediante el control del tamaño del grano, se distribuyen por distintas cintas transportadoras acumulándose en diferentes silos.

Por el contrario, la escoria blanca no necesita ser molida ya que en el proceso de producción se transforma en polvo. Su proceso consiste en pasar las etapas de separación electromagnética y finalmente mediante un sistema de cangilones y cintas elevadoras, ser depositada en un silo.

El funcionamiento de los molinos, cintas transportadoras, separadores electromagnéticos y el elevador de cangilones se realizan mediante motores de corriente alterna.

En el plano 00-00-01 se muestra una vista en planta de la instalación.

El proyecto tiene por objeto el estudio eléctrico de la instalación de alta tensión, centro de transformación y de la instalación de baja tensión para el correcto dimensionamiento de la instalación desarrollando los conocimientos obtenidos durante el estudio de Ingeniería Técnica Industrial en Electricidad.

1.1 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El proyecto se estructura en nueve capítulos cuyos contenidos se detallan a continuación. Estos capítulos son los necesarios para el estudio y análisis de forma detallada de la instalación.

CAPÍTULO 1: Definición y objetivos del proyecto

En este capítulo se realiza una introducción explicando el funcionamiento de la planta de Residuos Férricos, así como las partes de la instalación eléctrica que se van a estudiar.

CAPÍTULO 2: Memoria descriptiva

En este capítulo se explica el contenido del proyecto, así como el funcionamiento de la instalación, los equipos y los sistemas.



CAPÍTULO 3: Cálculos justificativos

En este capítulo se realizarán los cálculos necesarios para justificar el diseño de las diferentes instalaciones.

CAPÍTULO 4: Estudio de seguridad y salud.

En este capítulo se detallan las Normas de Seguridad y Salud mínimas a seguir y tener en cuenta durante la realización de proyecto.

CAPÍTULO 5: Pliego de condiciones

En este capítulo se detallan las características técnicas de la instalación y de los materiales, así como sus detalles constructivos y de montaje.

CAPÍTULO 6: Presupuesto

En este capítulo se detalla el valor de las distintas unidades del proyecto así como el valor total de la obra.

CAPÍTULO 7: Planos

En este capítulo se detallan los planos que describen la instalación, esquemas unificares y detalles constructivos del centro de transformación.

CAPÍTULO 8: Conclusión

En este capítulo se detallan los resultados obtenidos durante el estudio de la instalación.

CAPÍTULO 9: Bibliografía

Resumen de la normativa utilizada.



2 MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1 INTRODUCCIÓN.

El presente proyecto tiene por objeto la descripción detallada del Centro de Tratamiento de Residuos Férricos mediante bases, cálculos justificativos, valoración y planos que reflejen la obra a realizar y las características de la instalación.

El objetivo final es la realización del Proyecto Final de Carrera con el propósito de desarrollar los conocimientos adquiridos durante el estudio de la Ingeniería Técnica Industrial en Electricidad.

La empresa ArcelorMittal Madrid,S.L. propone una nueva instalación para el tratamiento de residuos y, siguiendo con la filosofía de separar las distintas actividades dentro de la empresa, tiene la necesidad de instalar un Centro de Transformación de 400kVA, conectándolo a su propia subestación de distribución de 15kV.

Para la acometida de alta tensión del nuevo Centro de Transformación proyectado, se pretende alimentar desde el punto de enroque de la subestación de distribución de 15kV, hasta el Centro de Transformación mediante líneas subterráneas de alta tensión (15kV) con cable HEPRZ-1 12/20kV de sección $3 \times 240 + 1 \times 150 \text{mm}^2$ Al, canalizado bajo tubo.

Las características del conductor en cuanto al material conductor y aislamiento se han escogido para unificar con el resto de las instalaciones de la planta y de esta manera reducir los costes de la instalación.

La canalización se realiza entubada ya que la línea discurre por unas arquetas ya existentes previstas para posibles ampliaciones de la instalación.

La disposición de las arquetas se muestra en el plano 00-00-02.

Para la red de distribución de baja tensión se utilizará cable RV 0,6/1kV con material conductor Cu, variando su sección dependiendo de cada una de las instalaciones a alimentar.



Las características del conductor se han escogido para unificar con el resto de las instalaciones de la planta y de esta manera reducir los costes de la instalación.

Al tratarse de una instalación industrial con motores de media y alta potencia, se instalarán arrancadores estáticos y variadores de frecuencia para limitar su intensidad en arranque y, de esta forma, no provocar efectos negativos sobre la red de distribución.

No se instalan bancos de condensadores en la propia instalación, ya que en la subestación de distribución de 15kV, existen éstos y regulan el factor de potencia de la instalación aguas arriba.

La actividad para la que se realiza este proyecto es el tratamiento de parte de los residuos férricos de dicha planta. La actividad está clasificada dentro de un riesgo medio debido a las características de la instalación y al estar situado en un lugar apartado de residuos peligrosos.

El Centro de Transformación se situará a la intemperie dentro las instalaciones de ArcelorMittal, S.L siendo de tipo compacto.

Las instalaciones eléctricas proyectadas son:

- Acometida A.T
- Centro de Transformación
- Cuadro de Distribución de BT
- Instalación de BT

La empresa suministradora de energía eléctrica de la zona es IBERDROLA, S.A.

La tensión de suministro será 15kV y la frecuencia de la red es de 50Hz.



2.2 MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN.

2.2.1 Descripción de la instalación

La acometida al Centro de Tratamiento de Escoria parte del punto de enroque, situado en la subestación de distribución de 15 kV, la cual está ubicada dentro de las propias instalaciones de ArcelorMittal Madrid, S.L. Dicho punto se caracteriza por tener una tensión de suministro de 15000V y 50Hz de frecuencia.

La red subterránea de alta tensión se realizará mediante una nueva línea subterránea de alta tensión que acometerá desde el punto de enroque hasta el Centro de Transformación. Dicha línea será del tipo HEPRZ-1 12/20 kV de sección 3X (1x240) mm² Al, canalizada bajo tubo.

El recorrido de la línea de alta tensión se muestra en el capítulo de planos adjuntos en el plano 00-00-02.

La longitud de la red será de 400 m.

2.2.2 Características del conductor

Se utilizarán únicamente cables de aislamiento de dieléctrico seco según **NI 56.43.01¹** .” **Cables unipolares con aislamiento seco de etileno propileno de alto módulo y cubierta de poliolefina (HEPRZ1) para redes de AT hasta 30 kV**” con las siguientes características:

- Conductor: Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE 21-022.
- Pantalla sobre el conductor: Capa de mezcla semiconductora aplicada por extrusión.
- Aislamiento: Mezcla a base de etileno propileno de alto módulo (HEPRZ).

¹ NI: Normativa Iberdrola. El proyecto debe ajustarse a normativa Iberdrola ya que la subestación de reparto de Iberdrola se encuentra dentro de la instalación de ArcelorMittal Madrid.S.L.



- Pantalla sobre el aislamiento: Una capa de mezcla semiconductora pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contraespira de cobre.
- Cubierta: Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes.
- Tipo seleccionado: HERPZ-1 AL 240mm² Pantalla de 16 mm².

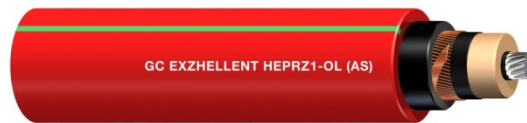


Fig.1. Conductor HERPZ-1 AL 240mm² y pantalla de 16 mm²

Tabla 1. Características eléctricas del conductor.

Sección mm ²	Tensión nominal en kV	Resistencia máxima a 105° Ω/Km	Reactancia por fase Ω/km	Capacidad μF/Km.
240	12/20	0,169	0,105	0,453

2.2.3 Intensidades admisibles

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 y químicas.

Para el tipo de cable seleccionado estas temperaturas son:

Tabla 2. Temperatura máxima del aislante.

Tipo de aislamiento	Tipo de condiciones	
	Servicio permanente	Cortocircuito t<5s
Etileno propileno de alto modulo (HEPRZ)	105 °C	>250 °C



Las condiciones de la instalación influyen en las intensidades máximas admisibles.

Condiciones tipo de la instalación:

- Instalación enterrada bajo tubo a un metro de profundidad.
- Cables con aislamiento seco
- Resistividad del terreno 1k.m/W
- Temperatura media del terreno 25 °C

Tabla 3. Intensidad máxima admisible en amperios, en servicio permanente y corriente alterna de los cables con conductores de aluminio con aislamiento seco (HERPZ).

Tensión nominal	Sección nominal de los conductores	Intensidad
kV	mm ²	A (3 conductores unipolares)
12/20kV	240	320

2.2.4 Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores

En la tabla que aparece a continuación se indica la intensidad máxima admisible de cortocircuito en los conductores en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

Estas intensidades se han calculado partiendo de la temperatura máxima de servicio de 105 °C y como temperatura final, la de cortocircuito <250 °C. La diferencia entre ambas temperaturas es $\Delta\Phi$. 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:

$$\frac{i}{s} = \frac{k}{\sqrt{t}} \quad [2.1]$$



Donde:

- I= corriente cortocircuito en amperios
- S= sección del conductor en mm²
- K= coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas de inicio y final del cortocircuito
- T= duración del cortocircuito en segundos.

Si se desea conocer la intensidad máxima de cortocircuito para un valor de t distinto de los tabulados, se aplica la fórmula anterior. K coincide con el valor de intensidad tabulado para t=1s. Si, por otro lado, se desea conocer la densidad de corriente de cortocircuito correspondiente a un incremento de temperatura distinto del tabulado $\Delta\Phi.=160^{\circ}\text{C}$, basta con multiplicar los valores de la tabla por el factor de corrección, que se calcula de la siguiente forma:

$$F = \sqrt{\Delta\Phi' - \Delta\Phi} \quad [2.2]$$

Tabla 4. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores, en kA, (incremento temperatura 160°C).

Tipo aislamiento	Tensión en kV	Sección en mm ²	Duración del cortocircuito en segundos								
			0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
HERPZ	12/20	240	71,5	51,1	41,2	31,9	22,5	18,4	15,8	14,1	12,9

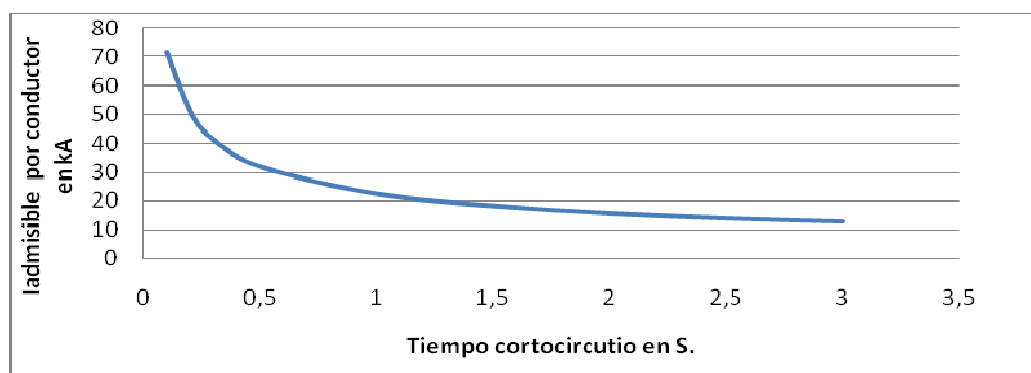


Fig.2. Intensidad admisible por el conductor en función del tiempo de cortocircuito.



2.2.5 Intensidades de cortocircuito admisibles en las pantallas

En la tabla inferior se indican a título informativo, las intensidades de cortocircuito admisibles en las pantallas del conductor en función del tiempo de cortocircuito.

Los datos de la tabla son válidos para un cable con las siguientes características:

- Pantalla de hilos de cobre de 0,75 mm de diámetro colocada sobre la capa conductora exterior.
- Cubierta exterior poliolefina (Z1).
- Temperatura inicial de la pantalla: 70°C.
- Temperatura final de la pantalla: 180°C.

El cálculo se ha realizado según norma UNE 21-192.

Tabla 5. Intensidad admisible por la pantalla del conductor en función del tiempo de cortocircuito en kA.

Sección pantalla mm ²	Duración del cortocircuito en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
16	7.750	5.640	4.705	3.775	2.845	2.440	2.200	2.035	1.920

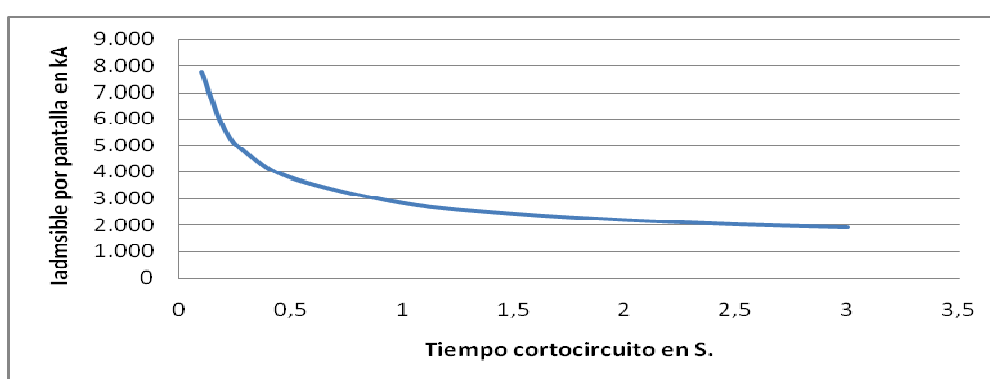


Fig.3. Intensidad admisible por la patalla del conductor en función del tiempo de cortocircutio.



2.2.6 Canalizaciones

Las canalizaciones se ejecutarán de acuerdo con la normativa **NI MT” Proyecto tipo de líneas subterráneas hasta 20kV”**.

Los tubos irán enterrados a 80 cm. de profundidad como mínimo y una anchura mínima de 35 cm., aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar de forma que, en todo momento la profundidad mínima de la terna más próxima a la superficie del suelo, sea de 60 cm.

El relleno se realizará con tierra procedente de la zanja si reúne las condiciones exigidas por las normas y ordenanzas municipales. Si no es así, se empleará arena de río para cumplir con los requisitos de compactación pertinente.

El radio mínimo de curvatura del cable, tiene que ser como mínimo 15D, siendo D el diámetro del cable.

Cruzamiento:

A continuación se fijan para cada uno de los casos indicados, las condiciones que deben cumplir los cruzamientos de cables subterráneos.

Con calles, caminos y carreteras: en los cruces con la calzada, carreteras, caminos, etc., deberán seguirse las instrucciones fijadas en el apartado para canalizaciones entubadas. Los tubos irán a una profundidad mínima de 0,80 m y siempre que sea posible se hará perpendicular al eje del vial.

El número mínimo será de tres y, en el caso de varias líneas, será preciso disponer de un tubo de reserva.

Con otras canalizaciones eléctricas:

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica será de 0,25m. Cuando no pueda respetarse esta distancia, el cable que se tienda en último lugar se separará mediante tubo o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica.

Con cables de telecomunicación:

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicaciones será de 0,25 m. En el caso de que no se pueda respetar la



distancia, la instalación que se tienda en último lugar, se separará mediante tubos, conductos o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica.

Con canalizaciones de agua y gas:

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y la canalización de agua y gas será de 0,25 m. Cuando no se pueda respetar la distancia, la instalación que se tienda en último lugar, se separará mediante tubos, conductos o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas o los empalmes de la canalización eléctrica situando unas y otros, a una distancia superior a 1 m del punto de cruce.

Paralelismo:

Los cables subterráneos, cualquiera que sea su forma de instalación, deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indica a continuación y se procurará evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

Con otros conductores de energía eléctrica:

Los cables de alta tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia no inferior a 0,25 m.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidas por materiales incombustibles de adecuada resistencia.

Con canalizaciones de agua y gas:

Se mantendrá una distancia mínima de 0,25 m, con excepción de canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar) en la que la distancia será de 1 m. Cuando no puedan respetarse las distancias, se tomarán las siguientes medidas complementarias:



- Se recubrirá la canalización de gas de alta presión con manta de roca e interponiendo una placa de acero entre la canalización de gas y los conductores eléctricos.
- Si la canalización es de media o baja presión, la separación se hará mediante una placa de plástico.
- Si las tuberías de gas son de acero, se dotará a la misma de doble recubrimiento de manta de roca.

2.2.7 Accesorios

Los empalmes, terminales y derivaciones se elegirán de acuerdo a la naturaleza, composición y sección de los cables y no deberá aumentar la resistencia eléctrica de éstos.

Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales.

Las características de los accesorios serán las establecidas en la **Norma NI.56.88.02.” Accesorios para cables subterráneos de tensiones asignadas de 12/20 (24) kV hasta 18/30 (36) kV. Cables con aislamiento seco”**

Los empalmes y terminados se realizarán siguiendo el MT.NEDIS correspondiente cuando exista o, en su defecto, las instrucciones de montaje dadas por el fabricante.

2.2.8 Terminales

El conexionado de los cables con los embarrados del transformador, se realizará por compresión tipo punzonado profundo, mediante la colocación en los extremos de los conductores de terminales bimetálicos con pala de cobre electrolítico y manguito de aluminio.



2.2.9 Protecciones

Protecciones contra sobreintensidades:

Los conductores estarán debidamente protegidos contra los efectos térmicos y electrodinámicos que puedan originarse debido a las sobreintensidades que se produzcan en la instalación.

Para la protección contra sobreintensidades, se utilizarán interruptores automáticos colocados al inicio de las instalaciones que alimenten los cables subterráneos. Las características de funcionamiento de dichos elementos de protección corresponderán a las exigencias que presente el conjunto de la instalación de la que forme parte el cable subterráneo, teniendo en cuenta las limitaciones de éste.

Protecciones contra sobreintensidades de cortocircuito:

La protección contra cortocircuitos por medio de interruptores automáticos se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por el conductor durante el cortocircuito, no dañe el cable.

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles para los conductores y las pantallas correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos, será las indicadas en la **Norma UNE 20-435**. Podrán admitirse intensidades de cortocircuito mayores a las indicadas en aquellos casos en que el fabricante del conductor aporte documentación justificativa correspondiente.

Protecciones contra sobretensiones:

Las instalaciones eléctricas deberán protegerse contra las sobretensiones peligrosas tanto de origen interno como de origen atmosférico cuando la importancia de la instalación, el valor de las sobretensiones y su frecuencia de ocurrencia, así lo aconsejen.



Para ello se, utilizarán como regla general, pararrayos autoválvulas de resistencia variable. Los bornes de tierra de estas autoválvulas se unirán a la toma de tierra de acuerdo con lo establecido en la RAT13.

La protección anteriormente citada podrá también encomendar a explosores, según las condiciones de explotación de la red, excepto en los casos siguientes:

- a. En los sistemas con neutro a tierra con intensidades defecto I_d en A, tales que con la resistencia a tierra R_M en omega de las masas, se cumpla que $I_d \cdot R_m \geq 5000V$.
- b. En lugares de altitud superior a 1000 m o en instalaciones conectadas a una línea de alta tensión que discorra por cotas superiores a 1000 m y las distancias de la instalación menores a 3 km.
- c. En zonas expuestas a frecuentes descargas atmosféricas clasificadas en el plano nº 1 con índice de frecuencia de tormentas "muy elevado" o "elevado".

Elección de protecciones:

En el apartado de cálculos se justifica las siguientes características de la acometida de AT:

- Tensión nominal= 15kV
- Tensión más elevada= 17,5kV
- Intensidad nominal= 15,4 A
- Poder de corte= 19,25 kA

Las características que debe cumplir la aparamenta de alta tensión son:

- Celda de distribución.

Tabla 6. Características de la celda de distribución.

CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DE LA CELDA	
Tensión asignada	17.5Kv
Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto	38Kv
Tensión soportada a impulso tipo rayo	95Kv
Intensidad nominal de paso circuito principal	630 A
Intensidad nominal admisible de corta duración:1 seg.	16kA eficaces
Valor de cresta de la intensidad nominal admisible	40 KA eficaces
Grado de protección IP ante penetración de cuerpos sólidos	IP3XC
Grado de protección de la cuba ante la protección del agua	IP 67
Grado protección IK	IK 08
Temperatura ambiente admisible	-10°C/50°C



Fig.4. Celda situada en subestación distribución.

La celda estará compuesta por:

- Interruptor automático y carro seccionable.

Tabla 7. Características mínimas del interruptor automático.

Tipo	Interruptor automático
Aislante	SF6
Tensión aislamiento	17.5kV
Intensidad nominal	630 A
Poder de corte	40 kA



Fig.5. Interruptor magnetotérmico A.T

- Seccionador de puesta a tierra.

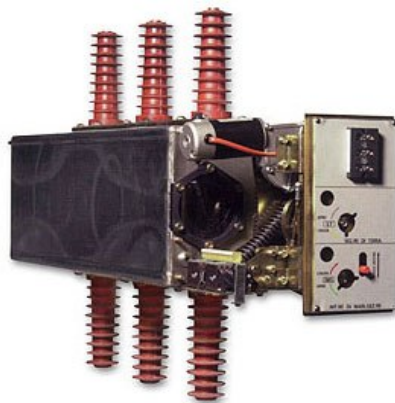


Fig.6. Seccionador de puesta a tierra.

- Tres transformadores monofásicos para medida de tensión.

Tabla 8. Características del transformador monofásico para medida de tensión.

Tensión primaria	17.5kV
Tensión secundaria	110 V
Potencia aparente (S)	50VA
CI	0.5

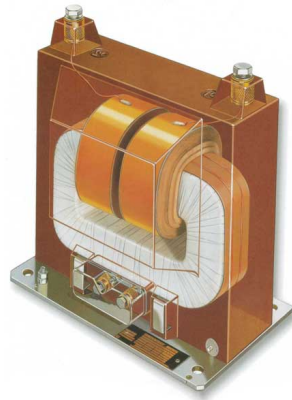


Fig.7. Transformador monofásico para medida de tensión.

- Tres transformadores de intensidad.

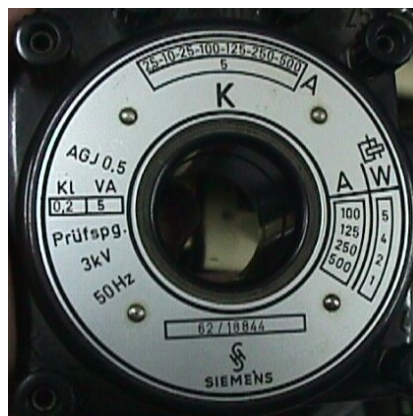


Fig.8. Transformador monofásico para medida de intensidad.

- Relé de protección de fallo de defecto a tierra
- Relé de protección de máxima intensidad de fase



2.3 MEMORIA DESCRIPTIVA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN COMPACTO

2.3.1 Descripción del Centro de Transformación

El Centro de Transformación escogido para el presente Proyecto será de tipo prefabricado de hormigón con aparellaje de celdas prefabricadas bajo envolvente metálicas, según **Norma UNE-EN 61300**, instalándose en este caso un transformador de 400kVA.

La energía será suministrada a la tensión de 15kV trifásica y frecuencia 50Hz, siendo la acometida a la celda desde la subestación de distribución mediante cables subterráneos.

El Centro de Transformación de intemperie, consta de una envolvente de hormigón de estructura monobloque en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos desde la aparata de AT, hasta los cuadros de BT, incluyendo el transformador de 400kVA y los dispositivos de control pertinentes.

La principal ventaja que presentan estos centros de transformación es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior, pueden ser realizados íntegramente en fábrica garantizando con ello, una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y el montaje en el punto de instalación.

Los interruptores utilizados en el siguiente proyecto serán modulares de corte y aislamiento en SF₆.

2.3.2 Características

Según Norma **NI.50.40.07**, “**edificios prefabricados de hormigón para centros de transformación compactos de superficie**”, el centro de transformación debe cumplir:

Condiciones normales de servicio:

Este tipo de edificio es de aplicación para las condiciones de temperatura y humedad siguientes:



- temperatura mínima -15°C .
- temperatura máxima 50°C .
- temperatura máxima media diaria 35°C .
- humedad relativa máxima, medida en un periodo de 24 horas: 95%.
- humedad relativa máxima, medida en un periodo de 30 días: 90%.

Constructivas: Aspecto y dimensiones.

Estos edificios deben integrarse fácilmente en el paisaje debiendo adoptarse para ellos, los colores y formas más discretos en relación con el entorno.

El acabado exterior del Centro será normalmente liso y preparado para ser recubierto por pinturas de la debida calidad y del color que mejor se adapte al medio ambiente.

Las dimensiones del edificio, una vez instalado, serán:

- Altura máxima (desde la cota 0): 1750 mm
- Superficie ocupada recomendada: $<4,5\text{ m}^2$ (*)
- La profundidad en el terreno no excederá de 500 mm.

(*) En el caso de superficies ocupadas mayores que $4,5\text{ m}^2$, los ensayos de calentamiento realizados con estos edificios, se repetirán con edificios que ocupen superficies iguales o inferiores a $4,5\text{ m}^2$.

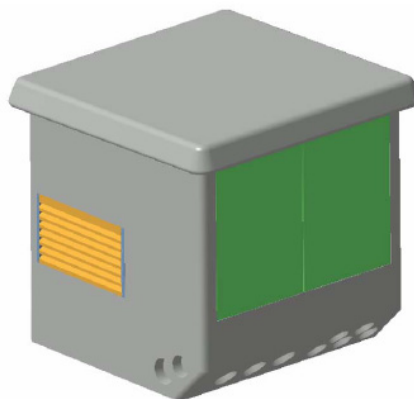


Fig.9. Aspecto del centro de transformación.

2.3.3 Diseño

La estructura prefabricada del centro de transformación (EPSC) está diseñada para que se puedan efectuar en servicio y de forma segura, las operaciones habituales de inspección, maniobra y mantenimiento.

Para el diseño se tendrá en cuenta la ubicación de las EPSC previstas para ser instaladas en jardines y aceras, protegidas del acceso accidental de vehículos

La base sobre la que se instalará el CTC, deberá tener las cotas indicadas en el plano 00-00-03 al objeto de que sean intercambiables entre sí los CTC suministrados por los distintos fabricantes.

2.3.4 Estructura

El cuerpo del edificio se moldeará preferentemente, en una sola pieza que incluya la solera y los muros de cerramiento. En el caso en que se fabriquen por módulos, estos deberán montarse y sellarse en fábrica.

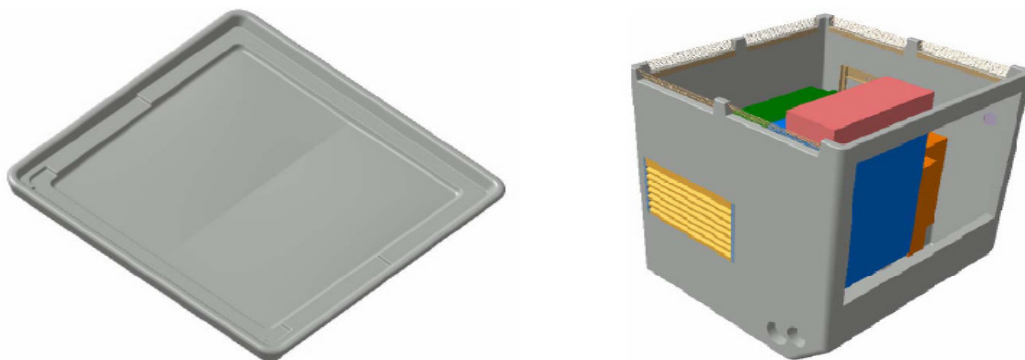


Fig.10. Cuerpo y techo del edificio del Centro de Transformación.

La cubierta será amovible para permitir la instalación/desinstalación del bastidor en el que se instalará el equipo eléctrico. Dispondrá de unas piezas embebidas en el hormigón que permitan la colocación de cuatro cáncamos.



Fig.11. Bastidor del edificio del Centro de Transformación.

Estará debidamente impermeabilizada de forma que no quede comprometida su estanqueidad ni haya riesgo de filtraciones. Su cara interior deberá quedar como resulte después del desencofrado. No se efectuará en ella ningún empotramiento que comprometa su estanqueidad.

Los muros prefabricados de hormigón podrán estar constituidos por paneles convenientemente ensamblados, o bien, formando un conjunto con la cubierta y la solera de forma que se impida totalmente el riesgo de filtraciones.

Todo el conjunto estará diseñado para soportar la sobrecarga que corresponda a su destino, para lo cual se tendrá en cuenta lo que al respecto fija la Norma **UNE-EN 61330**.

Los suelos del Centro de Transformación serán diseñados para soportar las cargas fijas y rodantes que generen la maquinaria y/o instalaciones contenidas en su interior.

Se preverán los agujeros de empotramiento para herrajes del equipo eléctrico. Asimismo, se tendrán en cuenta los pozos de aceite, sus conductos de drenaje, las tuberías para conductores de tierra, el colector de tierras accesible y canales, para los cables de M.T. y B.T.

El grado de protección mínimo contra el acceso a zonas peligrosas, entrada de objetos sólidos extraños y entrada de agua IP 23D (según se define en la Norma **UNE 20324**), tal como se indica en el apartado 5.4.1. de la Norma **UNE-EN 61330**.



La verificación de este grado de protección se realizará de acuerdo al apartado 6.5 de la Norma **UNE-EN 61330**.

El grado de protección contra daños mecánicos y cargas a considerar en el diseño, según apartado 5.4.2 de la Norma **UNE-EN 61330**, teniendo presente que la resistencia mecánica de la zona del piso destinada a la ubicación del transformador se adecuará a las cargas que transmita un transformador de 400 kVA cumpliendo la Norma **UNE 21428**. El ensayo para la verificación de estos esfuerzos mecánicos se realizará de acuerdo al apartado 6.5. de la Norma **UNE-EN 61330**.

Las paredes y techos de las envolventes que han de alojar aparatos con baño de aceite, deberán estar construidas con materiales resistentes al fuego que tengan la resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo.

Con el fin de permitir la evacuación y extinción del aceite aislante, se preverán pozos con revestimiento estanco teniendo en cuenta el volumen de aceite que puedan recibir. En todos los pozos se preverán apagafuegos superiores, tales como lechos de guijarros de 5cm. de diámetro aproximadamente, sifones en caso de varios pozos con colector único, etc. Se recomienda que los pozos sean exteriores a la envolvente y además inspeccionables.

Cuando se empleen aparatos en baño de líquidos incombustibles (temperatura de combustión superior a 300 °C según MIE-RAT), se podrá disponer de envolventes que no cumplan la anterior prescripción, sin más que disponer de un sistema de recogida de posibles derrames que impida su salida al exterior.

La envolvente dispondrá de orificios en la solera de 160 mm de diámetro para el paso de los cables BT y de los cables MT desde el exterior. En la parte frontal se situarán un mínimo de 2 orificios para los cables MT y 3 para los cables BT, mientras que en cada lateral y a la altura del canal de cables se situará, como mínimo, 1 orificio más.

Estos orificios estarán situados de tal forma que se respete el radio de curvatura mínimo para los cables MT.



Los huecos se dejarán pretroquelados de forma que en el momento de la instalación del CT se pueda abrir fácilmente el mejor situado para la acometida de los cables, garantizando en los huecos que no han disminuido, el grado de protección especificado.

Se dispondrá un orificio más de diámetro mínimo 100 mm en el lateral más cercano a los pasatapas BT, que servirá para realizar una acometida temporal al cuadro BT. Este orificio quedará por encima de la cota cero de instalación y estará sellado por algún mecanismo amovible que impida su retirada desde el exterior de manera que, con el orificio sellado, se mantenga el grado de protección especificado.

2.3.5 Instalación eléctrica de alumbrado

La instalación eléctrica será canalizada en superficie y estará montada en canaletas de material aislante que cumplan con el método B, categoría FV-1 de la Norma **UNE EN 60 695-11-10**, con la Norma **UNE EN 60 695-2-11**, para una temperatura de 960° y tendrán un grado mínimo de protección IK07, según la Norma **UNE EN 50 102**.

El cableado se realizará con conductor de cobre de 2,5 mm², según la Norma **NI 56.10.00**.

El conjunto canaleta-cable deberá soportar el ensayo de tensión aplicada de 10 kV (valor eficaz) durante 1 minuto.

Para la iluminación, el Centro de Transformación compacto dispondrá de 2 luminarias con un grado de protección IP 44 e IK 08, según las normas UNE 20 324 y **UNE EN 50 102** respectivamente, con base de polipropileno y difusor de policarbonato y con una potencia luminosa medida mínima de 1.200 lúmenes. El difusor será desmontable sin necesidad de herramienta.

En el dintel de las bisagras de la apertura de la puerta de entrada de hombre y a una altura del suelo de aproximadamente 1,2 m, se deberá instalar una caja general de mando y protección con interruptor diferencial de sensibilidad 30 mA y protección contra cortocircuitos adecuada para alimentar la instalación de alumbrado.



En el dintel opuesto a las bisagras de la apertura de la puerta de entrada de hombre, deberá llevar un interruptor, de montaje saliente de 250 V 10 A, con carcasa de material aislante y grado de protección IP 44 según **UNE 20 324** e IK 07 según **UNE EN 50 102**. No se aplicará lo anterior a los suministros “llave en mano” de los EPSC, que en cuyo caso incluirán la lámpara y el interruptor en el propio CTC.

2.3.6 Puerta, rejillas y cerradura

El edificio dispondrá en la fachada de una puerta de acceso al CTC, formada por dos hojas. El material de la puerta y de las rejillas deberá ser poliéster reforzado. El grado de protección de las rejillas será IP 43 e IK10 según las normas **UNE 20 324** y **UNE EN 50 102** respectivamente.

La hoja del lado derecho permitirá el acceso al cuadro de BT, y una vez abierta ésta, se podrá proceder a la apertura de la hoja izquierda, correspondiente a la zona de MT. La secuencia de apertura estará asegurada mediante enclavamiento.

Las dimensiones de las luces mínimas de la puerta serán 1800 x 1400 mm.

La cerradura cumplirá con lo establecido en la Norma **NI 50.20.03 “Envolvente para centro de transformación intemperie compacto”**

2.3.7 Ventilación

La ventilación será natural y su disposición podrá ser perimetral.

El CT dispondrá de rejillas de ventilación en las paredes laterales capaces de disipar el calor producido por un transformador de hasta 400 kVA, cuyas pérdidas totales sean de 6260 W, de forma que la clase asignada a la envolvente sea 10, según la Norma **UNE-EN 61330**. El ensayo tipo para verificar la correcta ventilación se realizará de acuerdo al apartado 6.2 de la citada Norma.

2.3.8 Acceso para cables

Las entradas para cables se situarán en la solera del edificio. Se preverá como mínimo orificios para el paso de 6 líneas de 4 cables unipolares cada una RV



0,6/1 kV de 240 mm² según la Norma **NI 56.31.21 “Cables unipolares RV con conductores de aluminio para redes subterráneas de baja tensión 0,6/1 kV”**

Se preverán orificios para la entrada y salida de 3 cables HEPRZ1 12/20 kV de 1x240 mm² según la Norma NI 56.43.01.

La superficie mínima para cada entrada de BT será de 95 cm², y para la MT será de 175 cm².

El sellado de las penetraciones de cables se realizará con poliuretano en el momento del tendido de dichos cables.

Las salidas permitirán el paso de los cables del electrodo de puesta a tierra y de la línea de tierra de servicio (neutro).

2.3.9 Características medioambientales: Acústica

El nivel de potencia acústica emitida por el edificio no excederá del nivel correspondiente al del transformador del CTC.

2.3.10 Marcas

La EPSC llevará una placa de características situada en el interior en sitio visible en la que se indicarán de forma indeleble y claramente legible los datos siguientes:

- nombre del fabricante o marca de fábrica.
- año de fabricación.
- número de serie.
- potencia de transformador máxima.
- tensión más elevada para el material.



Tabla 9. Característica centro de transformación compacto Areva.

Modelo	Cantidad de paneles	Altura(m)	Profundidad(m)	Ancho(m)	Peso(kg)
RE-T1	Unidad formada por 2 paneles.	1.380	0,720	0,680	210

2.3.11 Transformador de potencia

Las características del transformador en función de las necesidades de la instalación son las siguientes:

- Fabricante: MACE contruzioni electromecniche Transformador trifásico.
- Tipo: TOE-ES/PI 6700284.
- Normativa: 21428-1.
- Tensión primaria: 15kV.
- Tensión secundaria: 400V.
- Conexión Dy11.
- Impedancia (Z_{cc}):4%.
- Refrigeración: ONAN.
- Nivel potencia acústica: 65dB.
- Material AT/BT: Cu-Cu.
- Volumen aislante a 20°: 240L.
- Masa a desencubar: 782kg.
- Masa total: 1310kg.
- Nivel aislamiento:
- AT



- IR:125
- FI: 50
- BT
 - FI:10

Tabla 10. Características de las tomas del transformador.

Posición conmutador	Toma	U primaria(V)	U secundaria(V)
1	1	19000	400
	2	19500	
	3	2000	
	4	20500	
	5	21000	
	6	22000	
2	1	14400	400
	2	14900	
	3	15400	
	4	15900	
	5	16400	
	6	17400	



2.3.12 Protecciones

Protecciones en Alta Tensión:

La protección en AT del transformador se realiza utilizando una celda con interruptor y fusible siendo éstos, los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.



Fig.12. Celda del Centro Transformación con protecciones.

Estos fusibles realizan su función de protección de manera ultrarrápida (tiempos inferiores al de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso de corriente de cortocircuito por la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal de la instalación.
- 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 tiempo indeterminado.
- No producir disparos cuando se producen corrientes 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 tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección del transformador o, si no es posible, una protección térmica del transformador.

Los fusibles limitadores instalados en las celdas de alta tensión deben ser de los denominados “fusibles fríos” y sus características técnicas están recogidas en la norma **NI 75.06.31 “fusibles limitadores de corriente asociados para AT hasta 36kV”**.

Tabla 11. Resumen protección en A.T del transformador mediante fusible.

Protección	Tensión asignada	Intensidad asignada	Poder de corte
Fusible con percutor	24kV	40 A	>20kA

(**) Datos justificativos en protecciones alta tensión en el apartado “cálculos”.



Fig.13. Celda del Centro Transformación con protecciones.

Tabla 12. Resumen protección en A.T del transformador mediante interruptor magnetotérmico.

Protección	Tensión asignada	Intensidad asignada	Poder de corte
Interruptor automático.	24kV	40 A	>20kA

(**) Datos justificativos en protecciones alta tensión en el apartado “cálculos”.



Fig.14. Interruptor A.T incluido en la celda del Centro de Transformación.

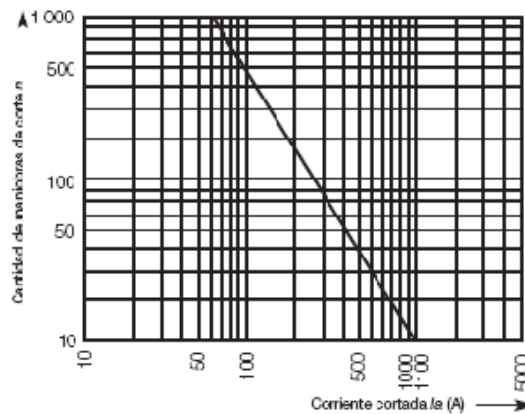


Fig.15. Relación entre maniobras realizadas e intensidad admisible en asociación interruptor y fusible ultrarrápido.

Protecciones en Baja Tensión

La protección entre el Centro de Transformación compacto y el armario de distribución se realiza mediante el interruptor general de baja tensión situado en el propio Centro de Transformación con las siguientes características:

Tabla 13. Resumen protección en B.T. del transformador mediante interruptor magnetotérmico.

Protección	Tensión asignada	Intensidad asignada	Poder de corte
Interruptor automático.	400V	630 A	>20kA

(**) Datos justificativos en protecciones alta tensión en el apartado “cálculos”.



Fig.16. Interruptor Baja Tensión.

2.3.13 Interconexión transformador cuadro BT.

Las conexiones interiores entre el transformador y el cuadro BT, se realizarán mediante cualquiera de estos dos métodos:

- Conexión directa entre los pasatapas BT del transformador y las pletinas deslizantes de la unidad funcional de acometida del Cuadro BT.
- Con un máximo de dos cables por fase y uno de neutro RV 0,6/1 kV 1x240 de cobre extraflexible.

En todos los extremos de los cables se instalarán terminales a compresión de cobre estañado reforzado (DIN 46235) para cable RV 0,6/1 kV 1x240 Cu, mediante compresión hexagonal.

Todos los cables utilizados en las interconexiones de baja tensión serán no propagadores de incendio (según **UNE-EN 50266**), libres de halógenos (según **UNE-EN 50267**), y con emisión de humos y opacidad reducida (según **UNE-EN 50268**).

Según los datos obtenidos en el apartado de cálculos se ha escogido cable RV 0,6/1 kV 1x240 Cu.



Fig.17: Cable RV 0,6/1kV .



2.3.14 Puesta a tierra.

Las prescripciones que deben cumplir las instalaciones de puesta a tierra vienen reflejadas perfectamente (tensión de paso y tensión de contacto) en el apartado 1 "Prescripciones Generales de Seguridad" del MIE-RAT 13 Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación).

Hay que distinguir entre la línea de tierra de la Puesta a Tierra de Protección y la línea de tierra de Puesta a Tierra de Servicio (neutro).

A la línea de tierra de Puesta a Tierra de Protección se deberán conectar los siguientes elementos:

- Pantallas del cable HEPRZ1 (extremo conexión transformador).
- Cuba del transformador.
- Envolvente metálica del cuadro B.T. Se conectarán a la línea de tierra de la envolvente para el Centro, definida en el presente MT.

A la línea de tierra de Puesta a Tierra de Servicio (neutro), se le conectará la salida del neutro del cuadro de B.T.

Las Puestas a Tierra de Protección y Servicio (neutro) se establecerán separadas salvo cuando el potencial absoluto del electrodo, adquiera un potencial menor o igual a 1.000 V. en cuyo caso, se establecen tierras unidas.

El electrodo de Puesta a Tierra estará formado por un bucle enterrado horizontalmente alrededor del Centro de Transformación compacto.

Para la línea de Tierra de Protección se empleará cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección, especificado en la **NI 54.10.01 "Conductores desnudos de cobre para líneas eléctricas aéreas y subestaciones de alta tensión"**.

Para la línea de tierra de Servicio se empleará cable de cobre aislado de 50 mm² de sección DN-RA 0,6/1 kV, especificado en la **NI 56.31.71 "Cable unipolar DN-RA con conductor de cobre para redes subterráneas de baja tensión 0,6/1 kV"**.



Para el electrodo, según la normativa **MT 2.11.30 "Criterios de diseño de puestas a tierra de los centros de transformación"**, el material será cobre.

Para las picas se emplearán picas lisas de acero-cobre del tipo PL 14-2000, según **NI 50.26.01 "Picas cilíndricas de acero-cobre"**.

Las conexiones se efectuarán empleando los elementos siguientes:

Conductor-Conductor

- Grapa de latón con tornillo de acero inoxidable, tipo GCP/C16, según **NI 58.26.04 "Herrajes y accesorios para líneas aéreas de A.T."**.

Conductor-pica

- Grapa de conexión para picas cilíndricas de acero cobre tipo GC-P14, 6/C50 según **NI 58.26.3 "Grapas de conexión para picas cilíndricas acero-cobre"**.

Cuando con la utilización de un electrodo normalizado, la tensión de contacto resultante sea superior a la tensión de contacto admisible y de paso admisible por el ser humano, es preciso recurrir al empleo de medidas adicionales de seguridad (denominadas CH).

El CH es una capa de hormigón seco ($\rho_s=3000 \text{ Ohm.m}$) que se colocará como acera perimetral en todo el contorno del Centro de Transformación, con una anchura de 1,50 m y un espesor de 10 cm.

2.3.15 Protección contra incendios

Para la protección contra incendios se conectará el interruptor de protección por temperatura elevada en el transformador. Esta conexión se realizará conectando los contactos del termómetro del transformador al control del cuadro de BT, y desde aquí hasta la bobina de disparo del interruptor de protección.



2.4 MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN.

2.4.1 Trazado

En este Proyecto se realizará el estudio de la red de distribución para los elementos que conforman la planta de tratamiento de escoria.

El trazado de la línea de distribución se muestra en el Capítulo “Planos”, en el plano 00-00-04.

2.5 ORGANISMOS AFECTADOS

El recorrido de la línea de baja tensión transcurre por el interior de una instalación privada.

2.6 CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

La tensión nominal de la instalación será 400/230 V y se proyectará de tal forma que la caída de tensión no supere el 5% del valor nominal.

La red de distribución se divide como se indica en las siguientes tablas

Tabla 14. Resumen derivaciones trifásicas.

LÍNEA	TRAMO	POTENCIA (CV)	POTENCIA (W)	LONGITUD (m)
Línea distribución	interruptor trafo-armario de distribución		320000	3,000
Línea 1	Armario distribución-motor cinta 1	10	7360	35,000
Línea 2	Armario distribución-motor cinta 2	20	14720	17,000
Línea 3	Armario distribución-motor cinta 3	10	7360	25,000
Línea 4	Armario distribución-motor cinta 4	6	4048	16,000
Línea 5	Armario distribución-motor cinta 5	8	5520	19,000
Línea 6	Armario distribución-motor cinta 6	8	5520	27,000
Línea 7	Armario distribución-motor cinta 7	8	5520	20,000
Línea 8	Armario distribución-moledora 1	22	16045	40,000



LÍNEA	TRAMO	POTENCIA (CV)	POTENCIA (W)	LONGITUD (m)
Línea 9	Armario distribución-moledora 2	150	110400	35,000
Línea 10	Armario distribución-moledora 3	15	11040	30,000
Línea 11	Armario distribución-elevador residuo	30	22080	10,000
Línea 12	Armario distribución-separador electromagnético 1	3	2208	45,000
Línea 13	Armario distribución-separador electromagnético 2	3	2208	35,000
Línea 14	Armario distribución-separador electromagnético 3	3	2208	25,000
Línea 15	Armario de distribución-cuadro oficinas generales.		15000	50,000
Línea 16	Armario de distribución.cuadro control instalación		9900	50,000

Tabla 15. Resumen derivaciones monofásicas.

LÍNEA	TRAMO	POTENCIA (w)	LONGITUD (m)
LÍNEA 17	CONTROL MOTOR 1	500	35
LÍNEA 18	CONTROL MOTOR 2	500	53
LÍNEA 19	CONTROL MOTOR 3	500	61
LÍNEA 20	CONTROL MOTOR 4	500	70
LÍNEA 21	CONTROL MOTOR 5	500	73
LÍNEA 22	CONTROL MOTOR 6	500	80
LÍNEA 23	CONTROL MOTOR 7	500	90
LÍNEA 24	CONTROL MOTOR 8	500	87
LÍNEA 25	CONTROL MOTOR 9	500	88



LÍNEA	TRAMO	POTENCIA (w)	LONGITUD (m)
LÍNEA 26	CONTROL MOTOR 10	500	99
LÍNEA 27	CONTROL MOTOR 11	500	100
LÍNEA 28	CONTROL MOTOR 12	500	105
LÍNEA 29	CONTROL MOTOR 13	500	106
LÍNEA 30	CONTROL MOTOR 14	500	104
LÍNEA 31	ALUMBRADO OFICINAS	2000	25
LÍNEA 32	FUERZA OFICINAS	3500	25
LÍNEA 33	ALUMBRADO EXTERIOR OFICINAS LADO IZQUIERDO	1200	50
LÍNEA 34	ALUMBRADO EXTERIOR OFICINAS LADO DERECHO	1200	50
LÍNEA 35	ALUMBRADO VESTUARIOS	2000	35
LÍNEA 36	FUERZA VESTUARIOS	3500	35
LÍNEA 37	ALUMBRADO EXTERIOR VESTUARIOS	1200	50



2.6.1 Acometidas

Según el **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la ITC-BT-11**, las acometidas se pueden clasificar en función de su trazado, el sistema de instalación y de las características de la propia red en:

Tabla 16. Tipos de instalaciones en función de su trazado.

TIPO	SISTEMA DE INSTALACIÓN
Aérea	Posada sobre fachada
	Tensada sobre postes
Subterránea	Con entrada y salida
	En derivación
Mixtas	Aéreo subterráneas

Al tratarse de una instalación industrial, la red tendrá parte subterránea y parte aérea dependiendo de la instalación a alimentar por lo que la red de distribución del presente Proyecto será mixta.

La acometida entre el interruptor general de baja tensión y el armario de distribución se realizará con cables unipolares tipo RV 0,6/1kV de sección 240mm². Se utilizará un par de conductores por fase aislados en XLPE. Para asegurar el correcto dimensionamiento de la instalación, el cable de neutro también tendrá la misma sección.

2.6.2 Conductores

Según el **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la ITC-BT-07**, se debe tener en cuenta:

Los conductores de las líneas subterráneas serán de cobre o aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán, además, debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el

terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0.6/1kV y deberán cumplir los requisitos especificados en la Norma UNE-HD 603. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas. En todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm² para conductores de cobre y de 16 mm² para los conductores de aluminio.

Para las derivaciones individuales que conforma la red de baja tensión, se utilizarán conductores tetrapolares del tipo RV 0,6/1kV, cuya sección variará en función de las distintas derivaciones y se aislamiento será en XLPE.

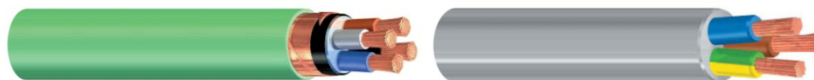


Fig.18. Cable RV 0,6/1kV derivaciones trifásicas y monofásicas.

En función de la demanda de energía eléctrica para cada una de las distintas instalaciones que se han definido en la Memoria del Proyecto, se ha descrito una red de distribución eléctrica para dar servicio en baja tensión cuyos cálculos se muestran en las tablas que aparecen en las siguientes páginas.

Para las derivaciones previstas se realizaran sistemas trifásicos con tensión de línea 400V y 230V entre fases y sistemas monofásicos con tensión de fase 230 V.

Los cables aislados podrán instalarse de cualquiera de las maneras indicada a continuación:

- Directamente enterrados.
- En canalizaciones entubadas.
- En galerías.
- Galerías visitables.
- Galerías o zanjas registrables.



- En atarjeas o canales revisables.
- En bandejas, soportes, palomillas, o directamente sujetos a la red.
- Circuitos con cables en paralelo.

En el caso de la instalación que ocupa el presente Proyecto, la instalación se realizará en canalizaciones entubadas y en bandejas.

2.6.3 Secciones de baja tensión.

Para el cálculo de la sección del conductor debe tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Tensión de la red y régimen de explotación.

La tensión de funcionamiento de la instalación receptora estará normalizada y será 230 V entre fase y neutro, 400 V entre fases, formada por cuatro conductores.

- Intensidad a soportar en determinadas condiciones de instalación.
- Caída de tensión en régimen de carga máxima prevista.

Según el **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en el ITC-BT-19**, la caída de tensión en instalaciones receptoras de una planta industrial debe ser inferior al 5% pudiendo ser la caída de tensión de una parte de la instalación superior a este valor, siempre y cuando el total de la instalación sea menor a dicho valor.

La caída de tensión depende principalmente de:

- La potencia a transportar.
- La longitud de la línea.
- La conductividad del conductor.
- Tensión de funcionamiento.
- Intensidad y tiempo de cortocircuito.

En el caso de la instalación que ocupa el presente Proyecto, la caída de tensión de la instalación no superará en ningún caso el 5%.



Según el **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la ITC-BT-07** “Redes subterráneas para distribución en Baja Tensión”, la intensidad máxima admisible del conductor depende del tipo de instalación:

- Instalación enterrada
 - Temperatura máxima admisible por el conductor.
 - Temperatura del terreno.
 - Tipo de agrupación de los conductores.
 - Profundidad de la instalación.
 - Resistividad térmica del terreno.
- Instalación en bandeja registrable.
 - Tipo de agrupación de los conductores.
 - Temperatura ambiente.

En el caso de la instalación que ocupa el presente Proyecto, la instalación se realiza parte enterrada y parte en bandeja registrable.

- Capacidad amperimétrica del conductor.
- Tipo de instalación receptora.

Por otra parte y según el **Reglamento Técnico de Baja Tensión en la ITC-BT-47** “Instalaciones receptoras. Motores”, se debe tener en cuenta los siguientes apartados:

Las secciones mínimas que deben tener los conductores de conexión con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo, deben ser las siguientes:

- a. un solo motor:

Los conductores que alimenten a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor. En los motores de rotor devanado, los motores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque –conductores secundarios- deben estar dimensionados así mismo para la intensidad a plena carga del rotor. Si el motor es para servicio



intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección según el tiempo de funcionamiento continuado, pero en ningún caso tendrá una sección inferior a la que corresponda al 85% de la intensidad a plena carga en el rotor.

b. varios motores:

Los conductores de conexión que alimentan varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad a plena carga de todos los demás.

Otro aspecto a tener en cuenta en el cálculo de la sección es el criterio de capacidad amperimétrica, en las siguientes tablas se muestra las características de cada derivación.

Tabla 17. Secciones en derivaciones trifásicas.

LÍNEA	TRAMO	SECCIÓN TEÓRICA (mm ²)	SECCIÓN REAL CONDUCTOR (mm ²)
Línea distribución	Interruptor trafo-armario de distribución	7,42	2X240
Línea 1	Armario distribución-motor cinta 1	2,88	6
Línea 2	Armario distribución-motor cinta 2	2,79	6
Línea 3	Armario distribución-motor cinta 3	2,05	6
Línea 4	Armario distribución-motor cinta 4	0,72	6
Línea 5	Armario distribución-motor cinta 5	1,17	6
Línea 6	Armario distribución-motor cinta 6	1,66	6
Línea 7	Armario distribución-motor cinta 7	1,23	6
Línea 8	Armario distribución-moledora 1	7,16	10
Línea 9	Armario distribución-moledora 2	43,13	70
Línea 10	Armario distribución-moledora 3	3,70	6
Línea 11	Armario distribución-elevador residuo	2,46	16
Línea 12	Armario distribución-separador electromagnético 1	1,11	6



LÍNEA	TRAMO	SECCIÓN TEÓRICA (mm ²)	SECCIÓN REAL CONDUCTOR (mm ²)
Línea 13	Armario distribución-separador electromagnético 2	0,86	6
Línea 14	Armario distribución-separador electromagnético 3	0,62	6
Línea 15	Armario de distribución-cuadro oficinas generales.	8,37	10
Línea 16	Armario de distribución- cuadro control.	5,52	6

(**) Datos justificativos en secciones trifásicas de baja tensión en el apartado “cálculos”.

Tabla 18. Secciones en derivaciones monofásicas.

LÍNEA	INSTALACIÓN	SECCIÓN TEÓRICA (mm ²)	SECCIÓN REAL (mm ²)
Línea 17	CONTROL MOTOR 1	1,18	2,5
Línea 18	CONTROL MOTOR 2	1,79	2,5
Línea 19	CONTROL MOTOR 3	2,06	2,5
Línea 20	CONTROL MOTOR 4	2,36	2,5
Línea 21	CONTROL MOTOR 5	2,46	2,5
Línea 22	CONTROL MOTOR 6	2,70	4
Línea 23	CONTROL MOTOR 7	3,04	4
Línea 24	CONTROL MOTOR 8	2,94	4
Línea 25	CONTROL MOTOR 9	2,97	4
Línea 26	CONTROL MOTOR 10	3,34	4
Línea 27	CONTROL MOTOR 11	3,38	4
Línea 28	CONTROL MOTOR 12	3,54	4
Línea 29	CONTROL MOTOR 13	3,58	4
Línea 30	CONTROL MOTOR 14	3,51	4
Línea 31	ALUMBRADO OFICINAS	3,38	4

LÍNEA	INSTALACIÓN	SECCIÓN TEÓRICA (mm ²)	SECCIÓN REAL (mm ²)
Línea 32	FUERZA OFICINAS	5,91	10
Línea 33	ALUMBRADO EXTERIOR OFICINAS LADO IZQUIERDO	4,05	6
Línea 34	ALUMBRADO EXTERIOR OFICINAS LADO DERECHO	4,05	6
Línea 35	ALUMBRADO VESTUARIOS	4,73	6
Línea 36	FUERZA VESTUARIOS	8,27	10
Línea 37	ALUMBRADO EXTERIOR VESTUARIOS	4,05	6

(**)Datos justificativos en secciones monofásicas de baja tensión en el apartado “cálculos”.

2.6.4 Protecciones de la instalación

Sobreintensidad

Según el **Reglamento Técnico de Baja Tensión en la ITC-BT-47** “Instalaciones receptoras. Motores” se debe tener en cuenta los siguientes apartados:

- Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra en los motores trifásicos, la falta de tensión en una de sus fases.



Fig.19. Guardamotor + contactor e Interruptor magnetotérmico.



Tabla 19. Resumen protecciones de sobretensión en B.T.

LÍNEA	TRAMO	INTENSIDAD NOMINAL GUARDAMOTRO + CONTACTOR(A)
Línea distribución	Interruptor trafo-armario de distribución	630
Línea 1	Armario distribución-motor cinta 1	16
Línea 2	Armario distribución-motor cinta 2	32
Línea 3	Armario distribución-motor cinta 3	16
Línea 4	Armario distribución-motor cinta 4	10
Línea 5	Armario distribución-motor cinta 5	10
Línea 6	Armario distribución-motor cinta 6	10
Línea 7	Armario distribución-motor cinta 7	10
Línea 8	Armario distribución-moledora 1	50
Línea 9	Armario distribución-moledora 2	250
Línea 10	Armario distribución-moledora 3	32
Línea 11	Armario distribución-elevador residuo	63
Línea 12	Armario distribución-separador electromagnético 1	6
Línea 13	Armario distribución-separador electromagnético 2	6
Línea 14	Armario distribución-separador electromagnético 3	6
LÍNEA	TRAMO	INTENSIDAD MAGNETOTÉRMICO(A)
Línea 15	Armario de distribución- cuadro oficinas generales.	32
Línea 16	Armario de distribución- cuadro control.	25
Línea 17	Control motor 1	3
Línea 18	Control motor 2	3
Línea 19	Control motor 3	3
Línea 20	Control motor 4	3
Línea 21	Control motor 5	3
Línea 22	Control motor 6	3



LÍNEA	TRAMO	INTENSIDAD MAGNETOTÉRMICO(A)
Línea 23	Control motor 7	3
Línea 24	Control motor 8	3
Línea 25	Control motor 9	3
Línea 26	Control motor 10	3
Línea 27	Control motor 11	3
Línea 28	Control motor 12	3
Línea 29	Control motor 13	3
Línea 30	Control motor 14	3
Línea 31	Alumbrado oficinas	16
Línea 32	Fuerza oficinas	32
Línea 33	Alumbrado exterior oficinas lado izquierdo	20
Línea 34	Alumbrado exterior oficinas lado derecho	20
Línea 35	Alumbrado vestuarios	20
Línea 36	Fuerza vestuarios	32
Línea 37	Alumbrado exterior vestuarios	20

(*) nota: el poder de corte mínimo de todas las protecciones de sobreintensidad es el de 20kA.

(**) Datos justificativos en protecciones de baja tensión en el apartado "cálculos".

Diferencial

La protección diferencial cuando detecta una corriente de defecto actúa sobre la instalación eléctrica que protege, abriendo el circuito e interrumpiendo el suministro de energía eléctrica.

De esta forma se impide que la corriente de defecto alcance valores peligrosos para la electrocución de personas, ya sea por contacto directo o indirecto, y el daño de las instalaciones.



Un sistema de protección diferencial se compone de tres partes bien diferenciadas:

- Captador o sensor: Transformador de corriente que detecta la corriente diferencial de los conductores activos de la instalación dando una señal proporcional al relé. Puede ser de geometría toroidal o rectangular según la disposición de pletinas o cables donde se tenga que instalar.
- Relé: Es el elemento inteligente de la protección. Mide y trata la señal que le entrega el sensor y decide si ha de dar la señal de disparo o no al elemento de corte asociado, dependiendo de los valores de sensibilidad y tiempo de retardo programados.
- Elemento de corte: Es el elemento que soporta el corte de la corriente. Puede ser un interruptor magnetotérmico (con bobina de disparo), un contactor.

Debido a las corrientes de fuga a tierra que se originan por efectos capacitivos se producen “disparos por simpatía o intempestivos “que consiste en el disparo de un interruptor diferencial o el disparo simultáneo de varios, que protegen una misma.

Estos efectos capacitivos son debidos a:

- Los cables en una instalación provocan el efecto de un condensador a tierra. Cuanto más largo es el cableado este efecto de capacidad es mayor.
- Los condensadores de los filtros **EMI** que incorporan los equipos con regulación electrónica de potencia.

Dependiendo del tipo de aislamiento respecto a tierra, las diferentes cargas o consumos de una instalación se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- **Cargas sin condensadores a tierra.**

El aislamiento existente entre el equipo y la tierra se puede representar con una resistencia óhmica pura. Si la resistencia es lo suficientemente elevada, no circula corriente por la tierra. La corriente de fuga es nula (corriente que circula a tierra en condiciones de funcionamiento normales).



Si se produjera un fallo de aislamiento, entonces sí que circularía corriente por la tierra, llamándola corriente de defecto a tierra, /d.

En este caso no tendremos más problema que el de seleccionar la sensibilidad y el tiempo de retardo correctos para realizar una buena protección

- **Cargas con condensadores a tierra:**

Se produce una circulación de corriente a tierra por el propio funcionamiento del equipo a través de sus condensadores. También la longitud de cables en una instalación eléctrica puede dar origen a efectos capacitivos a tierra, con lo que entraría en esta situación.

La inyección de esta corriente puede ser de dos tipos.

- **Fugas Permanentes.**

El equipo inyecta corriente permanentemente a tierra. Este tipo de comportamiento está muy ligado al uso de filtros EMI, que incorporan la mayoría de máquinas o cargas con regulación electrónica de potencia, para cumplir con las directivas de compatibilidad electromagnética. Este tipo de filtro impide que la distorsión de alta frecuencia que genera el receptor sea devuelta a la red. Sin embargo es derivada a través de los condensadores a tierra. Indirectamente deriva también a la frecuencia fundamental y sus correspondientes armónicos, de tal forma que la fuga suele ser una superposición de señales de alta y baja frecuencia. Por tanto aumenta el riesgo de disparo del diferencial sin haber corriente de defecto a tierra real.

- **Fugas transitorias.**

Se tiene los mismos efectos capacitivos de los cables y de los filtros comentados anteriormente para sobretensiones transitorias provocadas por conmutaciones de red, conexión-desconexión de circuitos, o simplemente son de origen atmosférico. En caso de cargas con condensadores a tierra el problema básico para la protección es el de discernir que corriente a tierra corresponde al funcionamiento del propio equipo, y que corriente a tierra corresponde a un defecto de aislamiento.



En el caso estudiado en el Proyecto, por la presencia de arrancadores electrónicos aparecen efectos capacitivos.

Para solucionar esta situación se ha optado por relés de clase A, cuya principales ventajas son:

- Capaces de medir corrientes no lineales y con componente continua.
- Realizan disparo cercano al 85% de la sensibilidad, de esta forma se evitan los disparos intempestivos.



Fig.20. Interrupto diferencial.

Tabla 20. Resumen protecciones diferenciales en B.T.

LÍNEA	TRAMO	INTENSIDAD NOMINAL DIFERENCIAL (A)	INTENSIDAD DIFERENCIAL(mA)
Línea 1	Armario distribución-motor cinta 1	16	300
Línea 2	Armario distribución-motor cinta 2	32	300
Línea 3	Armario distribución-motor cinta 3	16	300
Línea 4	Armario distribución-motor cinta 4	10	300
Línea 5	Armario distribución-motor cinta 5	10	300
Línea 6	Armario distribución-motor cinta 6	10	300
Línea 7	Armario distribución-motor cinta 7	10	300
Línea 8	Armario distribución-moledora 1	50	300
Línea 9	Armario distribución-moledora 2	250	300



LÍNEA	TRAMO	INTENSIDAD NOMINAL DIFERECIAL (A)	INTENSIDAD DIFERENCIAL(mA)
Línea 10	Armario distribución-moledora 3	32	300
Línea 11	Armario distribución-elevador residuo	63	300
Línea 12	Armario distribución-separador electromagnético 1	6	300
Línea 13	Armario distribución-separador electromagnético 2	6	300
Línea 14	Armario distribución-separador electromagnético 3	6	300
Línea 15	Armario de distribución-cuadro oficinas generales.	32	300
Línea 16	Armario de distribución-cuadro control.	25	300
LÍNEA 16	Control motor 1	3	30
LÍNEA 17	Control motor 2	3	30
LÍNEA 18	Control motor 3	3	30
LÍNEA 19	Control motor 4	3	30
LÍNEA 20	Control motor 5	3	30
LÍNEA 21	Control motor 6	3	30
LÍNEA 22	Control motor 7	3	30
LÍNEA 23	Control motor 8	3	30
LÍNEA 24	Control motor 9	3	30
LÍNEA 25	Control motor 10	3	30
LÍNEA 26	Control motor 11	3	30
LÍNEA 27	Control motor 12	3	30
LÍNEA 28	Control motor 13	3	30
LÍNEA 29	Control motor 14	3	30



LÍNEA	TRAMO	INTENSIDAD NOMINAL DIFERENCIAL (A)	INTENSIDAD DIFERENCIAL(mA)
LÍNEA 30	Alumbrado oficinas	16	30
LÍNEA 31	Fuerza oficinas	32	30
LÍNEA 32	Alumbrado exterior oficinas lado izquierdo	20	30
LÍNEA 33	Alumbrado exterior oficinas lado derecho	20	30
LÍNEA 34	Alumbrado vestuarios	20	30
LÍNEA 35	Fuerza vestuarios	32	30
LÍNEA 36	Alumbrado exterior vestuarios	20	30

(**) Datos justificativos en protecciones baja tensión en el apartado “cálculos”.

Falta de tensión.

Según el **Reglamento Técnico de Baja Tensión en la ITC-BT-47**, “Instalaciones receptoras. Motores” se debe tener en cuenta los siguientes apartados:

- Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar al motor, de acuerdo con **la norma UNE 20.460-4-45**.

Dicho dispositivo puede formar parte de la protección contra sobrecargas o del de arranque, y puede proteger a más de un motor si se da una de las circunstancias siguientes:

- a. los motores a proteger está en un mismo local y la suma de las potencias absorbidas no sea superior a 10 kilovatios.
- b. Los motores a proteger está en un mismo local y cada uno de ellos queda en el estado inicial de arranque después de una falta de tensión.



En el presente Proyecto, la protección por falta de tensión las realiza los variadores de frecuencia escogidos para la instalación.

2.6.5 Terminales

El conexionado de los cables a las cajas generales de protección y a los cuadro de BT, se realizará por compresión tipo punzonado profundo, mediante la colocación en los extremos de los conductores de terminales bimetálicos con pala de cobre electrolítico y manguito de aluminio.

2.6.6 Accesorios

Los empalmes, terminales y derivaciones se elegirán de acuerdo a la naturaleza, composición y sección de los cables y no deberá aumentar la resistencia eléctrica de éstos.

Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales.

Las características de los accesorios serán las establecidas en la **Norma NI.56.88.01**.

Los empalmes y terminados se realizarán siguiendo el MT.NEDIS correspondiente cuando exista, o en su defecto, las instrucciones de montaje dadas por el fabricante.

2.6.7 Canalizaciones

Canalización entubada (asiento de arena)

Estarán constituidos por tubos de plásticos dispuestos sobre lecho de arena y debidamente enterrados en zanja. Las características de estos tubos serán las establecidas en la norma NI.52.95.03.

En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito. Se evitará en lo posible los cambios de dirección de los tubulares. En los puntos donde estos se produzcan, se dispondrán preferentemente de calas de tiro y excepcionalmente de arquetas ciegas para facilitar la manipulación.



Los tubos irán enterrados a 80 cm de profundidad como mínimo y una anchura mínima de 35 cm, aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar de forma que, en todo momento, la profundidad mínima de la terna más próxima a la superficie del suelo sea de 60 cm.

El radio mínimo de curvatura del cable tiene que ser como mínimo 15D, siendo D el diámetro del cable.

Los tubos podrán ir instalados en uno, dos o tres planos. En los planos de detalle se describen las dimensiones y características de las zanjas y disposición de los tubos en las mismas.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de 0,05 m de espesor de arena sobre la que se depositarán los tubos dispuestos en los planos. A continuación se colocará otra capa de arena con un espesor de 0,10 m por encima de los tubos y envolviéndoles completamente.

El relleno se realizará con tierra procedente de la zanja si reúne las condiciones exigidas por las normas y ordenanzas municipales. Si no es así, se empleará arena de río para cumplir con los requisitos de compactación pertinente.

2.6.8 Utilización de arrancadores.

Según el **Reglamento Técnico de Baja Tensión en ITC-BT-47** "Instalación receptora. Motores" se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los motores deben tener limitada la intensidad en el arranque cuando se puedan producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

Cuando los motores vayan a ser alimentados por una red de distribución pública, se necesita la conformidad de la empresa distribuidora respecto a la utilización de los mismos, cuando se trate de:

- Motores de gran inercia.
- Motores de arranque lento en carga.
- Motores de arranque o aumentos de carga repetida o frecuente.



- Motores para frenado.
- Motores con inversión de marcha.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kW. deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación entre corriente entre el periodo de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según la características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el siguiente cuadro:

Tabla 21. Intensidades de arranque de motores de corriente alterna.

MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA	
POTENCIA NOMINAL DEL MOTOR	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de arranque y de la de plena carga
De 0,75kW a 1,5kw	4.5
De 1,5kW a 5kW	3
De 5kW a 15kW	2
De más de 15kW	1,5

En la instalación estudiada en el Proyecto y con la idea de unificar la instalación, se ha escogido variadores de velocidad.

Para definir el equipo más adecuado para resolver la aplicación de variación de velocidad, deben tenerse en cuenta los siguientes pasos:

- Tipo de carga: par constante, variable, potencia constante, cargas por impulsos.
- Tipo de motor: de inducción rotor de jaula de ardilla o bobinado, corriente y potencia nominal, factor de servicio, rango de voltaje.

- Rango de funcionamiento: velocidades máximas y mínimas. Necesidad de ventilación forzada en el motor.
- Par de arranque: verificar que no supere lo permitido por el variador.
- Frenado regenerativo: cargas de gran inercia, ciclos rápidos y movimientos verticales requieren de resistencias de frenado exterior.
- Condiciones ambientales: temperatura ambiente, humedad, altura, tipo de gabinete y ventilación.
- Consideraciones de la red: microinterruptores, fluctuaciones de tensión, armónicos, factor de potencia, etc.

Las características de los variadores son las siguientes.



Fig.21. Arrancador Telemecanique.

Tabla 22. Tipos de variadores de frecuencia.

MOTOR	POTENCIA (CV)	TENSIÓN (V)	MODELO DE VARIADOR DE FRECUENCIA
CINTA 1	10	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
CINTA 2	20	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
CINTA 2	10	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
CINTA 4	6	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
CINTA 5	8	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71



MOTOR	POTENCIA (CV)	TENSIÓN (V)	MODELO DE VARIADOR DE FRECUENCIA
CINTA 6	8	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
CINTA 7	8	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
MOLEDORA 1	20	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
MOLEDROA 2	150	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
MOLEDORA 3	15	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
ELEVADOR DE RESIDUO	30	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
ELEVADOR ELECTROMÁGNÉTICO 1	3	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
ELEVADOR ELECTROMAGNÉTICO 2	3	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
ELEVADOR ELECTROMÁGETICO 3	3	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71



3 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

3.1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN

3.1.1 Cálculo de la sección del conductor

La sección de los conductores en las redes de alta tensión se determina en función de la potencia aparente de la instalación y en función de la potencia de cortocircuito de la instalación, tomándose siempre el mayor valor de sección que estos indiquen.

A continuación se calcula la caída de tensión en la línea y si la caída de tensión es mayor al 5%, se adopta una sección mayor para que esta no supere el 5%.

La potencia aparente de la instalación se determina en función de la siguiente expresión:

$$s = s_1 \cdot C_1 \cdot C_2 \quad [3.1]$$

Donde:

- S= Potencia aparente total a distribuir en kVA.
- S₁=Sumas de las potencias, en kVA de los diferentes centros de transformación emplazados en la línea que se dimensiona.
- C₁= Coeficiente de simultaneidad correspondiente a los centros de transformación existentes en la instalación
- C₂= coeficiente de simultaneidad que se determina en función de la disposición de los conductores, entubados o no.

Tabla 23. Variación Potencia Aparente en función simultaneidad..

Numero centros de transformación	1	2	3 ó más.
C1	1	0,9	0,8



DISPOSICIÓN DE LOS CONDUCTORES	Nº DE CONDUCTORES TRIPOLARES O TERNAS DE UNIPOLARES EN LA ZANJA	COEFICIENTE C2
EN EL INTERIOR DE TUBOS		1
DIRECTAMENTE ENTERRADOS	1	1
	2	1,176
	3	1,333
	4	1,538
	5	1,666

$$s = s_1 \cdot C_1 \cdot C_2 = 400 \cdot 1 \cdot 1 = 400 \text{ kVA}$$

Una vez determinado la potencia aparente de la instalación, se puede determinar la intensidad nominal de la instalación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} \quad [3.2]$$

Donde:

- I= intensidad(A)
- P=potencia en kW(transformador de 400kVA)
- U= tensión de línea (kV), en este caso 15 kV
- $\cos\phi$ = factor de potencia, se asume un factor de potencia de 0,95

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 15 \cdot 0,95} = 16,2 \text{ A}$$



En función de la intensidad nominal y con las siguientes tablas de características de los conductores, se puede determinar la sección del conductor.

Tabla 24. Sección en función de la intensidad admisible por el conductor.

Sección en mm ²	Intensidad máxima admisible (A)		
	Al aire	Enterrada	Entubada
50	170	140	130
150	335	260	245
240	455	345	320
400	610	445	415

Por el criterio de intensidad nominal de la instalación cualquier sección de las estimadas en la tabla es válida.

Tabla 25. Sección en función de la potencia de cortocircuito.

Tiempo de cc.	Tensión nominal de la línea UN en kV	Potencia cortocircuito en MVA									
		Papel impregnado					Aislamiento seco				
		250	350	500	750	1000	250	350	500	750	1000
0,5	15	150	240	240	240	400	95	150	240	400	400
0,6	15	150	150	240	240	-	95	150	240	400	400
0,7	15	150	240	240	400	-	95	150	240	400	400
1	15	150	240	400	-	-	150	150	240	400	-
		Sección S, en mm²									

Según los datos suministrados por la empresa suministradora IBERDROLA, la potencia de cortocircuito en la red es de 500MVA. En función de esta potencia de cortocircuito la sección debe ser 3x (1x240) mm² AL HEPRZ-1, 12-20kV. Dicha red está protegida en la subestación de distribución por celda de media tensión compuesta por:



3.1.2 Intensidad máxima

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\Phi} \quad [3.2]$$

Donde:

- I= intensidad(A)
- P=potencia en kW(transformador de 400kVA)
- U= tensión de línea (kV), en este caso 15 kV
- $\cos\phi$ = factor de potencia, se asume un factor de potencia de 0,95

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\Phi} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 15 \cdot 0,95} = 16,20A$$

3.1.3 Caída de tensión

Para calcular la caída de tensión en el conductor se aplica la siguiente expresión:

$$\Delta U = \sqrt{3}I \cdot L(R\cos\Phi + \text{sen}\Phi) \quad [3.3]$$

Donde:

- ΔU =caída de tensión en voltios (V).
- I=intensidad de la línea (A).
- L=longitud de la línea.
- R= resistencia del conductor por kilómetro ($\frac{\Omega}{km}$).
- R= reactancia inductiva del conductor por kilómetro ($\frac{\Omega}{km}$).
- ϕ = factor de potencia del conductor.

$$\Delta U = \sqrt{3}I \cdot L(R\cos\Phi + Z\text{sen}\Phi) = \sqrt{3} \cdot 16,20 \cdot 0,4(0,169 \cdot 0,95 + 0,105 \cdot 0,31)$$

$$\Delta U = 2,17V$$



3.1.4 Intensidad de cortocircuito

La intensidad de cortocircuito viene dada por la potencia de cortocircuito en el punto donde se enroca el conductor subterráneo.

La potencia de cortocircuito de la red según datos de Iberdrola es 500MVA

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} \quad [3.4]$$

Donde:

- I_{cc} =Intensidad de cortocircuito en kA.
- P_{cc} = Potencia cortocircuito en el punto de enroque, 500MVA.
- V =tensión de línea en kV.

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 15} = 19,25kA$$

3.2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

3.2.1 Intensidad de alta tensión

La intensidad del primario de un transformador trifásico o banco trifásico se corresponde con la siguiente expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p} \quad [3.5]$$

Donde:

- I_p =Intensidad primaria del transformador en A.
- S = Potencia aparente del transformador en kVA.
- V_p = tensión primaria del transformador en kV.

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 15} = 15,4A$$



3.2.2 Intensidad de baja tensión

La intensidad del secundario de un transformador trifásico o banco trifásico se corresponde con la siguiente expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_s} \quad [3.6]$$

onde:

- Is=Intensidad primaria del transformador en A.
- S= Potencia aparente del transformador en kVA.
- Vs= tensión secundaria del transformador en kV.

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 577,35A$$

3.2.3 Cortocircuitos

Observaciones

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se tiene en cuenta la potencia de cortocircuito de la red, valor proporcionado por la empresa distribuidora, IBERDROLA, S.A.

Cortocircuito en el lado de Alta Tensión

La corriente de cortocircuito del primario del transformador viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V_p} \quad [3.7]$$

Donde:

- Iccp= intensidad de cortocircuito primaria en kA.
- Scc= potencia de cortocircuito de la red en MVA.
- Vp= tensión de línea primaria en kV.

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 15} = 19,25kA$$



Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

La corriente de cortocircuito secundaria viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} V_s} \quad [3.8]$$

Donde:

- I_{ccs} = intensidad de cortocircuito secundaria en kA.
- S_{trafo} = potencia aparente del transformador en kVA.
- V_s = tensión de línea secundaria en kV.
- E_{cc} = tensión porcentual de cortocircuito.

$$I_{ccs} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{100 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 0,42} = 13,74 \text{ kA}$$

3.2.4 Dimensionado del embarrado

Al tratarse de un centro prefabricado, el embarrado ha sido sometido a los ensayos pertinentes por parte de la empresa fabricante AREVA, S.A., por lo que no es necesario realizar hipótesis sobre el comportamiento del mismo.

Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad de corriente máxima del material del embarrado.

Comprobación por solicitud dinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito corresponde aproximadamente con 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito, lo que corresponde con:

$$I_{cc(din)} = 2,5 \cdot I_{ccs} \quad [3.9]$$

$$I_{cc(din)} = 2,5 \cdot I_{ccs} = 2,5 \cdot 13,74 = 34,36 \text{ kA}$$



Comprobación por solicitud térmica

La comprobación dinámica tiene por objeto comprobar que no se produce un calentamiento excesivo por un cortocircuito. Esta comprobación se realiza mediante ensayos por parte del fabricante. Según la normativa vigente, el fabricante debe asegurar que el embarrado debe soportar una intensidad de cortocircuito, cuyo valor debe ser mayor que la intensidad de cortocircuito en el secundario.

3.3 CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE ALTA TENSIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

3.3.1 Fusibles

$$I_b < I_n < I_z \quad [3.10]$$

Donde:

- I_b : Intensidad nominal de la instalación.
- I_z : Intensidad admisible por el conductor.
- I_n : Intensidad nominal del fusible.

$$I_2 = 1,6 \cdot I_n \quad [3.11]$$

$$I_2 < 1,45 \cdot I_z \quad [3.12]$$

Donde:

- I_2 : condición para que el fusible proteja correctamente la instalación.

$$16,20^2 < 40^3 < 320^4$$

² Intensidad calculada en la ecuación [3,2]

³ Intensidad nominal del fusible, en la práctica. Los fusibles de Alta tensión su intensidad nominal son de 630 A para soportar las solicitudes dinámicas de conexión y desconexión del circuito.

⁴ Intensidad admisible por el conductor. Tabla 24. Pág. 59.



$$I_2 = 1,6.40 = 64A$$

$$I_2 < 1,45.I_z \rightarrow 64 < 464$$

Tabla 26. Resumen cálculo protección mediante fusible en A.T.

Protección	Tensión asignada	Intensidad asignada	Poder de corte
Fusible con percutor	24kV	40A	>20kA

3.3.2 Interruptor Alta Tensión.

$$I_b^5 < I_n^6 < I_z^7 \quad [3.13]$$

Donde:

- I_b : Intensidad nominal de la instalación.
- I_z : Intensidad admisible por el conductor.
- I_n : Intensidad nominal del interruptor.

$$17,10 < 40 < 320$$

Tabla 27. Resumen cálculo protección mediante magnetotérmico A.T.

Protección	Tensión asignada	Intensidad asignada	Poder de corte
Interruptor automático	24kV	40A	>20kA

⁵ Intensidad calculada en la ecuación [3,2]

⁶ Intensidad nominal del interruptor, en la práctica. Los fusibles de Alta tensión su intensidad nominal son de 630 A para soportar las sollicitaciones dinámicas de conexión y desconexión del circuito.

⁷ Intensidad admisible por el conductor. Tabla 24. Pág. 59.



3.4 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN

3.4.1 Determinación de la sección

La sección de una derivación trifásica en función de la caída de tensión, viene dada por la siguiente expresión:

$$S = \frac{P \cdot L \cdot k}{C \cdot e \cdot U} \quad [3.14]$$

Donde:

- S: sección del conductor en mm^2 .
- P: Potencia activa en W.
- L: longitud de la línea en m.
- e: caída de tensión máxima permitida en V.
- k: factor de sobrecarga de los motores de la instalación receptora.
- U: Tensión nominal de la instalación en V.
- C: Conductividad del cobre. S/m

La intensidad de un motor en función de la potencia viene dado por la siguiente expresión:

Una vez calculada la sección teórica por caída de tensión y en función de las especificaciones del **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y la ITC-BT-07** "Redes subterráneas en Baja Tensión", las modificaciones en la sección son las siguientes:

- Línea: Interruptor general-Armario de distribución.

$$S = \frac{P \cdot L \cdot K}{C \cdot e \cdot U} = \frac{400 \cdot 1000 \cdot 3}{56 \cdot \left(\frac{1}{100} \cdot 400 \right) \cdot 400} = 7,42 \text{ mm}^2$$



En el caso de la distribución entre el interruptor general de baja tensión y el armario de distribución no hace falta aplicar el factor de sobre carga puesto que esta sección se calcula para la máxima potencia generada por el transformador.

La sección normalizada por caída de tensión es:

$$S = 7,42mm^2 \rightarrow S = 10mm^2$$

Para un cable de sección de $10mm^2$ la capacidad máxima amperimétrica es de 96A. Esta capacidad amperimétrica se ve reducida en función del tipo de instalación.

Al tratarse de una instalación enterrada y baja tubo los factores que afectan a la misma son:

- Factor de corrección F, para temperatura del terreno distinto de 25°C.
 - F=1
- Factor de corrección para resistividad del térmica del terreno distinta de 1K.m/W.
 - K=1,04
- Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares.
 - K=0,89
- Factor de corrección para diferentes profundidades de la instalación.
 - K=1,02

La capacidad amperimétrica del conductor queda reducida a:

$$I = I_{teorica} \cdot \prod K \quad [3.14]$$

$$I = I_{teorica} \cdot \prod K = 96 \cdot (1,1,04 \cdot 0,89 \cdot 1,02) = 90,63A$$



La capacidad real de conductor es menor que la necesaria por la instalación.

La capacidad mínima que el conductor debe soportar según el tipo de instalación es:

$$I_{cond} = \frac{I_{nominal\ instalación}}{\prod K} \quad [3.15]$$

$$I_{cond} = \frac{I_{nominal\ instalación}}{\prod K} = \frac{577,35}{0,94} = 611,53\text{ A}$$

En función de la intensidad calculada, la ITC-BT-07 y del diseño del centro de transformación cuyos pasatapas están diseñados para cables de 240mm^2 , la opción elegida es:

$$S = 2 \times 240\text{mm}^2$$

La intensidad de un conductor de sección es de 240mm^2 es de 550A, pero al utilizar dos conductores en paralelo esta intensidad aumenta a

$$I = 1,225 \cdot 550 = 673,75\text{A}$$

El resto de las secciones trifásicas se han calculado como la anterior, teniendo en cuenta el factor de seguridad introducido de 1,25 por tratarse de una instalación principalmente compuesta por motores.

Tabla 28. Resumen cálculo secciones trifásicas.



LÍNEA	TRAMO	POTENCIA(cv)	POTENCIA(w)	LONGITUD(m)	CAIDA DE TENSIÓN (%)	MATERIAL	INTENSIDAD NOMINAL(A)	SECCIÓN TEÓRICA	FACTOR DE SEGURIDAD	SECCIÓN TEORICA CON FACTOR DE SEGURIDAD	SECCIÓN NORMALIZADA	INTENSIDAD ADMISIBLE POR EL CONDUCTOR	FACTOR POR TIPO INSTALACIÓN	INTENSIDAD ADMISIBLE REAL POR EL CONDUCTOR	CAPACIDAD AMPERIMETRICA MÍNIMA DEL CONDUCTOR	SECCIÓN REAL CONDUCTOR
línea distribución	interruptor trafo-armario de distribución		400000	3	2	Cu	577,35	7,42	1	7,42	10	96	0,944112	90,634752	611,53	2X240
Línea 1	Armarío distribución-motor cinta 1	10	7360	35	1	Cu	13,28	2,88	1,25	3,59	6	72	0,944112	67,976064	14,07	6
Línea 2	Armarío distribución-motor cinta 2	20	14720	17	1	Cu	26,56	2,79	1,25	3,49	6	72	0,944112	67,976064	28,13	6
Línea 3	Armarío distribución-motor cinta 3	10	7360	25	1	Cu	13,28	2,05	1,25	2,57	6	72	0,944112	67,976064	14,07	6
Línea 4	Armarío distribución-motor cinta 4	6	4048	16	1	Cu	7,30	0,72	1,25	0,90	6	72	0,944112	67,976064	7,74	6
Línea 5	Armarío distribución-motor cinta 5	8	5520	19	1	Cu	9,96	1,17	1,25	1,46	6	72	0,944112	67,976064	10,55	6
Línea 6	Armarío distribución-motor cinta 6	8	5520	27	1	Cu	9,96	1,66	1,25	2,08	6	72	0,944112	67,976064	10,55	6
Línea 7	Armarío distribución-motor cinta 7	8	5520	20	1	Cu	9,96	1,23	1,25	1,54	6	72	0,944112	67,976064	10,55	6
Línea 8	Armarío distribución-moledora 1	22	16045	40	1	Cu	28,95	7,16	1,25	8,95	10	96	0,944112	90,634752	30,66	10
Línea 9	Armarío distribución-moledora 2	150	110400	35	1	Cu	199,19	43,13	1,25	53,91	70	280	0,944112	264,35136	210,98	70



LÍNEA	TRAMO	POTENCIA(cv)	POTENCIA(w)	LONGITUD(m)	CAIDA DE TENSIÓN (%)	MATERIAL	INTENSIDAD NOMINAL(A)	SECCIÓN TEÓRICA	FACTOR DE SEGURIDAD	SECCIÓN TEORICA CON FACTOR DE SEGURIDAD	SECCIÓN NORMALIZADA	INTENSIDAD ADMISIBLE POR EL CONDUCTOR	FACTOR POR TIPO INSTALACIÓN	INTENSIDAD ADMISIBLE REAL POR EL CONDUCTOR	CAPACIDAD AMPERIMETRICA MÍNIMA DEL CONDUCTOR	SECCIÓN REAL CONDUCTOR
Línea 10	Armario distribución-moledora 3	15	11040	30	1	Cu	19,92	3,70	1,25	4,62	6	72	0,944112	67,976064	21,10	6
Línea 11	Armario distribución-elevador residuo	30	22080	10	1	Cu	39,84	2,46	1,25	3,08	6	72	0,944112	67,976064	42,20	16
Línea 12	Armario distribución-separador electromagnético 1	3	2208	45	1	Cu	3,98	1,11	1,25	1,39	6	72	0,944112	67,976064	4,22	6
Línea 13	Armario distribución-separador electromagnético 2	3	2208	35	1	Cu	3,98	0,86	1,25	1,08	6	72	0,944112	67,976064	4,22	6
Línea 14	Armario distribución-separador electromagnético 3	3	2208	25	1	Cu	3,98	0,62	1,25	0,77	6	72	0,944112	67,976064	4,22	6
Línea 15	Armario de distribución-cuadro oficinas generales.		15000	50	1	Cu	27,06	8,37	1	8,37	10	96	0,944112	90,634752	28,67	10
Línea 16	Armario de distribución-cuadro control.		9900	50	1	Cu	17,86	5,52	1	5,52	6	72	0,944112	67,976064	18,92	6



La sección de una derivación monofásica en función de la caída de tensión viene dada por la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{C \cdot e \cdot U} \quad [3.16]$$

Donde:

- S: sección del conductor en mm^2 .
- P Potencia en W.
- L: longitud de la línea en m.
- E: caída de tensión máxima permitida en V.
- C: Resistividad del material. S/m

- Línea: Interruptor general-control motor 1.

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{C \cdot e \cdot U} = \frac{2 \cdot 500 \cdot 35}{56 \cdot \left(\frac{1}{100} \cdot 230 \right) \cdot 230} = 1,18 \text{mm}^2$$

La sección normalizada por caída de tensión es:

$$S = 1,18 \text{mm}^2 \rightarrow S = 2,5 \text{mm}^2$$

Los datos de capacidad amperimétrica del conductor se ha obtenido de la ITC-BT-19 "Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales".

Para un cable de sección de $2,5 \text{mm}^2$ la capacidad máxima amperimétrica es de 15A. Esta capacidad amperimétrica se ve reducida en función del tipo de instalación.

Al tratarse de una instalación enterrada y baja tubo los factores que afectan a la misma son:

- Factor de corrección F, para temperatura del terreno distinto de 25°C .
 - $F=1$



- Factor de corrección para resistividad del térmica del terreno distinta de 1K.m/W.
 - K=1,04
- Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares.
 - K=0,89
- Factor de corrección para diferentes profundidades de la instalación.
 - K=1,02

La capacidad amperimétrica del conductor queda reducida a:

$$I = I_{teorica} \cdot \prod K = 15 \cdot (0,94) = 14,1A$$

Esta capacidad amperimétrica es mayor que la intensidad nominal de la instalación.

El resto de las secciones monofásicas se han calculado como la anterior teniendo en cuenta las distintas longitudes de las líneas.

Tabla 29. Resumen cálculo secciones monofásicas.



LÍNEA	TRAMO	POTENCIA(w)	LONGITUD(m)	CAIDA DE TENSIÓN (%)	MATERIAL	INTENSIDAD NOMINAL DE LA INSTALACIÓN	SECCIÓN TEÓRICA	SECCIÓN NORMALIZADA	INTENSIDAD ADMISIBLE POR EL CONDUCTOR	FACTOR POR TIPO INSTALACIÓN	INTENSIDAD ADMISIBLE REAL POR EL CONDUCTOR	CAPACIDAD AMPERIMETRICA MÍNIMA DEL CONDUCTOR	SECCIÓN REAL CONDUCTOR
LÍNEA 17	CONTROL MOTOR 1	500	35	1	Cu	2,717391304	1,18	2,5	15	0,944112	14,16168	2,878250996	2,5
LÍNEA 18	CONTROL MOTOR 2	500	53	1	Cu	2,717391304	1,79	2,5	15	0,944112	14,16168	2,878250996	2,5
LÍNEA 19	CONTROL MOTOR 3	500	61	1	Cu	2,717391304	2,06	2,5	15	0,944112	14,16168	2,878250996	2,5
LÍNEA 20	CONTROL MOTOR 4	500	70	1	Cu	2,717391304	2,36	2,5	15	0,944112	14,16168	2,878250996	2,5
LÍNEA 21	CONTROL MOTOR 5	500	73	1	Cu	2,717391304	2,46	2,5	15	0,944112	14,16168	2,878250996	2,5
LÍNEA 22	CONTROL MOTOR 6	500	80	1	Cu	2,717391304	2,70	4	20	0,944112	18,88224	2,878250996	4
LÍNEA 23	CONTROL MOTOR 7	500	90	1	Cu	2,717391304	3,04	4	20	0,944112	18,88224	2,878250996	4
LÍNEA 24	CONTROL MOTOR 8	500	87	1	Cu	2,717391304	2,94	4	20	0,944112	18,88224	2,878250996	4
LÍNEA 25	CONTROL MOTOR 9	500	88	1	Cu	2,717391304	2,97	4	20	0,944112	18,88224	2,878250996	4
LÍNEA 26	CONTROL MOTOR 10	500	99	1	Cu	2,717391304	3,34	4	20	0,944112	18,88224	2,878250996	4
LÍNEA 27	CONTROL MOTOR 11	500	100	1	Cu	2,717391304	3,38	4	20	0,944112	18,88224	2,878250996	4
LÍNEA 28	CONTROL MOTOR 12	500	105	1	Cu	2,717391304	3,54	4	20	0,944112	18,88224	2,878250996	4
LÍNEA 29	CONTROL MOTOR 13	500	106	1	Cu	2,717391304	3,58	4	20	0,944112	18,88224	2,878250996	4
LÍNEA 30	CONTROL MOTOR 14	500	104	1	Cu	2,717391304	3,51	4	20	0,944112	18,88224	2,878250996	4
LÍNEA 31	ALUMBRADO OFICINAS	2000	25	1	Cu	10,86956522	3,38	4	20	0,944112	18,88224	11,51300398	4
LÍNEA 32	FUERZA OFICINAS	3500	25	1	Cu	19,02173913	5,91	10	34	0,944112	32,099808	20,14775697	10
LÍNEA 33	ALUMBRADO EXTERIOR OFICINAS LADO IZQUIERDO	1200	50	1	Cu	6,52173913	4,05	6	25	0,944112	23,6028	6,90780239	6



LÍNEA	TRAMO	POTENCIA(w)	LONGITUD(m)	CAIDA DE TENSIÓN (%)	MATERIAL	INTENSIDAD NOMINAL DE LA INSTALACIÓN	SECCIÓN TEÓRICA	SECCIÓN NORMALIZADA	INTENSIDAD ADMISIBLE POR EL CONDUCTOR	FACTOR POR TIPO INSTALACIÓN	INTENSIDAD ADMISIBLE REAL POR EL CONDUCTOR	CAPACIDAD AMPERIMETRICA MÍNIMA DEL CONDUCTOR	SECCIÓN REAL CONDUCTOR
LÍNEA 34	ALUMBRADO EXTERIOR OFICINAS LADO DERECHO	1200	50	1	Cu	6,52173913	4,05	6	25	0,944112	23,6028	6,90780239	6
LÍNEA 35	ALUMBRADO VESTUARIOS	2000	35	1	Cu	10,86956522	4,73	6	25	0,944112	23,6028	11,51300398	6
LÍNEA 36	FUERZA VESTUARIOS	3500	35	1	Cu	19,02173913	8,27	10	34	0,944112	32,099808	20,14775697	10
LÍNEA 37	ALUMBRADO EXTERIOR VESTUARIOS	1200	50	1	Cu	6,52173913	4,05	6	25	0,944112	23,6028	6,90780239	6



3.4.2 Protecciones

Protecciones sobreintensidad de baja tensión.

Para la elección de la protección de sobreintensidad se utilizan magnetotérmicos que deben cumplir las siguientes condiciones.

- Condición de elección del magnetotérmico

$$I_b < I_n < I_z \quad [3.17]$$

Donde:

- I_b : Intensidad nominal de la instalación.
- I_z : Intensidad admisible por el conductor.
- I_n : Intensidad nominal del interruptor.
- Condición de protección frente sobrecarga

$$I_2 = 1,6 \cdot I_n \quad [3.18]$$

Donde:

- I_2 : condición para que el fusible proteja correctamente la instalación.
- Condición de elección del poder de corte.

$$\text{Poder corte magnetotermico}(kA) > Ipcc(instalación)(kA)$$

- Condición de tipo de curva de disparo en función del tipo de instalación.

Tabla 30. Resumen cálculo protecciones en función de las condiciones de la instalación.

El poder de corte escogido es el más crítico de la instalación y corresponde con la intensidad de cortocircuito en la lado de BT de transformador $I_{ccbt}=13,74kA$



LÍNEA	TRAMO	POTENCIA(w)	TENSIÓN (v)	FACTOR DE POTENCIA	SECCIÓN	INTENSIDAD NOMINAL DE LA INSTALACIÓN (A)	INTENSIDAD ADMISIBLE POR EL CONDUCTOR	Imag <1,6l instalación	INTENSIDAD NOMINAL MAGNETOTÉRMICO
línea distribución	interruptor trafo-armario de distribución	400000	400	1	2X240	577,35	610,31	923,76	630
Línea 1	Armario distribución-motor cinta 1	7360	400	0,80	6	13,28	24,04	21,25	16
Línea 2	Armario distribución-motor cinta 2	14720	400	0,80	6	26,56	48,08	42,49	32
Línea 3	Armario distribución-motor cinta 3	7360	400	0,80	6	13,28	24,04	21,25	16
Línea 4	Armario distribución-motor cinta 4	4048	400	0,80	6	7,30	13,22	11,69	10
Línea 5	Armario distribución-motor cinta 5	5520	400	0,80	6	9,96	18,03	15,93	10
Línea 6	Armario distribución-motor cinta 6	5520	400	0,80	6	9,96	18,03	15,93	10
Línea 7	Armario distribución-motor cinta 7	5520	400	0,80	6	9,96	18,03	15,93	10
Línea 8	Armario distribución-moledora 1	16045	400	0,80	10	28,95	52,40	46,32	50
Línea 9	Armario distribución-moledora 2	110400	400	0,80	120	199,19	360,57	318,70	250
Línea 10	Armario distribución-moledora 3	11040	400	0,80	6	19,92	36,06	31,87	32
Línea 11	Armario distribución-elevador residuo	22080	400	0,80	16	39,84	72,11	63,74	63
Línea 12	Armario distribución-separador electromagnético 1	2208	400	0,80	6	3,98	7,21	6,37	6
Línea 13	Armario distribución-separador electromagnético 2	2208	400	0,80	6	3,98	7,21	6,37	6
Línea 14	Armario distribución-separador electromagnético 3	2208	400	0,80	6	3,98	7,21	6,37	6
Línea 15	Armario de distribución-cuadro oficinas generales.	15000	400	0,80	10	27,06	48,99	43,30	32
Línea 16	Armario de distribución-cuadro control.	9900	400	0,80	6	17,86	32,33	28,58	25
Línea 17	CONTROL MOTOR 1	500	230	0,80	2,5	2,72	15	4,35	3
Línea 18	CONTROL MOTOR 2	500	230	0,80	2,5	2,72	15	4,35	3
Línea 19	CONTROL MOTOR 3	500	230	0,80	2,5	2,72	15	4,35	3



LÍNEA	TRAMO	POTENCIA(w)	TENSIÓN(v)	FACTOR DE POTENCIA	SECCIÓN	INTENSIDAD NOMINAL DE LA INSTALACIÓN (A)	INTENSIDAD ADMISIBLE POR EL CONDUCTOR	Imag <1,6l instalación	INTENSIDAD NOMINAL MAGNETOTERMICO
Línea 20	CONTROL MOTOR 4	500	230	0,80	2,5	2,72	15	4,35	3
Línea 21	CONTROL MOTOR 5	500	230	0,80	2,5	2,72	15	4,35	3
Línea 22	CONTROL MOTOR 6	500	230	0,80	4	2,72	20	4,35	3
Línea 23	CONTROL MOTOR 7	500	230	0,80	4	2,72	20	4,35	3
Línea 24	CONTROL MOTOR 8	500	230	0,80	4	2,72	20	4,35	3
Línea 25	CONTROL MOTOR 9	500	230	0,80	4	2,72	20	4,35	3
Línea 26	CONTROL MOTOR 10	500	230	0,80	4	2,72	20	4,35	3
Línea 27	CONTROL MOTOR 11	500	230	0,80	4	2,72	20	4,35	3
Línea 28	CONTROL MOTOR 12	500	230	0,80	4	2,72	20	4,35	3
Línea 29	CONTROL MOTOR 13	500	230	0,80	4	2,72	20	4,35	3
Línea 30	CONTROL MOTOR 14	500	230	0,80	4	2,72	20	4,35	3
Línea 31	ALUMBRADO OFICINAS	2000	230	0,80	4	10,87	20	17,39	16
Línea 32	FUERZA OFICINAS	3500	230	0,80	10	19,02	34	30,43	32
Línea 33	ALUMBRADO EXTERIOR OFICINAS LADO IZQUIERDO	1200	230	0,80	6	6,52	25	10,43	20
Línea 34	ALUMBRADO EXTERIOR OFICINAS LADO DERECHO	1200	230	0,80	6	6,52	25	10,43	20
Línea 35	ALUMBRADO VESTUARIOS	2000	230	0,80	6	10,87	25	17,39	20
Línea 36	FUERZA VESTUARIOS	3500	230	0,80	10	19,02	34	30,43	32
Línea 37	ALUMBRADO EXTERIOR VESTUARIOS	1200	230	0,80	6	6,52	25	10,43	20



Protecciones diferencial baja tensión.

Para la protección diferencial se ha escogida distintas selectividades dependiendo de si la instalación es para uso industrial o para uso público, la intensidad nominal de los diferenciales corresponde con la intensidad nominal de los magnetotérmicos para no tener problemas de selectividad.

Protecciones de arranque y falta de tensión.

Para la protección de arranque y falta de tensión se ha utilizado variadores de velocidad, de forma que programando su arranque mediante rampas no aparecen sobreintensidades den la instalación que pueda provocar la actuación de las protecciones de sobreintensidad.

Esto arrancadores están dispuesto de un sistema de detección de falta de tensión en una o varias fases, impidiendo su arranque si se restablece la tensión.

Su elección se basa en las especificaciones técnicas del proveedor y los criterios de elección son:

- Potencia consumida.
- Tensión de alimentación.
- Número de motores a alimentar.
- Tipo de motor.
- Posibilidad de sobrecarga del motor.

Tabla 31. Resumen cálculo variadores de frecuencia.

MOTOR	POTENCIA (CV)	TENSIÓN (V)	MODELO DE VARIADOR DE FRECUENCIA
CINTA 1	10	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
CINTA 2	20	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
CINTA 2	10	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71



MOTOR	POTENCIA (CV)	TENSIÓN (V)	MODELO DE VARIADOR DE FRECUENCIA
CINTA 4	6	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
CINTA 5	8	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
CINTA 6	8	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
CINTA 7	8	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
MOLEDORA 1	20	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
MOLEDROA 2	150	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
MOLEDORA 3	15	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
ELEVADOR DE RESIDUO	30	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
ELEVADOR ELECTROMÁGN ÉTICO 1	3	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
ELEVADOR ELECTROMAGN ÉTICO 2	3	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71
ELEVADOR ELECTROMÁGN ETICO 3	3	400	TELEMECANIQUE ALTIVAR 71



3.5 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

3.5.1 Características del suelo

El R.A.T indica que, para instalaciones de 3ª categoría y de intensidad de cortocircuito superior a 16kA, no es posible estimar la resistencia del suelo y es necesario su cálculo.

Para ello se ha utilizado un telurómetro dando la resistividad media del terreno un valor de 180Ω/m.

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

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

De la red:

- Tipo de neutro: el neutro de la red puede estar asilado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante impedancia o resistencia. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancia en cada caso.
- Tipo de protecciones: en cuanto se produce un defecto, éste se elimina mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad. Este relé puede actuar en un tiempo fijo o en un tiempo dependiente. Si este realiza un reenganche solo afecta al cálculo de la red de tierras siempre que los reenganches sean menores que 0,5seg.

3.5.3 Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones Tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de UNESA, que está de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación.



3.5.4 Cálculo de la resistencia de puesta a tierra

Características de la red de alimentación.

- Tensión de servicio.

$$U = 15kV$$

Característica de la puesta a tierra del neutro.

- Limitación de la intensidad a tierra.

$$I_{dm} = 750A$$

Dato obtenido de la empresa suministradora IBERDROLA.

Nivel de aislamiento de la instalación de baja tensión.

- Tensión de aislamiento.

$$V_d = \frac{15000}{\sqrt{3}} V$$

Característica del terreno.

- Resistividad del terreno.

$$\rho_{tierra} = 180 \Omega/m$$

- Resistencia del hormigón.

$$\rho_{hormigon} = 3000 \Omega/m$$

La intensidad de defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = I_{dm}$$

Donde:

- I_{dm} : limitación de la intensidad de defecto a tierra.
- I_d : Intensidad de defecto a tierra.

$$I_{dm} = 750A$$

La resistencia de puesta a tierra preliminar será:

$$R_{pat} = \frac{V_d}{I_{dm}} \quad [3.19]$$



Donde:

- Rpat: Resistencia de puesta a tierra.
- Vd: tensión de defecto.
- Idm: Intensidad máxima de defecto a tierra.

$$R_{pat} = \frac{V_d}{I_{dm}} = \frac{15000/\sqrt{3}}{750} = 11,54\Omega$$

Se selecciona el electrodo Tipo que cumple el requisito de tener una Kr más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de la resistencia de puesta a tierra del electrodo.

$$K_r \leq \frac{R_{pat}}{\rho_{terremp}} \quad [3.20]$$

Donde:

- Kr: coeficiente del electrodo.
- Rpat: Resistencia de puesta a tierra preliminar en Ω .
- ρ_{tierra} : resistividad del terreno en $\Omega.m$.

$$K_r \leq \frac{R_{pat}}{\rho_{terremp}} \leq \frac{11,54}{180} 0,06415$$

En función del valor de Kr existen las siguientes configuraciones según las tablas UNESA:

Para sección del conductor 50mm^2 , diámetros de las picas 14mm y profundidad de la instalación 0,5m

- 40-40/5/46
- 40-40/5/48
- 40-40/5/84
- 40-40/5/86
- 40-40/5/88



- Para sección del conductor 50mm^2 , diámetros de las picas 14mm y profundidad de la instalación 0,8m.
- 40-40/8/46
- 40-40/8/48
- 40-40/8/84
- 40-40/8/86
- 40-40/8/88

Utilizando un criterio técnico económico basado en que el precio de la puesta a tierra se reduce en función de:

- Menor profundidad.
- Menor número de picas.
- Menor longitud de picas.

La configuración adecuada para este caso en función de las diferentes propiedades es:

- Configuración seleccionada: 40-40/5/46.
- Geometría del sistema: anillo rectangular.
- Distancia de la red: 4x4m.
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5m.
- Numero de picas: 4.
- Longitud e las picas: 6 m.

Los parámetros del electrodo para dicha configuración son:

- De la resistencia Kr: 0,064.
- De la tensión de paso Kp: 0,0134.
- De la tensión de contacto Kc: 0,0254.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del Centro de Transformación será:



$$R_{pat'} = K_r \cdot \rho_{terreno} \quad [3.21]$$

Donde:

- $R_{pat'}$: Resistencia puesta a tierra real en $[\Omega]$.
- K_r : coeficiente del electrodo.
- $\rho_{terreno}$: resistividad del terreno en $[\Omega.m]$.

$$R_{pat'} = K_r \cdot \rho_{terreno} = 180 \cdot 0,064 = 11,52 \Omega$$

La intensidad de defecto real será:

$$I_{dm'} = \frac{V_d}{R_{pat'}} \quad [3.22]$$

Donde:

- R_{pat} : Resistencia de puesta a tierra.
- V_d : tensión de defecto.
- I_{dm} : Intensidad máxima de defecto a tierra.

$$I_{dm'} = \frac{V_d}{R_{pat'}} = \frac{15000 / \sqrt{3}}{11,52} = 751,75 A$$

Para asegurar la inexistencia de tensiones de contacto exterior e interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas, rejillas y elementos metálicos que den al exterior del centro de transformación, no tendrán contacto eléctrico con las masas conductoras susceptibles de quedar en tensión a causa de una falta.

3.5.5 Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior ya que son prácticamente nulas.

La tensión de defecto viene dada por:

$$V_d' = R_t' \cdot I_d' \quad [3.23]$$

Donde:



- R'_t : resistencia total de puesta a tierra en Ω .
- I'_d = intensidad de defecto en A.
- V'_d : tensión de defecto en V.

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d = 11,52 \cdot 751,75 = 8660,16V$$

La tensión de paso máxima será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot \rho \cdot I'_d \quad [3.24]$$

Donde:

- V'_c : Tensión contacto en V.
- K_c = constante del electrodo.
- ρ : resistividad del terreno.

$$V'_c = K_c \cdot \rho \cdot I'_d = 0,0254 \cdot 180 \cdot 751,75 = 3437,29V$$

3.5.6 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior ya que son prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot \rho \cdot I'_d \quad [3.25]$$

Donde:

- V'_p : Tensión de paso en el exterior en V.
- K_p = constante del electrodo.
- ρ : resistividad del terreno.

$$V'_p = K_p \cdot \rho \cdot I'_d = 0,0134 \cdot 180 \cdot 751,75 = 1813,22V$$



3.5.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

Comprobación de los valores admisibles.

Se suponen valores de:

- $t=0,7s$
- $k=72$
- $n=1$

Tensión de paso admisible:

$$V_{p adm} = \frac{10 \cdot k}{t^n} \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right) \quad [3.26]$$

Donde:

- V_{adm} : tensión de paso admisible en el exterior
- k : coeficiente.
- t : tiempo total de duración de la falta en segundos.
- n : coeficiente.
- ρ : resistividad del terreno.

$$V_{p adm} = \frac{10 \cdot k}{t^n} \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right) = \frac{10 \cdot 72}{0,7^1} \left(1 + \frac{6 \cdot 180}{1000} \right) = 2139,42V$$

Tensión de paso acceso admisible.

$$V_{paso \text{ acc adm}} = \frac{10 \cdot k}{t^n} \left(1 + \frac{3 \cdot (\rho + \rho_o)}{1000} \right) = \quad [3.27]$$

Donde:

- $V_{paso \text{ acc adm}}$: tensión de paso acceso admisible.
- k : coeficiente.
- t : tiempo total de duración de la falta en segundos.
- n : coeficiente.



- ρ : resistividad del terreno.
- ρ_o : resistividad del hormigón.

$$V_{paso\ acc\ adm} = \frac{10 \cdot k}{t^n} \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right) = \frac{10.72}{0,7^1} \left(1 + \frac{3(180 + 3000)}{1000} \right) = 9812,75V$$

Los valores calculados para el Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles.

Tensión de paso en el exterior del centro.

$$V'_p = 1813,22V < V_{paso\ adm} = 2139,24V$$

Tensión de paso en el interior del centro.

$$V'_c = 3437,29V < V_{paso\ acceso\ adm} = 9812,75V$$

Tensión de defecto

$$V_d = 8940V$$

Intensidad de defecto

$$I_{dm'} = \frac{V_d}{R_{pat'}} = \frac{15000/\sqrt{3}}{11,52} = 751,75A$$

3.5.8 Tensiones transferibles al exterior

Como la tensión de defecto es mayor que 1kV es necesaria la separación de los dos sistemas de tierra.

Esta separación atiende a la siguiente ecuación:

$$D = \frac{\rho \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi} \quad [3.28]$$

Donde:

- ρ_o = resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$
- I'_d : Intensidad de defecto en A
- D: distancia mínima de separación en metros



$$D = \frac{\rho \cdot I_d'}{2000 \cdot \pi} = \frac{180.751,75}{2000 \cdot \pi} = 21,53m$$

3.5.9 Corrección y ajustes del diseño inicial

Según el proceso de elección del electrodo de puesta a tierra, y cumpliendo con todos los valores, no es necesario la corrección del diseño preliminar.



4 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

En el presente proyecto, el Estudio Básico de Seguridad y Salud, únicamente se centra en la seguridad eléctrica, dejando al margen partes de dicho estudio como:

- Características generales de la obra civil.
- Actuaciones previas a la ejecución de la obra.
- Maquinarias y medios auxiliares.
- Formación personal.
- Medicina preventiva y asistencial.
- Obligaciones de cada contratista adjudicatario en materia de seguridad y salud.
- Normativa aplicable.

Estos apartados no se han incluido dentro del Proyecto debido a que están perfectamente definidos en la Normativa Corporativa de Seguridad y Salud del Grupo ArcelorMittal.

4.1 RIESGOS Y PREVENCIÓN EN TRABAJOS DE MONTAJE ELEMENTOS ELÉCTRICOS

4.1.1 Riesgos más frecuentes

- Contactos accidentales con partes en tensión.
- Caídas en altura.
- Utilización de herramientas manuales.

4.1.2 Medidas de prevención

- Utilizar cuadros de distribución con protecciones diferenciales.
- Comprobación de ausencia de tensión.



- Bloqueo y/o aislamiento de las partes en tensión, o que pudieran ponerse en tensión accidentalmente.
- Puesta en corto circuito y a tierra de los elementos conductores que afecten o puedan afectar al lugar de trabajo.
- Señalizar y acotar la zona de trabajo.
- Utilizar el equipo de protección colectiva e individual adecuado (barandillas, equipo aislante, arnés de seguridad, casco, guantes, etc.).
- Todo trabajador que permanezca en una instalación con partes en tensión, deberá poseer la formación necesaria para desempeñar su puesto de trabajo en estas condiciones
- En todo momento se respetarán las distancias de seguridad con respecto a los elementos en tensión, midiéndola desde el extremo más alejado del operario (incluida la herramienta). Estas distancias son las exigidas en el Real Decreto 614/01, para realizar trabajos en proximidad de elementos en tensión:

Tabla 32. Distancias límite en las zonas de trabajo.

U_n	D_{PEL-1}	D_{PEL-2}	D_{PROX-1}	D_{PROX-2}
≤ 1	50	50	70	300
3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300



U_n	D_{PEL-1}	D_{PEL-2}	D_{PROX-1}	D_{PROX-2}
45	98	73	148	300
66	120	85	170	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

U_n : Tensión nominal de la instalación (kV).

D_{PEL-1} : Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).

D_{PEL-2} : Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).

D_{PROX-1} : Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).

D_{PROX-2} : Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).

Las zonas con tensión dentro de la obra deben estar perfectamente delimitadas y señalizadas, separándolas del resto de la obra sin tensión:

- Cuando se esté trabajando con maquinaria en zonas próximas a elementos con tensión, se vigilará que el radio de acción de la misma no sobrepasa la distancia de seguridad anteriormente marcada.



- Todos los trabajos se planificarán previamente y durante su ejecución serán controlados por un responsable, paralizando los mismos cuando exista duda de no poder respetar las distancias de seguridad.

Normas de prevención específicas del oficio de y electricista

Las tensiones inferiores a 24 V se pueden considerar seguras, no necesitándose protección adicional.

Los trabajos en instalaciones con tensiones superiores a 24 V han de realizarse cumpliendo una serie de normas básicas de seguridad, que son las llamadas Cinco reglas de Oro.

- Cortar todas las fuentes de tensión.
- Bloquear las fuentes de tensión.
- Comprobar la ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en cortocircuito.
- Señalizar la zona de trabajo

En los trabajos cerca de elementos en tensión, en el caso de que no se permitiera el corte de tensión, deberá aislar los elementos en tensión de forma que aún con movimientos involuntarios en ningún caso pueda contactar con tensión. El operario deberá utilizar los elementos de protección personal específicos para este trabajo, guantes aislantes, alfombra aislante, etc.

Las máquinas eléctricas, en todos los casos, se conectarán a tomas de corriente que dispongan de protección. Según sea su tipo, dispondrán de alguno de los sistemas de protección contra contactos eléctricos, doble aislamiento, transformador de seguridad, dispositivo de corte automático, etc.

En el caso de que fuera necesario maniobrar con elementos en tensión, como interruptores, seccionadores, etc., se deberán utilizar los equipos de cortes y maniobra especificados por la Propiedad, y, en todos los casos, con su autorización por escrito.



4.2 MEDIDAS DE PROTECCIÓN

4.2.1 Protecciones personales

Cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de una o varios riesgos. Según los trabajos, existen unas normas de obligado cumplimiento sobre el uso y conservación de protecciones personales. Asimismo, los equipos de protección individual cumplirán lo establecido en el Real Decreto 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de EPI.

Los equipos de protección que se utilizan en este tipo de trabajo son los siguientes:

- Casco homologado.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad homologadas.
- Arnés de seguridad de seguridad específico homologado.
- Gafas para protección de partículas.

Revisiones de los elementos de protección

La labor de revisión de los elementos de protección será continua y cuidadosa.

Por lo que a los elementos de protección personal se refiere, se renovarán siempre que sea necesario, según su uso. En cuanto a los elementos de protección colectiva, deberán estar en todo momento en perfecto estado de uso.

Es responsabilidad del trabajador informar de cualquier defecto anomalía o daño apreciado en el equipo y que pueda entrañar una pérdida de su eficacia protectora.



4.3 INSTALACIONES PROVISIONALES DE ELECTRICIDAD PARA LA OBRA

Desde el punto de toma fijado por la Propiedad se procederá al montaje de la instalación de obra.

La acometida será preferiblemente subterránea, disponiendo de un armario de protección en módulos normalizados, dotados de contadores de energía activa y reactiva si así se requiriese.

A continuación se pondrá el cuadro general de mando y protección, dotado de seccionador general de corte automático, interruptor unipolar y protección contra faltas a tierra, sobrecargas, y cortocircuito, mediante interruptores magnetotérmicos y relé diferencial de 300 mA de sensibilidad, puesto que todas las masas y el valor de la toma de tierra es $< 10^{\circ}$, además en los cuadros parciales se pondrá diferenciales de 30 mA. El cuadro estará construido de manera que impida el contacto con los elementos bajo tensión.

De este cuadro saldrán los circuitos necesarios de suministro a los cuadros secundarios para alimentación a los diferentes medios auxiliares, estando todos ellos debidamente protegidos con diferencial e interruptores magnetotérmicos.

Por último, del cuadro general saldrá un circuito para alimentación de los cuadros secundarios donde se conectarán las herramientas portátiles de los tajos. Estos cuadros serán de instalación móvil, según necesidades de obra y cumplirán las condiciones exigidas para instalaciones a la intemperie, estando colocados estratégicamente con el fin de disminuir en lo posible la longitud y el número de líneas.

El armario de protección y medida se colocará en el límite del solar, de conformidad con la Compañía Suministradora.

Las tomas de corriente y clavijas, llevarán contacto de puesta a tierra de manera obligatoria.



4.4 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Fallos de aislamientos.
- Deterioro de conductores.
- Contactos fortuitos.
- Caídas de altura.
- Descargas eléctricas de origen directo o indirecto.
- Caídas al mismo nivel.

Medidas de prevención

- Cualquier parte de la instalación se considerará bajo tensión mientras no se compruebe lo contrario con los aparatos adecuados.
- Los conductores, si van por el suelo, no serán pisados ni se colocarán materiales sobre ellos; al atravesar zonas de paso se protegerán adecuadamente.
- En la instalación de alumbrado, estarán separados los circuitos de la valla, accesos a zonas de trabajo, escaleras, etc.
- Los empalmes provisionales entre mangueras se harán siempre mediante conexiones normalizadas antihumedad, debiendo estar siempre elevados y nunca en el suelo.
- Para los empalmes definitivos se utilizarán cajas de empalme de seguridad normalizada y estanca.
- Las derivaciones de conexión a máquinas se realizará con terminales de presión, disponiendo las mismas de mando de marcha y parada.
- Estas derivaciones, al ser portátiles, no estará sometidas a tracción mecánica que pudiera originar su rotura presenten algún deterioro en la capa aislante de protección.
- La iluminación de los tajos será siempre la adecuada para realizar los trabajos con seguridad.
- Las zonas de paso de la obra estarán perfectamente iluminadas.



Protecciones personales

- Casco homologado de seguridad dieléctrica.
- Guantes aislantes.
- Comprobador de tensión.
- Herramientas manuales con aislamiento.
- Tarimas, alfombrillas, pértigas aislantes.

Protecciones colectivas

- Mantenimiento periódico del estado de las mangueras, tomas de tierra, enchufes, cuadros, distribuidores, etc.



5 PLIEGO CONDICIONES

5.1 OBRA CIVIL

El edificio, local o recinto destinado a alojar en su interior la instalación eléctrica descrita en el presente proyecto, cumplirá las Condiciones Generales prescritas en las Instrucciones del MIE-RAT 14 del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, referentes a su situación, inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado y canalizaciones, etc.

El Centro será construido enteramente con materiales no combustibles.

Ninguna de las aberturas del Centro será tal que permita el paso de cuerpos sólidos de más de 12mm. de diámetro. Las aberturas próximas a partes en tensión no permitirán el paso de cuerpos sólidos de más de 2,5 mm de diámetro, y además existirá una disposición laberíntica que impida tocar el objeto o parte en tensión.

5.2 CELDAS METÁLICAS

A fin de garantizar una protección total a las personas que manipulen dicho equipo, se prestará una particular atención en alcanzar un alto grado de seguridad a la hora de evitar la aparición de arcos internos. Las tres fases que se encuentren en el interior del equipo estarán dispuestas de tal forma que ni entre ellas ni entre contactos abiertos de la misma fase pueda existir una corriente de fuga. Esto impedirá cortocircuitos directos entre fases, consiguiendo que dicha corriente de fuga vaya a tierra.

Por construcción, al estar el equipo compuesto de varias celdas modulares, en el caso de falta de alguna de las posiciones, sólo sería necesaria la sustitución de dicha posición, con el siguiente ahorro.

5.3 TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Los transformadores deberán cumplir con las siguientes normas:

- UNE-EN 60076



- UNE 21428
- RU 5201-C

5.4 CONDUCTORES

Los conductores que se instalen estarán de acuerdo con lo que se especifica en el Proyecto.

Los cables de fases, neutro y tierra irán identificados por el color: negro, marrón y gris para las fases; azul para el neutro, y amarillo-verde para el de tierra (en baja tensión).

5.5 INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO DE B. T.

Será adecuado para protección contra las sobrecargas y los cortocircuitos, con un poder de corte de 20 KA como mínimo, según norma UNE-EN 60947-2.

5.6 PRUEBAS REGLAMENTARIAS

Las pruebas y ensayos que han debido superar las celdas antes de ser instaladas son las siguientes:

5.6.1 PRUEBA DE OPERACIÓN MECÁNICA

Se realizarán pruebas de funcionamiento mecánico sin tensión en el circuito principal de interruptores, seccionadores y demás aparellaje, así como los elementos móviles y enclavamientos. Se probarán cinco veces en ambos sentidos.

5.6.2 Pruebas de dispositivos auxiliares eléctricos.

Se realizarán pruebas sobre elementos que tengan una determinada secuencia de operación.



5.7 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO DE SEGURIDAD

El centro de transformación (CT) deberá estar siempre perfectamente cerrados, de forma que impida el acceso a personas ajenas al servicio.

Las puertas de acceso a este centro abrirán siempre hacia el exterior del recinto.

En las proximidades de elementos con tensión del centro de transformación quedará prohibido el uso de pavimentos excesivamente pulidos.

En el interior de este centro no se podrá almacenar ningún elemento que no pertenezca a la propia instalación.

Las conducciones de agua o gas se instalarán lo suficientemente alejadas del CT, de tal forma que un accidente en dichas conducciones no ocasione averías en la instalación eléctrica.

Toda la instalación eléctrica deberá estar correctamente señalizada y deberán 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 se utilizará banqueta, palanca de accionamiento, guantes, etc. y deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.

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

Junto al accionamiento de la apartada de las celdas se incorporarán de forma gráfica y clara, las marcas e indicaciones necesarias para la correcta manipulación de dicho aparellaje.

Además de las pruebas realizadas del equipo, deberá realizarse en el CT una prueba del correcto funcionamiento de todos los aparatos de maniobra y protección.

Antes de la puesta en servicio con carga, 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.

5.7.1 Puesta en servicio.

El personal encargado de realizar las maniobras estará debidamente autorizado por la empresa suministradora de energía eléctrica, y ésta deberá permitir dicha puesta en servicio.

Las maniobras se realizarán con el siguiente orden: primero se conectará el interruptor seccionador de entrada de línea y a continuación el interruptor de protección de los transformadores, con lo cual tendremos los transformadores trabajando en vacío para hacer las comprobaciones oportunas.

Una vez realizadas las maniobras en alta tensión, procederemos a conectar la red de baja tensión.

En el supuesto de surgir alguna anomalía, se realizará una minuciosa inspección a la instalación y no se procederá a una nueva puesta en servicio hasta que no se haya solventado la irregularidad.

5.7.2 Separación de servicio.

Al igual que para la puesta en servicio, el personal deberá estar autorizado a la manipulación del aparellaje.

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.

5.7.3 Mantenimiento.

Es aconsejable para el buen funcionamiento y larga duración del equipo.

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

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



5.8 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACION

Se aportará para la tramitación ante los organismos públicos la documentación que se describe:

- Solicitud
- Proyecto
- Protocolo de ensayo del transformador
- Contrato de mantenimiento

5.9 NORMAS DE EJECUCION DE LAS INSTALACIONES

Los materiales, aparatos, máquinas y conjuntos integrados en los circuitos de la instalación proyectada cumplirán las normas, especificaciones técnicas y homologaciones que le sean establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Industria y Energía.

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



6 PRESUPUESTO

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS FÉRRICOS



Nº Orden	Cantidad	DESCRIPCION	Precio unidad	TOTAL Euros
1.		EQUIPOS MEDIA TENSIÓN.-		
	1	Interruptor Automático, aislamiento 17,5 KV. Protección Transformador.	8.000,00 €	8.000,00 €
	1	Celda entrada 17,5kV en subestación de distribución	*	
	400	Conductor HERPZ-1 12/20kv	14,44 €	5.776,00 €
	1	Relé de protección fallo de defecto a tierra	245,00 €	245,00 €
	1	Relé de protección de máxima intensidad de fase	192,50 €	192,50 €
	1	Seccionador de puesta a tierra	1.965,00 €	1.965,00 €
	3	Transformador de intensidad	143,01 €	429,03 €
	3	Transformador de tensión	112,00 €	336,00 €
		TOTAL EQUIPOS DE MEDIA TENSIÓN		16.943,53 €
2.		CENTRO DE TRANSFORMACIÓN COMPACTO		
	1	Eificio centro transformación Compacto		
	1	Transformador de Potencia de 400KVA, 15kV-400V, Grupo de conexión Dyn11. Centro compacto de superficie.	3.479,00 €	3.479,00 €
	3	Fusibles de 400V 630A Pdc 20kA	2.191,07 €	6.573,21 €
		TOTAL CENTRO TRANSFORMACIÓN.		10.052,21 €

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS FÉRRICOS



Nº Orden	Canti- dad	DESCRIPCION	Precio unidad	TOTAL Euros
3.		EQUIPOS BAJA TENSIÓN.-		
	2	Arrancador 400V 10CV	1.456,00 €	2.912,00 €
	1	Arrancador 400V 150CV	10.710,00 €	10.710,00 €
	1	Arrancador 400V 15CV	1.806,00 €	1.806,00 €
	2	Arrancador 400V 20CV	2.450,00 €	4.900,00 €
	3	Arrancador 400V 3CV	763,00 €	2.289,00 €
	1	Arrancador 400V 6CV	1.197,00 €	1.197,00 €
	3	Arrancador 400V 8CV	1.456,00 €	4.368,00 €
	40	Cable tetrapolar 0,6/1kV de sección 10mm2	7,97 €	318,92 €
	20	Cable tetrapolar 0,6/1kV de sección 16mm2	20,32 €	406,34 €
	10	Cable tetrapolar 0,6/1kV de sección 240mm2	267,63 €	2.676,27 €
	250	Cable tetrapolar 0,6/1kV de sección 6mm2	3,89 €	973,00 €
	25	Cable tetrapolar 0,6/1kV de sección 70mm2	88,03 €	2.200,70 €
	65	Cable tripolar 0,6/1kV de sección 10 mm2	9,96 €	647,47 €
	300	Cable tripolar 0,6/1kV de sección 2,5mm2	3,16 €	947,94 €
	859	Cable tripolar 0,6/1kV de sección 4 mm2	4,27 €	3.671,54 €
	185	Cable tripolar 0,6/1kV de sección 6 mm2	6,04 €	1.117,07 €
	14	Conctactores	4,90 €	68,60 €
	2	Cuadro General de distrubicón	559,97 €	1.119,93 €
	1	Interruptor diferencial tetrapolar 400V,In=06A,Id=300mA	109,41 €	109,41 €
	4	Interruptor diferencial tetrapolar 400V,In=10A,Id=300mA	109,41 €	437,64 €
	1	Interruptor diferencial tetrapolar 400V,In=16A,Id=300mA	109,41 €	109,41 €
	4	Interruptor diferencial tetrapolar 400V,In=20A,Id=30mA	77,67 €	310,66 €
	1	Interruptor diferencial tetrapolar 400V,In=25A,Id=300mA	109,41 €	109,41 €
	2	Interruptor diferencial tetrapolar 400V,In=32A,Id=300mA	119,76 €	239,51 €
	1	Interruptor diferencial tetrapolar 400V,In=32A,Id=30mA	97,83 €	97,83 €
	14	Interruptor diferencial tetrapolar 400V,In=3A,Id=30mA	77,67 €	1.087,31 €
	1	Interruptor diferencial tetrapolar 400V,In=50A,Id=300mA	217,36 €	217,36 €

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS FÉRRICOS



Nº Orden	Canti- dad	DESCRIPCION	Precio unidad	TOTAL Euros
	1	Interruptor diferencial tetrapolar 400V,In=63A,Id=300mA	217,50 €	217,50 €
	14	Interruptor magnetotérmico tetrapolar 400V,In=03A,PdC=20kA	77,00 €	1.078,00 €
	3	Interruptor magnetotérmico tetrapolar 400V,In=06A,PdC=20kA	53,90 €	161,70 €
	4	Interruptor magnetotérmico tetrapolar 400V,In=10A,PdC=20kA	49,00 €	196,00 €
	3	Interruptor magnetotérmico tetrapolar 400V,In=16A,PdC=20kA	50,35 €	151,05 €
	3	Interruptor magnetotérmico tetrapolar 400V,In=20A,PdC=20kA	51,81 €	155,44 €
	1	Interruptor magnetotérmico tetrapolar 400V,In=250A,PdC=20kA	889,10 €	889,10 €
	1	Interruptor magnetotérmico tetrapolar 400V,In=25A,PdC=20kA	52,82 €	52,82 €
	4	Interruptor magnetotérmico tetrapolar 400V,In=32A,PdC=20kA	55,99 €	223,94 €
	1	Interruptor magnetotérmico tetrapolar 400V,In=50A,PdC=20kA	90,87 €	90,87 €
	1	Interruptor magnetotérmico tetrapolar 400V,In=630A,PdC=20kA	2.051,81 €	2.051,81 €
	1	Interruptor magnetotérmico tetrapolar 400V,In=63A,PdC=20kA	98,41 €	98,41 €
	14	Pulsadores de control	9,10 €	127,40 €
	1	Pupitre de mando	439,70 €	439,70 €
TOTAL EQUIPOS BAJA TENSIÓN				50.982,04 €

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS FÉRRICOS



Nº Orden	Canti- dad	DESCRIPCION	Precio unidad	TOTAL Euros
4.		RED DE TIERRAS.-		
	1	Ud. tierras exteriores, picas alineadas, para Tierras de Protección CT.		
	1	Ud. tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, para Tierras de Protección CT.		
	1	Ud. tierras exteriores, picas alineadas, para Tierras de Servicio CT.		
	1	Ud. tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, para Tierras de Servicio CT.		
		TOTAL RED DE TIERRAS		1.451,15 €
5.		EQUIPOS / INSTALACIONES VARIOS.-		
	1	Ud. Equipos de Maniobra y Seguridad.		
		TOTAL VARIOS		450,00 €
6.		OBRA CIVIL.-		
	1	Ud. De acondicionamiento para la base de sujección del centro de transformación.		
		TOTAL OBRA CIVIL		1.900,00 €
		TOTAL		81.778,93 €

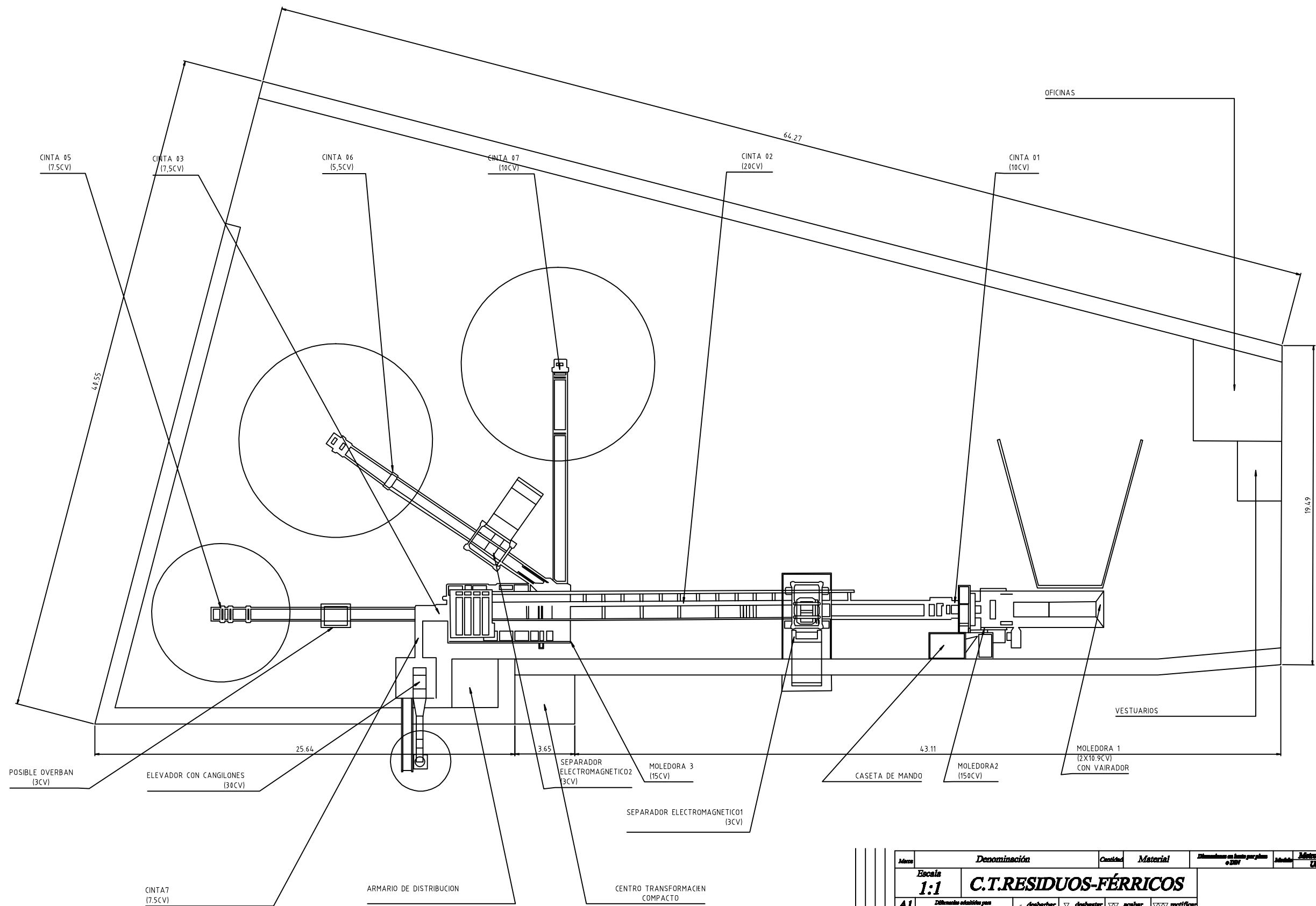


R E S U M E N

1.- EQUIPOS MEDIA TENSIÓN.	16.943,53 €
2.- TRANSFORMADOR DE POTENCIA.	10.052,21 €
3.- EQUIPOS BAJA TENSIÓN.	50.982,04 €
4.- RED DE TIERRAS.	1.451,15 €
5.- EQUIPOS / INSTALACIONES VARIOS.	450,00 €
6.- OBRA CIVIL.	1.900,00 €
TOTAL	81.778,93 €

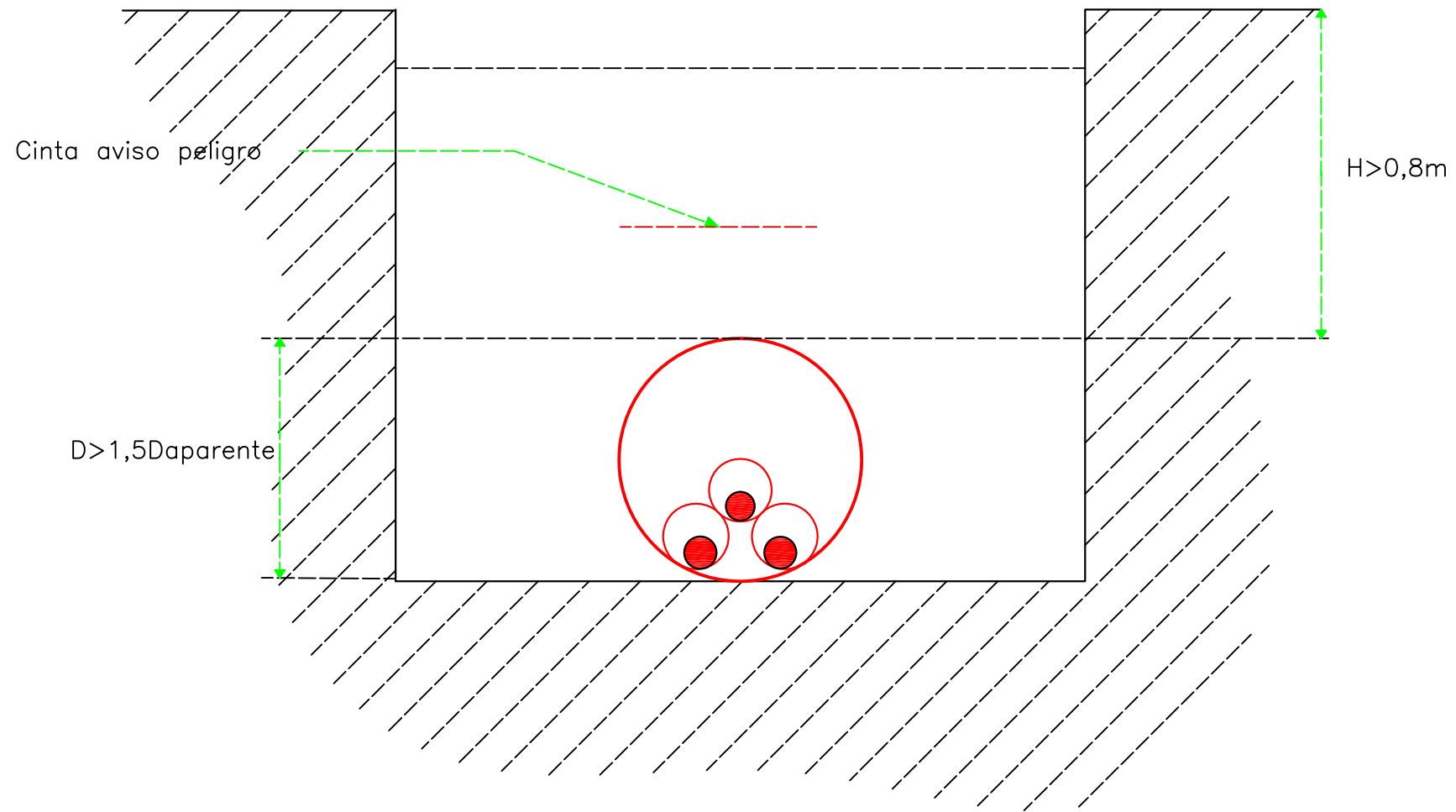


7 PLANOS

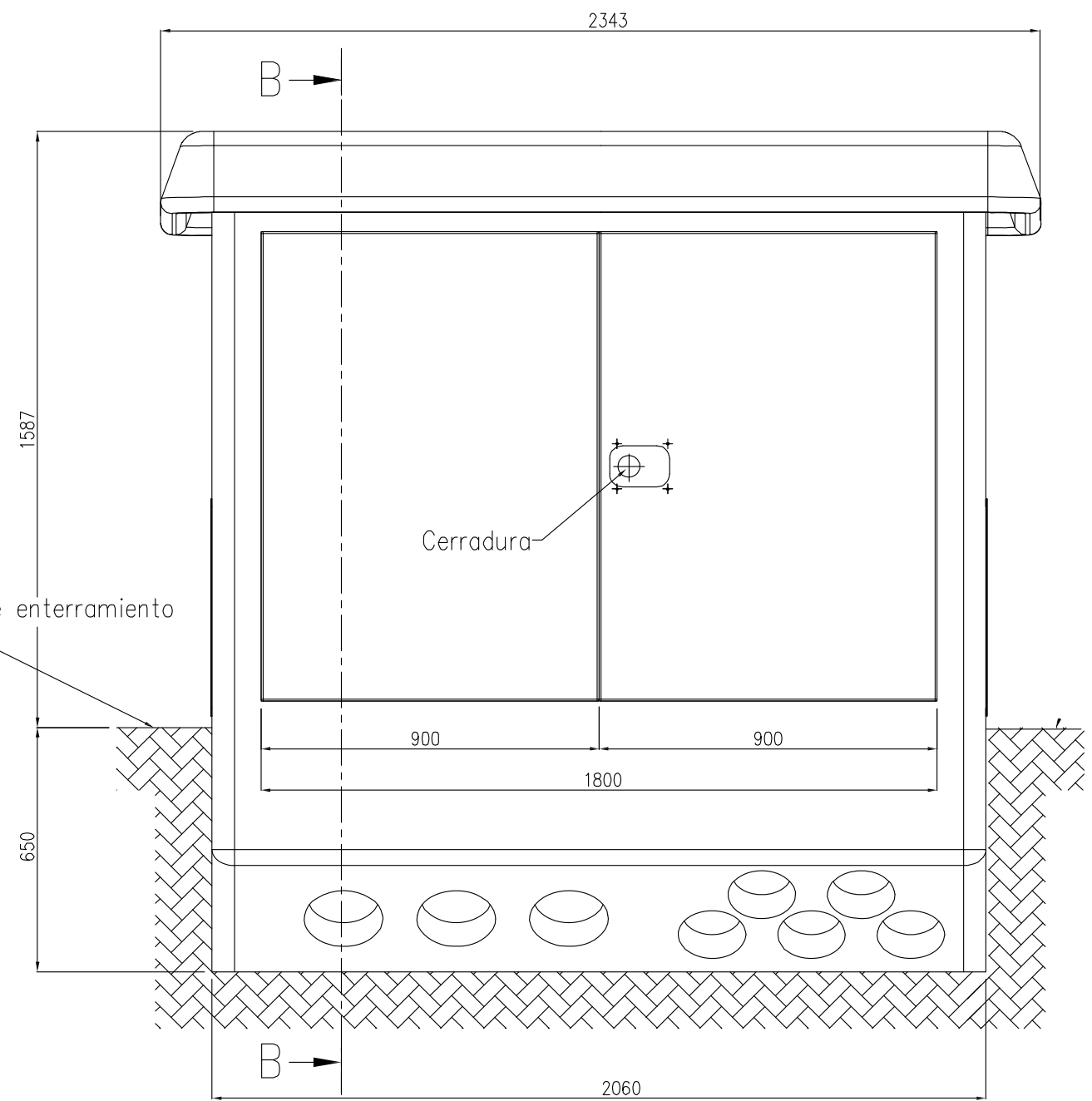
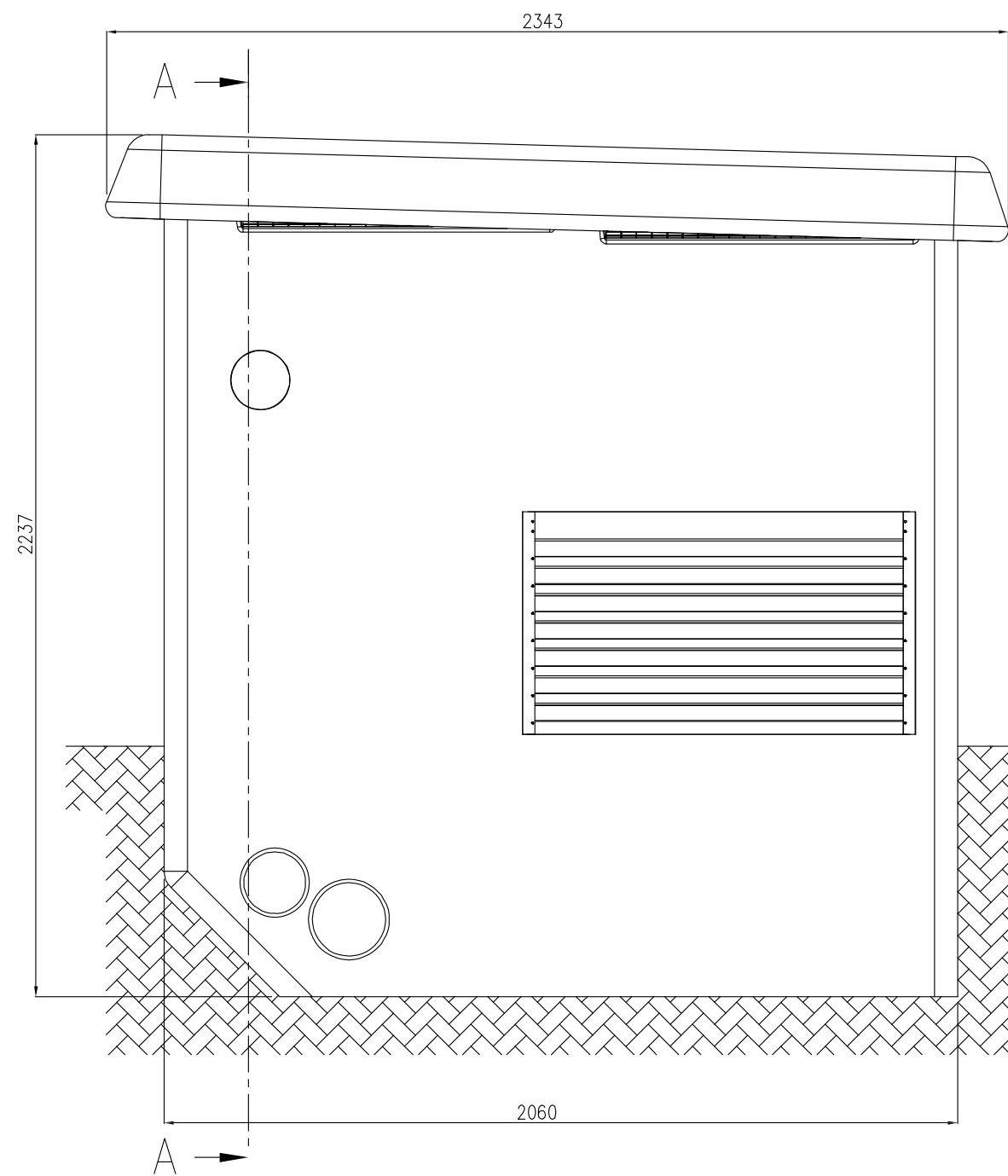


Adm.	Denominación	Cantidad	Material	Dimensiones en milímetros por planos o 200'	Unidad	México	Unidad
Escala 1:1		C.T.RESIDUOS-FÉRRICOS					
AI		Distancias indicadas para centros de referencia					
Medidas	Fixo	Medio	Basto				
Hasta 6	± 0.05	± 0.1	± 0.2				
6 a 30	± 0.1	± 0.2	± 0.5				
30 a 100	± 0.15	± 0.3	± 0.8				
100 a 300	± 0.2	± 0.5	± 1.2				
300 a 1000	± 0.3	± 0.8	± 2				
Clasificar según Estándar Suptec		0.3-0.5 mm					
				PLANO PLANTA INSTALACIÓN			
				1			
				00-00-01			

DEBURADO	FECHA	NOMBRE
CALCADO		
COMPROBADO		



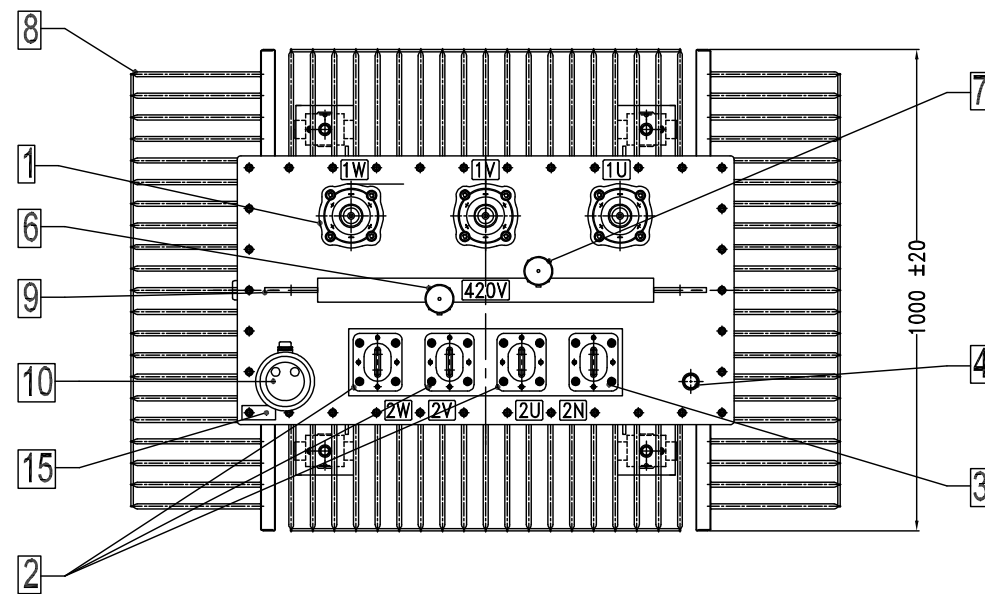
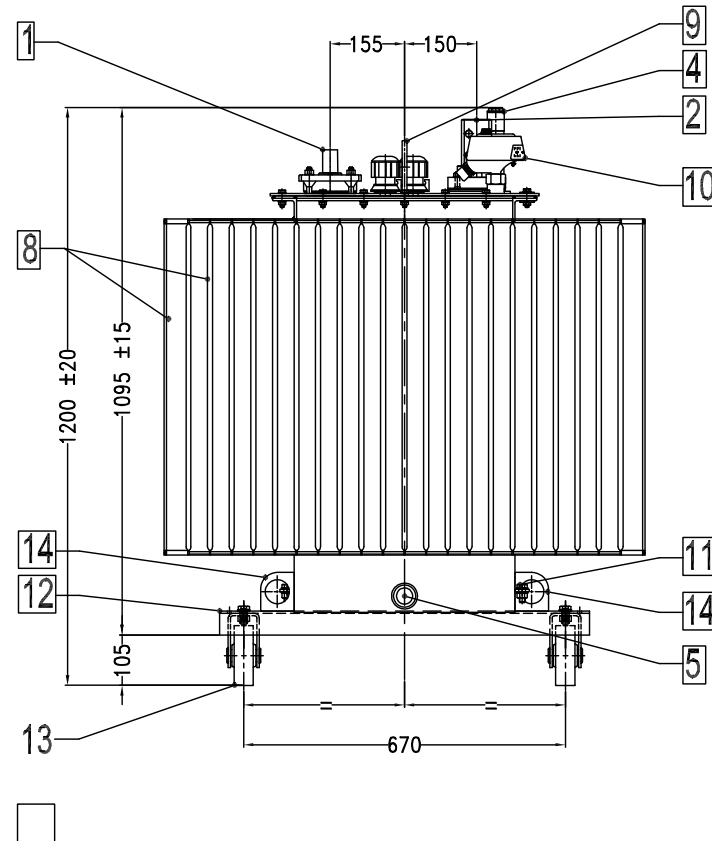
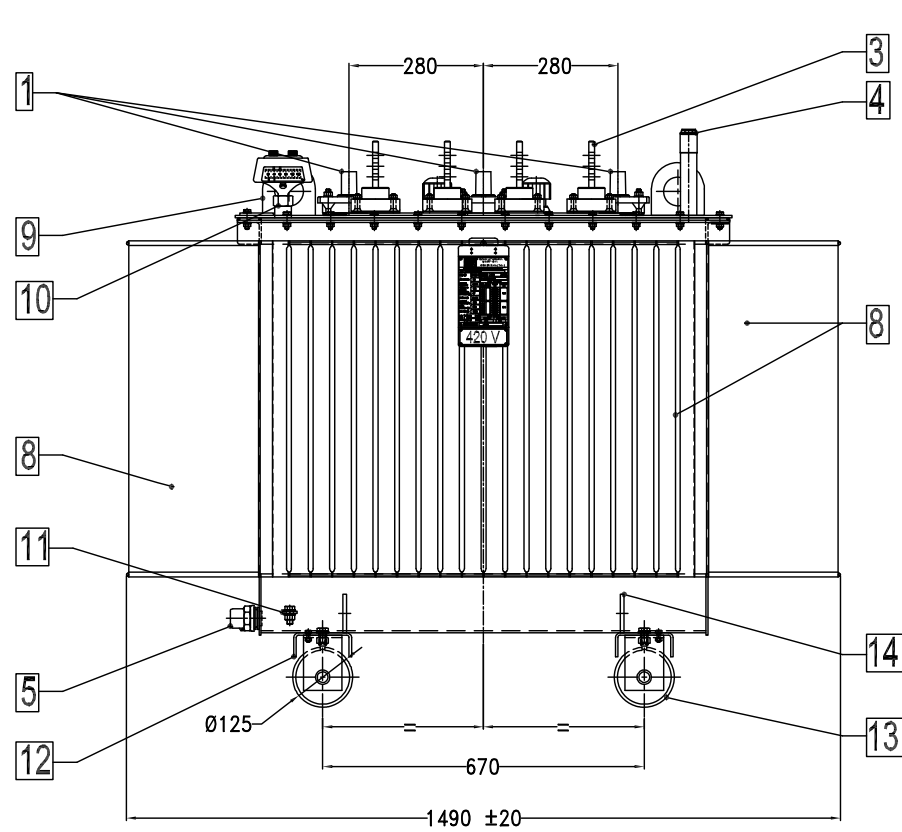
Marca	Denominación	Cantidad	Material	Dimensiones en bruto por pieza o DIN	Modelo	Metros Unitario	Kilos
Escala	C.T.RESIDUOS-FÉRRICOS						
Diferencias admitidas para medidas sin tolerancia		- desbarbar	∇ desbastar	∇∇ acabar	∇∇∇ rectificar		
Medidas	∇ Fino	∇ Medio	~ Basto				
Hasta 6	± 0.05	± 0.1	± 0.2				
6 a 30	± 0.1	± 0.2	± 0.5				
30 a 100	± 0.15	± 0.3	± 0.8				
100 a 300	± 0.2	± 0.5	± 1.2				
300 a 1000	± 0.3	± 0.8	± 2				
Chatarra cantos	1 0.3-0.5 mm						
Redondear ángulos							
Se modifica	Se modifica	Se modifica	Se modifica				
D	C	B	A				
SECCION ARQUETA				DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	
				CALCADO			
				COMPROBADO	FECHA	NOMBRE	
				00-00-03			



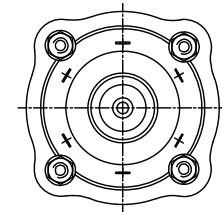
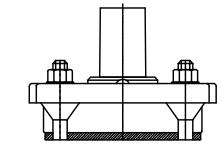
Cota de enterramiento

Cerradura

Marca	Denominación	Cantidad	Material	Dimensiones en bruto por pieza o DIN	Modelo	Metros Unitario	Kilos Unitario
	CT.RESIDUOS-FERRICOS						
Escala							
A3		Diferencias admitidas para medidas sin tolerancia					
Medidas		~ desbarbar	▽ desbastar	∇ acabar	∇∇∇ rectificar	DIMENSIONES	
		CTC					
Hasta 6		± 0.05	± 0.1	± 0.2			
6 a 30		± 0.1	± 0.2	± 0.5			
30 a 100		± 0.15	± 0.3	± 0.8			
100 a 300		± 0.2	± 0.5	± 1.2			
300 a 1000		± 0.3	± 0.8	± 2			
		Challanar canchales / Redondear ángulos / 0.3-0.5 mm					
DIBUADO		FECHA		NOMBRE			
CALCADO		FECHA		NOMBRE			
COMPROBADO		FECHA		NOMBRE			
		00-00-04					

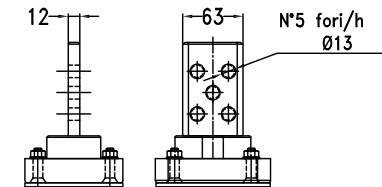


SIN ESCALA



M.T. resin bushing <plug in>
insulator 24kV/250A
M.T. Isolatore passante
in resina 24kV/250A

SIN ESCALA



B.T. resin insulator 1kV/1600A
B.T. Isolatore in resina
1kV/1600A

Pos.	N°	Description	Tipo/Type
15	1	RUEDAS PARA TRANSPORTE	Platelet for matriculation labelling
14	4	GANCHO PARA TRANSPORTE	Towing hooks
13	4	RUEDAS PARA TRANSPORTE	Wheels of transport
12	2	BASE TRANSFORMADOR	Base of support
11	2	PUESTA A TIERRA	Earthing clamp
10	1	TERMOMETRO TEMPERATURA ACEITE	Thermometer for temperature oil
9	2	SOPORTE DE ELVACION	Hooks of raising
8	4	RADIADORES DE REFRIGERACION	Cooling radiators
7	1	CONMUTADOR CAMBIO TENSION	Grip handle commutator change tension
6	1	CONMUTADOR CAMBIO POSICION	Grip handle commutator change positions
5	1	VALVULA PRESION ACEITE	Discharge valve oil transformer
4	1	RUEDAS PARA TRANSPORTE	Filling trap
3	1	TOMA NEUTRO 2N	Insulator Neutral 2N
2	3	TOMAS BT 2U 2V 2W	LV Insulator 2U 1V 1W
1	3	TOMAS AT 1U 1V 1W	HV Insulator 1U 1V 1W

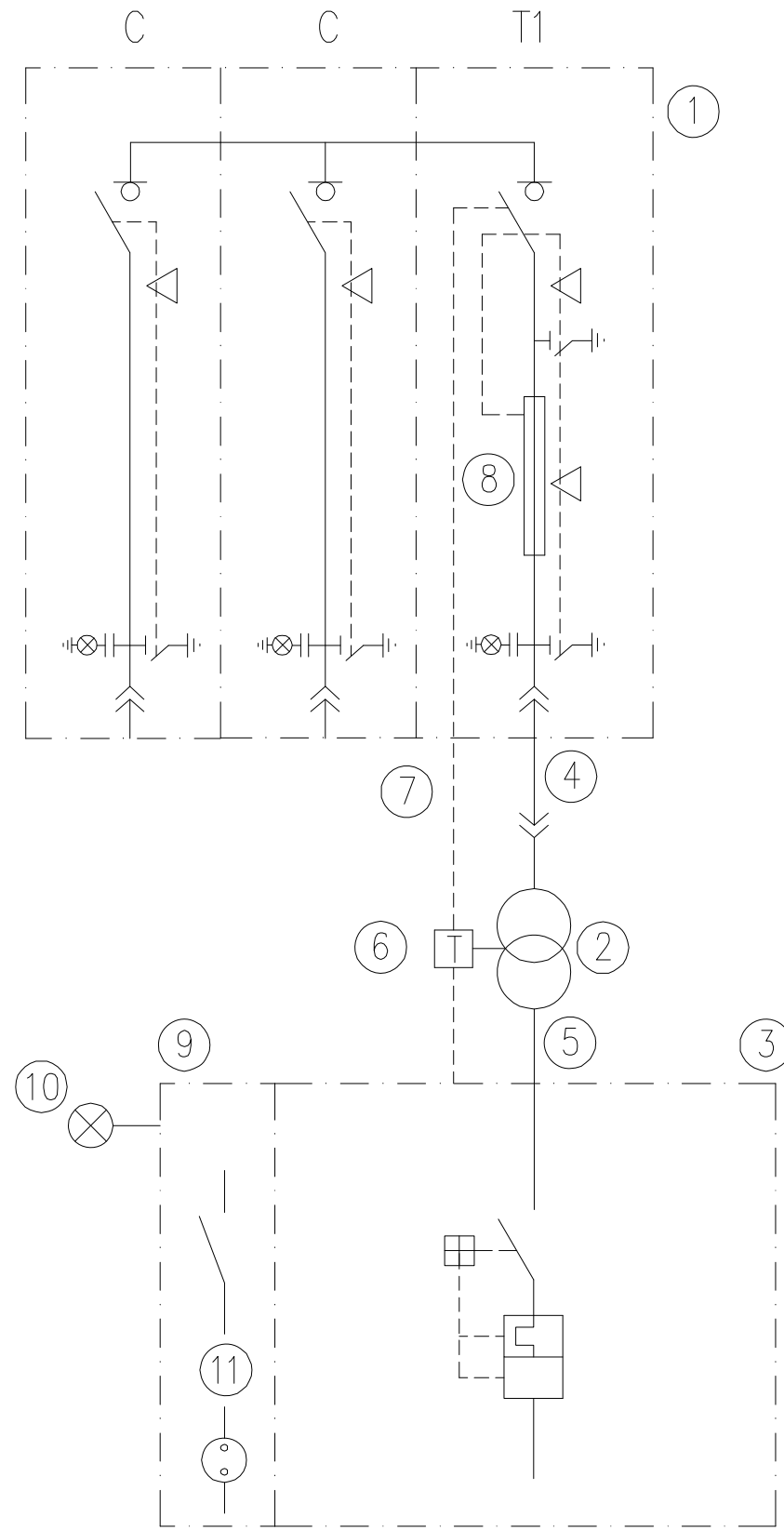
Marca	Denominación	Cantidad	Material	Dimensiones en bruto por pieza o DIN	Modelo	Metros	Kilos
Escola	C.T.RESIDUOS-FÉRRICOS						
1:1							
AI	Diferencias admitidas para medidas sin tolerancia	~ desbarbar	∇ desbastar	∇∇ acabar	∇∇∇ rectificar		
Medidas	∇ Fino ∇ Medio ∇ Basto						
Hasta 6	± 0.05 ± 0.1 ± 0.2						
6 a 30	± 0.1 ± 0.2 ± 0.5						
30 a 100	± 0.15 ± 0.3 ± 0.8						
100 a 300	± 0.2 ± 0.5 ± 1.2						
300 a 1000	± 0.3 ± 0.8 ± 2						
Challanar cantos	Redondear ángulos	0.3-0.5 mm					

Se modifica
Se modifica
Se modifica
Se modifica
Se modifica

VISTA
CENTRO
TRANSFORMACIÓN
400KVA

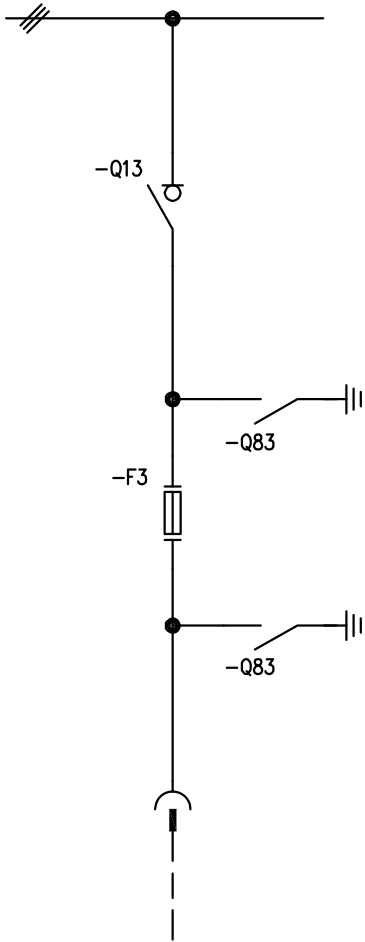
DIBUJADO	FECHA	NOMBRE
CALCADO	FECHA	NOMBRE
COMPROBADO	FECHA	NOMBRE

00-00-05



POS.	DENOMINACION
1	CELDA COMPACTA CON AISLAMIENTO SF6 TIPO FBX-C/24-16/C-C-T1
2	TRANSFORMADOR TRIFASICO DE DISTRIBUCION 630kVA Y DE 15kV / 20kV
3	INT. AUTOMATICO
4	CONEXION ENTRE CELDA MT Y TRAF0
5	CONEXION ENTRE INT. AUTOMATICO Y TRAF0
6	TERMOMETRO DE DOBLE CONTACTO CON AJUSTE INDEP. DE TEMPERATURAS DE ALARMA Y DISPARO
7	CONEXION PARA DISPARO DEL INTERRUPTOR DE PROTECCION POR TEMP. ELEVADA EN EL TRAF0
8	CARTUCHOS DE FUSIBLE HH PARA ALTA TENSION Y DE ALTO PODER DE RUPTURA
9	CUADRO DE B.T.
10	ALUMBRADO
11	TOMA DE CORRIENTE

Marca	Denominación	Cantidad	Material	Dimensiones en bruto por pieza o DIN	Modelo	Metros Unitario	Kilos Unitario
	Escala 1:1		C.T.RESIDUOS-FÉRRICOS				
AI	Diferencias admitidas para medidas sin tolerancia	~ desbarbar	▽ desbastar	▽▽ acabar	▽▽▽ rectificar		
Medidas	▽ Fino	▽ Medio	~ Basto				
Hasta 6	± 0.05	± 0.1	± 0.2				
6 a 30	± 0.1	± 0.2	± 0.5				
30 a 100	± 0.15	± 0.3	± 0.8				
100 a 300	± 0.2	± 0.5	± 1.2				
300 a 1000	± 0.3	± 0.8	± 2				
	Chataran cantos		0.3-0.5 mm				
	Redondear ángulos						
			ESQUEMA UNIFILAR TRAF0 1				
				DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	
				CALCADO			
				COMPROBADO	FECHA	NOMBRE	
				00-00-06			

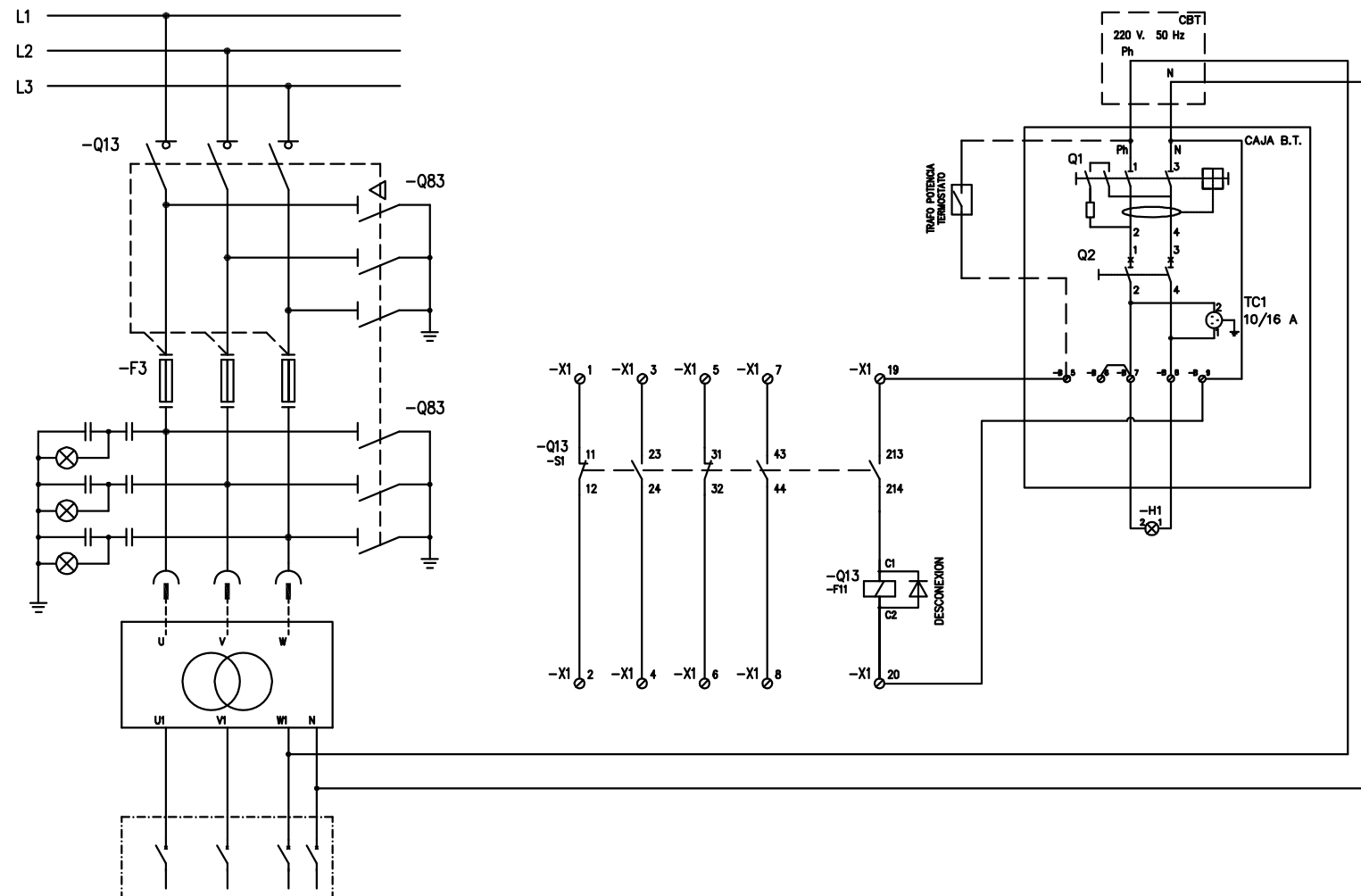


TIPO : FBX-T1

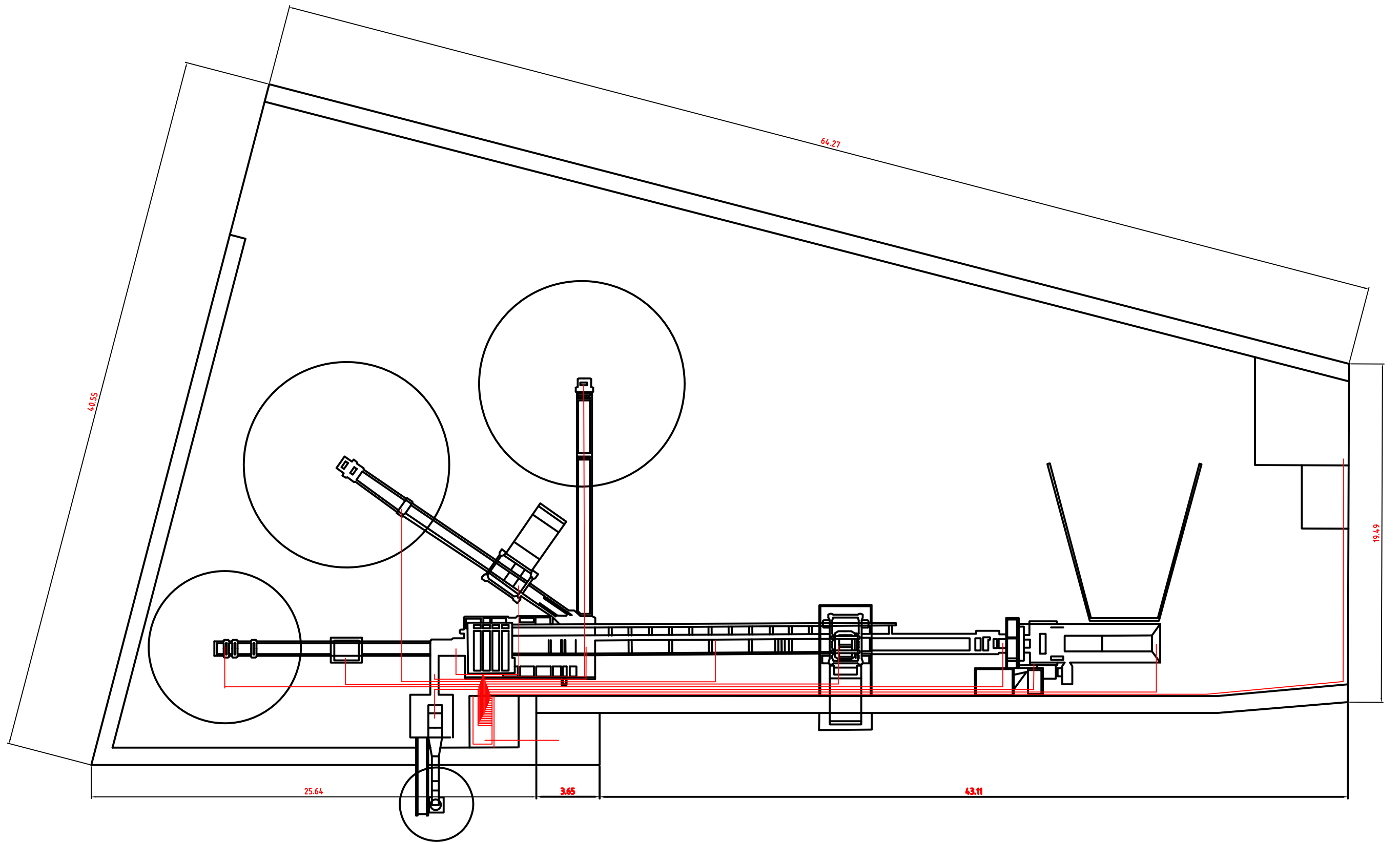
PROTECCION INTERRUPTOR SECCIONADOR CON FUSIBLES ASOCIADO

DENOMINACION APARATOS			
CAMPO 1	CAMPO 2	CAMPO 3	FUNCION
-Q11	-Q12	-Q13	INTERRUPTOR SECCIONADOR
-Q11-S1	-Q12-S1	-Q13-S1	CONTACTOS AUXILIARES
-Q81	-Q82	-Q83	SECCIONADOR PUESTA A TIERRA
-	-	-F3	FUSIBLES
-Q11-F11	-Q12-F11	-Q13-F11	BOBINA DESCONEXION
-X1	-X2	-X3	BORNAS CONEXION

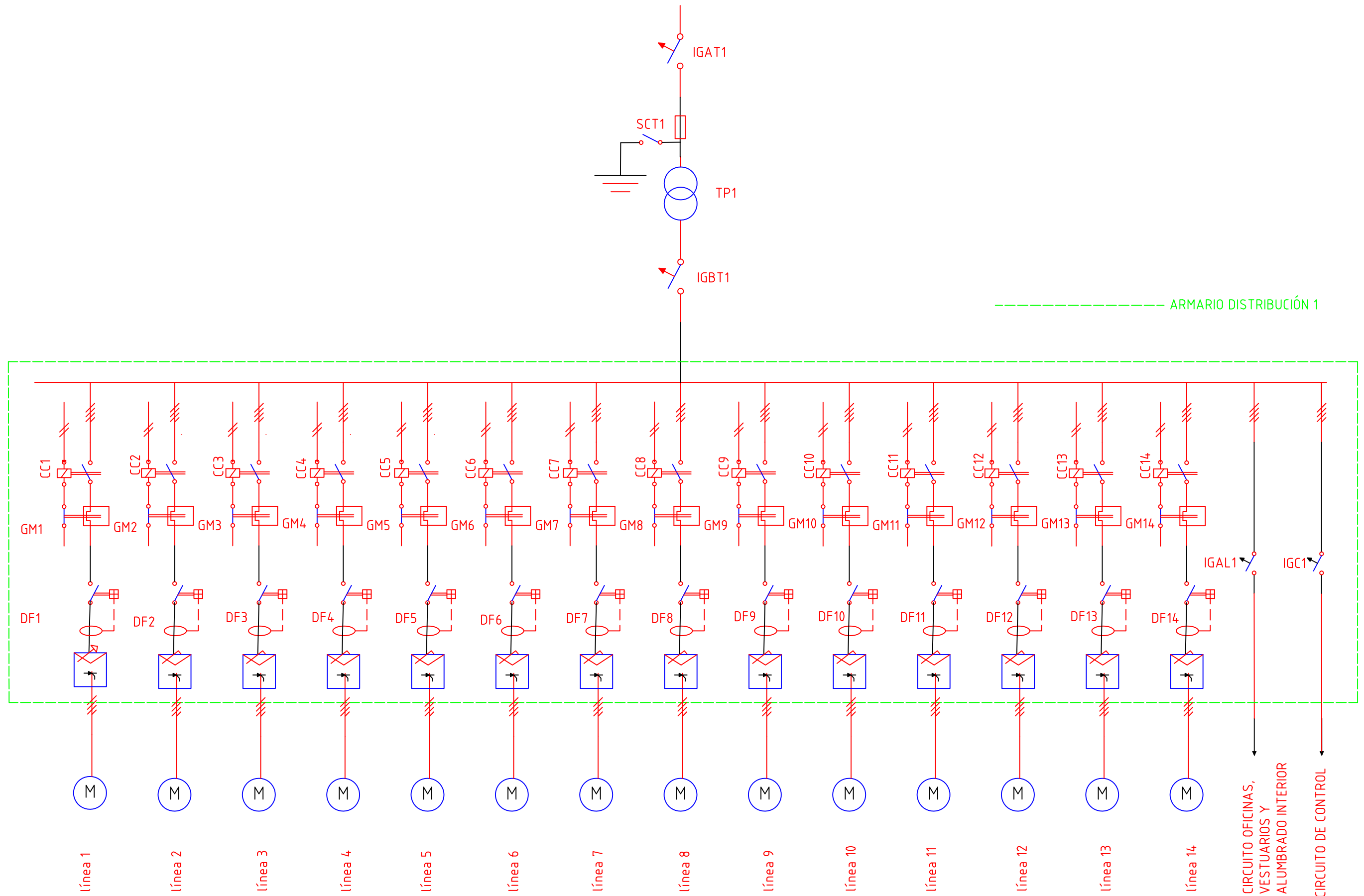
Marca	Denominación	Cantidad	Material	Dimensiones en bruto por pieza o E/D	Módulo	Metros Unitario	Kilos Unitario	
Escala 1:1		C.T.RESIDUOS-FÉRRICOS						
AI	Diferencia admitida por medidas sin tolerancia							
Medidas	↕ Fino	↕ Medio	↕ Raso	↔ desbarbar	↕ desbastar	↕ acabar	↕↕ rectificar	
Hasta 6	± 0.05	± 0.1	± 0.2					
6 a 30	± 0.1	± 0.2	± 0.5					
30 a 100	± 0.15	± 0.3	± 0.8					
100 a 300	± 0.2	± 0.5	± 1.2					
300 a 1000	± 0.3	± 0.8	± 2					
D	C	B	A	*Módulo casos Redondear ángulos				± 0.3-0.5 mm
ESQUEMA UNIFILAR				TRAFO		2		
DIBUADO	FECHA	NOMBRE						
COMPROBADO	FECHA	NOMBRE						
00-00-07								



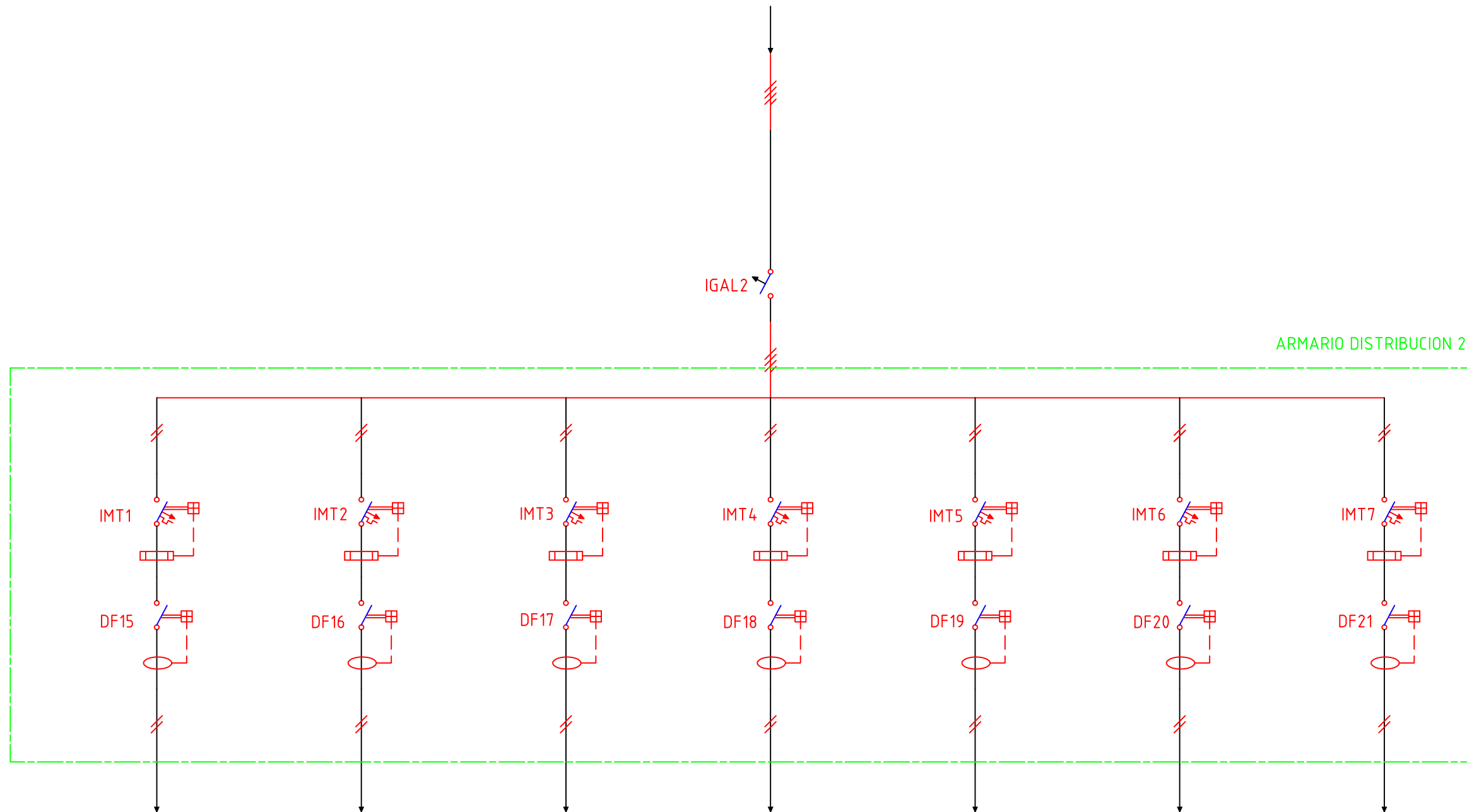
Marca	Denominación	Cantidad	Material	Dimensiones en bruto por pieza o DIN	Modelo	Metros Unitario	Kilos Unitario
Escaleta	C.T.RESIDUOS-FÉRRICOS						
1:1							
AI	Diferencias admitidas para medidas sin tolerancia	~ desbarbar	▽ desbastar	▽▽ acabar	▽▽▽ rectificar		
Medidas	▽ Fino	▽ Medio	~ Basto				
Hasta 6	± 0.05	± 0.1	± 0.2				
6 a 30	± 0.1	± 0.2	± 0.5				
30 a 100	± 0.15	± 0.3	± 0.8				
100 a 300	± 0.2	± 0.5	± 1.2				
300 a 1000	± 0.3	± 0.8	± 2				
Chataras cantos Redondear ángulos		0.3-0.5 mm					
Se modifica							
Se modifica							
Se modifica							
D	C	B	A				
ESQUEMA UNIFILAR TRAFIO 3				DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	
				CALCADO	FECHA	NOMBRE	
				COMPROBADO	FECHA	NOMBRE	
				00-00-08			



Marca	Denominación	Cantidad	Material	Dimensiones en bruto por pieza o DIN	Modelo	Metros Unitario	Kilos Unitario	
Escala 1:1	C.T.RESIDUOS-FÉRRICOS							
AI	Diferencias admitidas para medidas sin tolerancia	- desbarbar	∇ desbastar	∇∇ acabar	∇∇∇ rectificar			
Medidas	∇ Fino	∇ Medio	∇ Basto					
Hasta 6	± 0.05	± 0.1	± 0.2					
6 a 30	± 0.1	± 0.2	± 0.5					
30 a 100	± 0.15	± 0.3	± 0.8					
100 a 300	± 0.2	± 0.5	± 1.2					
300 a 1000	± 0.3	± 0.8	± 2					
Chatarra cantos	1		0.3-0.5 mm					
Redondear ángulos	1							
Se modifica	Se modifica	Se modifica	Se modifica					
D	C	B	A					
				LONGITUD		DIBUJADO	FECHA	NOMBRE
				LÍNEAS		CALCADO		
				BAJA		COMPROBADO	FECHA	NOMBRE
				TENSIÓN		00-00-09		



Marca	Denominación	Cantidad	Material	Dimensiones en trazo por pieza o DIN	Modelo	Metros Unitario	Kilos Unitario
Escala		C.T.RESIDUOS-FÉRRICOS					
Diferencias admitidas para medidas sin tolerancia		- desbarbar	∇ desbastar	∇∇ acabar	∇∇∇ rectificar		
Medidas	∇ Fino	∇ Medio	∇ Basto				
Hasta 6	± 0.05	± 0.1	± 0.2				
6 a 30	± 0.1	± 0.2	± 0.5				
30 a 100	± 0.15	± 0.3	± 0.8				
100 a 300	± 0.2	± 0.5	± 1.2				
300 a 1000	± 0.3	± 0.8	± 2				
Chataran cantos		1 0.3-0.5 mm					
Redondear ángulos							
Se modifica	Se modifica	Se modifica					
D	C	B	A				
ESQUEMA UNIFILAR POTENCIA CONJUNTO				DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	
				CALCADO	FECHA	NOMBRE	
				COMPROBADO	FECHA	NOMBRE	
				00-00-10			



ALUMBRADO OFICINAS

FUERZA OFICINAS

ALUMBRADO EXTERIOR
OFICINAS LADO
IZQUIERDO

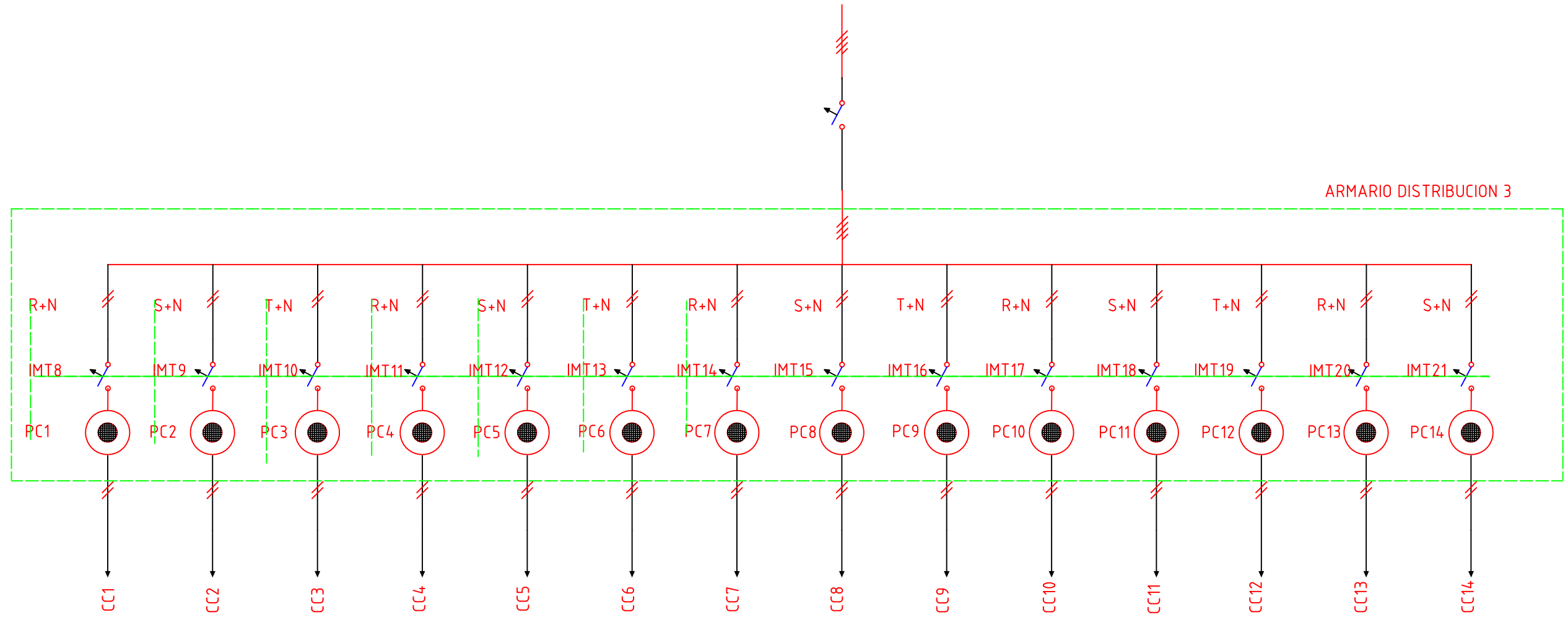
ALUMBRADO EXTERIOR
OFICINAS LADO DERECHO

ALUMBRADO
VESTUARIOS

FUERZA VESTUARIOS

ALUMBRADO OFICINAS

Marca	Denominación	Cantidad	Material	Dimensiones en trazo por pieza o DIN	Modelo	Metros Unitario	Kilos Unitario
Escala 1:1	C.T.RESIDUOS-FÉRRICOS						
AI	Diferencias admitidas para medidas sin tolerancia	- desbarbar	▽ desbastar	∇∇ acabar	∇∇∇ rectificar		
Medidas	∇∇ Fino	∇ Medio	~ Basto				
Hasta 6	± 0.05	± 0.1	± 0.2				
6 a 30	± 0.1	± 0.2	± 0.5				
30 a 100	± 0.15	± 0.3	± 0.8				
100 a 300	± 0.2	± 0.5	± 1.2				
300 a 1000	± 0.3	± 0.8	± 2				
Chatarra cantos	1		0.3-0.5 mm				
Redondear ángulos							
D	C	B	A	ESQUEMA UNIFILAR DE ALUMBRADO	DIBUJADO	FECHA	NOMBRE
					CALCADO		
					COMPROBADO	FECHA	NOMBRE
						00-00-11	



Marca	Denominación	Cantidad	Material	Dimensiones en bruto por pieza o DIN	Modelo	Metros Unitario	Kilos Unitario
Escala 1:1	C.T.RESIDUOS-FÉRRICOS						
AI	Diferencias admitidas para medidas sin tolerancia	- desbarbar	∇ desbastar	∞ acabar	∞∞ rectificar		
Medidas	∇ Fino	∇ Medio	∞ Basto				
Hasta 6	± 0.05	± 0.1	± 0.2				
6 a 30	± 0.1	± 0.2	± 0.5				
30 a 100	± 0.15	± 0.3	± 0.8				
100 a 300	± 0.2	± 0.5	± 1.2				
300 a 1000	± 0.3	± 0.8	± 2				
	Chatarrear cantos		0.3-0.5 mm				
	Redondear ángulos						
Se modifica							
Se modifica							
Se modifica							
D	C	B	A				
				ESQUEMA UNIFILAR DE CONTROL	DIBUJADO	FECHA	NOMBRE
					COMPROBADO	FECHA	NOMBRE
					00-00-12		



8 CONCLUSIÓN

El objetivo inicial propuesto en el PFC que consistía en el estudio de la instalación Alta Tensión, Centro de transformación e instalación de Baja Tensión del Centro de Transformación de Tratamiento de Residuos Férricos empleando los conocimientos adquiridos durante los estudios de Ingeniería Técnica Industrial en Electricidad cursados en la Universidad Carlos III de Madrid.

Este objetivo se ha cumplido mediante la memoria descriptiva, cálculos justificativos, planos, pliego de condiciones, normativa de seguridad y salud, quedando justificada la necesidad de la instalación de la planta de tratamiento de residuos férricos así como el correcto dimensionamiento de las instalaciones anteriormente citadas.

Mediante el estudio de seguridad y salud, se determinan las actuaciones a seguir por los empleados y las precauciones que se han de tener en cuenta al trabajar en las instalaciones eléctricas de ArcelorMittal Madrid.SL.

Mediante las cláusulas especificadas en el Pliego de Condiciones se especifica la forma de recepción de los materiales y las características de los mismos.



9 BIBLIOGRAFÍA.

9.1 NORMATIVA ELÉCTRICA.

La instalación objeto del siguiente proyecto debe cumplir con los reglamentos y normas que se detallan a continuación:

- Reglamentación sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, según Real Decreto 3257/1982 de 12 de Noviembre, B.O.E. de fecha 1 de Diciembre. Modificaciones introducidas por la Orden 10 de marzo de 2000.
- Instrucciones Complementarias al Reglamento anterior, según Orden de 6 de Julio de 1.984 y publicado en el B.O.E. de fecha 1 de Agosto. Orden de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84 que complementa a la Orden de 6 de julio.
- Orden de 23 de junio de 1988, del Ministerio de Industria y Energía, por la que se actualizan varias Instrucciones técnicas complementarias MIERAT del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación y posteriores modificaciones del 03/10/88.
- Orden de 16 de abril de 1991, del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, por la que se modifica la Instrucción técnica complementaria MIE-RAT 06 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas y centros de transformación.
- Orden de 16 de mayo de 1994, del Ministerio de Industria y Energía, por la que se adapta al progreso técnico la ITC MIE-RAT 02 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas y centros de transformación y posteriores modificaciones del 15/12/95 y del 23/02/96.
- Orden de 10 de marzo de 2000, del Ministerio de Industria y Energía, por la que se modifican las ITC MIE-RAT 01, MIE-RAT 02, MIE-RAT 06, MIE-RAT 14 , MIE-RAT 15, MIE-RAT 16, MIE-RAT 17, MIE-RAT 18,



MIE-RAT 19 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas y centros de transformación y posterior modificación del 18/10/00

- 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.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.D. 842/2002) e Instrucciones Técnicas Complementarias a dicho Reglamento (ITC-BT).
- Normativa nacional UNE Y UNESA.
- Normas de la empresa suministradora para este tipo de instalaciones:
Normativa Iberdrola:
 - **NI.56.43.01**
 - **NI.56.88.01.**
 - **NI.50.40.07**
 - **NI 56.10.00.**
 - **NI 50.20.03**
 - **NI 75.06.31**
 - **NI 54.10.01**
 - **NI 56.31.71**
 - **NI 58.26.3**
- Código Técnico de la Edificación. Seguridad en caso de Incendio, B.O.E. 74 del 28/03/2006 (R.D. 314/2006).
- Reglamento Sobre Protección Contra incendios en Establecimientos Industriales (R.D. 2267/2004).
- Reglamentación sobre Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995 de 8 de noviembre y demás Decretos sobre seguridad y salud en el trabajo.



Por otro lado se deberá cumplir, entre otras, con las siguientes normas y recomendaciones de diseño:

- UNE-EN 61330
- RU 1303 A
- RU 6407 B
- UNE-EN 60298, UNE-EN 60265-1
- UNE-EN 60129, UNE-EN 60420, UNE 21081, UNE 21136, UNE-EN 60694, UNE-EN 60056
- UNE-EN 61000-4
- UNE-EN 60076
- UNE 21428
- RU 5201 C
- Compatibilidad electromagnética y variador de frecuencia TELEMECHANIQUE.

9.2 **NORMATIVA DE SEGURIDAD Y SALUD.**

- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales del 8 de Noviembre.
- Texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. Decreto 2065. 1974 de 30 de Mayo.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril. Disposiciones mínimas en materia de Señalización y Salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de Abril. Manipulación manual de cargas.



- Real Decreto 773/1997, de 30 de Mayo, Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 1.495 de 26 de Mayo “Reglamento sobre Seguridad en las máquinas”.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (Orden de 9 de Marzo de 1971) (Que no hayan sido derogados por la legislación actual).
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1980 de 20 de Marzo).
- Reglamentos Técnicos de Industria aplicables y demás disposiciones relativas a la Medicina, Higiene y Seguridad en el Trabajo, que puedan afectar al tipo de trabajos que se realiza.
- Capítulo XVI de la Ordenanza Laboral de la Construcción, Vidrio y Cerámica. Orden de 28 de Agosto de 1970.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Decreto 2713/1973 de 20 de Septiembre). Instrucciones complementarias MI-BT (O.M. 31-10-1973)
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.D. 842/2002) e Instrucciones Técnicas Complementarias a dicho Reglamento (ITC-BT).
- Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión (O.M. 28-11-68).
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación del MIE.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (B.O.E. de 21-06.01).

Y todas aquellas Normas o Reglamentos en vigor durante la ejecución de las obras que pudieran no coincidir con las vigentes en la fecha de redacción de este Estudio.