

ANEJO Nº 11: CÁLCULOS ELÉCTRICOS

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	CÁLCULO DE LA DEMANDA DE POTENCIA.....	1
2.1.	Relación de consumos.....	2
3.	ACOMETIDA ELÉCTRICA A LA EDAR.....	2
3.1.	Características del material a emplear.....	2
3.2.	Cables.....	3
3.3.	Accesorios.....	5
3.4.	Condiciones de ejecución.....	6
4.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	8
4.1.	Características generales del Centro de Transformación.....	8
4.1.1.	Descripción de la instalación.....	9
4.1.2.	Instalación eléctrica.....	11
4.2.	Cálculos.....	18
4.2.1.	Intensidad de Media Tensión.....	18
4.2.2.	Intensidad de Baja Tensión.....	18
4.2.3.	Cortocircuitos.....	19
4.2.4.	Cálculo de las intensidades de cortocircuito.....	19
4.2.5.	Cortocircuito en el lado de Media Tensión.....	20
4.2.6.	Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.....	20
4.3.	Dimensionado del embarrado.....	21
4.3.1.	Comprobación por densidad de corriente.....	21
4.3.2.	Comprobación por sollicitación electrodinámica.....	21

4.3.3.	Comprobación por solicitud térmica.....	21
4.3.4.	Selección de las protecciones de alta y baja tensión	22
4.3.5.	Dimensión de la ventilación del C.T.	23
4.3.6.	Dimensiones del pozo apaga fuegos.....	23
4.3.7.	Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra	23
5.	CÁLCULO DEL CABLE DE ACOMETIDA AÉREA EN MT	31
5.1.	Densidad máxima de corriente admisible.....	31
5.2.	Reactancia aparente	32
5.3.	Caída de tensión	33
5.4.	Potencia a transportar	34
6.	CÁLCULO DEL CABLE DE ACOMETIDA SUBTERRÁNEA EN MT	35
6.1.	Intensidad máxima admisible por cable	35
6.2.	Caída de tensión	35
6.3.	Densidad de corriente	36
6.4.	Densidad máxima de C.C. en a/mm^2	36
7.	CÁLCULO DE LOS INTERRUPTORES PRINCIPALES DE BAJA TENSIÓN	37
7.1.	Intensidad Nominal.....	37
7.2.	Poder de corte del interruptor del transformador.....	37
7.3.	Poder de corte de los interruptores de salida del embarrado.....	38
8.	CÁLCULO DE CABLES.....	39
8.1.	Cálculo por densidad de corriente.....	39
8.2.	Cables instalados al aire	40
8.3.	Cables enterrados	41
8.4.	Instalaciones receptoras.....	43
8.5.	Cálculo por caída a tensión	44
9.	CÁLCULO DEL EQUIPO DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	46
9.1.	Cálculo global	46
9.2.	Cálculo del interruptor de la batería de condensadores.....	46

10. CÁLCULO DE LA RED GENERAL DE TIERRA DE LA PLANTA	47
11. POZO DE BOMBEO DE SANTA CRUZ DEL VALLE.....	51
11.1. Acometida eléctrica	51
11.2. Línea eléctrica de B.T. a pozo de bombeo.....	52
11.2.1. Canalizaciones	52
11.2.2. Derivación individual.....	54
12. CÁLCULO DE ALUMBRADO DE VIALES	57
12.1. Cálculo de iluminación.....	57
12.1.1. Método del flujo	57
12.1.2. Método punto por punto	59
12.1.3. Método de los 12 puntos	59
12.2. Cálculo de la interdistancia	60
12.2.1. Método del flujo	60
12.2.2. Método de los 12 puntos	61
12.3. CÁLCULO POR ORDENADOR	62
APÉNDICE 1	64

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como finalidad describir la instalación eléctrica así como el estudio y elaboración de los cálculos correspondientes a la E.D.A.R de Mombeltrán.

2. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE POTENCIA

Del estudio y recuento de los motores y demás equipos eléctricos de la planta se obtienen las potencias instaladas y simultáneas en cada cuadro.

El concepto de potencia instalada es obvio, mientras que para obtener la potencia simultánea en cada cuadro se ha aplicado el siguiente criterio: descontar los motores de reserva y aquellos elementos de funcionamiento en caso excepcional o con ocasión de operaciones de mantenimiento (equipos de aislamiento de líneas o aparatos y polipastos o elementos de elevación en general).

Por otra parte, para obtener la potencia aparente necesaria en transformación, se ha tomado como factor de potencia 0,85; pues si bien la batería de condensadores, si la hubiera, está calculada para conseguir un $\cos\phi$ de 0,98, se ha preferido adoptar el criterio dicho, más conservador.

En resumen, se obtiene el siguiente cuadro:

E.D.A.R.

	POTENCIA SIMULTÁNEA (KW)
Proceso	188,73
Total	188,73

La potencia para la elección del transformador se ha calculado para ser superior a la mayor potencia simultánea de funcionamiento posible incrementada un 25%.

$$P = 188,73 \times 1,25 = 235,91$$

$$\cos \phi = 0,85$$

$$P_{ab} = \frac{235,91}{0,85} = 277,54 \text{ KVA}$$

Aplicando un coeficiente de simultaneidad del 0,9 tendremos una potencia total de 249,79 kVA. Por tanto se elige la instalación mediante un transformador para dar servicio a toda la planta de 250 kVA , que nos permitirá futuras ampliaciones.

2.1. Relación de consumos

Se incluyen listas y consumos en la estación depuradora en el apéndice 1. En estas relaciones se detallan el servicio del equipo, la potencia instalada, el número de equipos en servicio, número de equipos instalados, potencias simultáneas y absorbidas, horas de funcionamiento estimadas y la energía consumida diaria.

3. ACOMETIDA ELÉCTRICA A LA EDAR

La línea de acometida partirá del punto de conexión dado por IBERDROLA, que se corresponde con la línea aérea denominada CINCO VILLAS en las proximidades del apoyo nº 9086 y de la STR RAMACASTAÑAS (según propuesta de condiciones técnico económicas facilitadas por IBERDROLA con número de referencia 9034784192). Desde este apoyo y a unos 2 metros colocaremos un poste fin de línea en donde ubicaremos los fusibles de expulsión tipo XS y descenderemos la línea para soterrarla. Desde este punto discurrirá soterrada hasta la entrada al centro de transformación. Dicho soterramiento irá bajo canalización conforme a la normativa de Iberdrola, y en concreto con lo indicado en el Capítulo IV del MT-NEDIS 2.03.20 "Normas Particulares para las Instalaciones de Alta Tensión (< 30 kV) y Baja Tensión - Ejecución de las instalaciones".

3.1. Características del material a emplear

Las principales características serán :

- Tensión nominal 12/20 kV
- Tensión más elevada 24 kV
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo 125 kV
- Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial 50 kV

3.2. Cables

Se utilizarán únicamente cables de aislamiento de dieléctrico seco, según NI 56.43.01 de las características esenciales siguientes:

Conductor : Aluminio compacto, sección circular, clase 2.

Pantalla sobre el conductor: Capa de mezcla semiconductora aplicada por extrusión.

Aislamiento : Mezcla a base de etileno propileno de alto módulo (HEPR)

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: Los reseñados en la tabla 1.

Tabla 1

Tipo constructivo	Tensión Nominal Kv	Sección Conductor mm ²	Sección pantalla mm ²
HEPRZ1	12/20	150	16
		240	16
		400	16
	18/30	150	25
		240	25
		400	25

Algunas otras características más importantes son :

Las temperaturas máximas admisibles de los conductores, en servicio permanente y en cortocircuito, para este tipo de aislamiento, se especifican en la tabla 2.

Tabla 2. Temperatura máxima, en °C, asignada al conductor

Tipo de aislamiento	Tipo de condiciones	
	Servicio permanente	Cortocircuito $t \leq 5s$
Etileno Propileno de alto módulo (HEPR)	105	> 250

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

Condiciones tipo de instalación enterrada: A los efectos de determinar la intensidad admisible, se consideran las siguientes condiciones tipo:

- Cables con aislamiento seco: Una terna de cables unipolares agrupadas a triángulo directamente enterrados en toda su longitud en una zanja de 1 m de profundidad en terreno de resistividad térmica media de 1 K.m/W y temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad de 25° C.

En la tabla 3 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los cables normalizados en ID para canalizaciones enterradas directamente.

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

Tensión nominal U_0/U kV	Sección nominal de los conductores mm ²	Intensidad
		3 unipolares
12/20	150	330
	240	435
	400	560
18/30	150	330
	240	435
	400	560

3.3. Accesorios

Los empalmes y terminales serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.)

Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo el MT-NEDIS correspondiente cuando exista, o en su defecto, las instrucciones del fabricante.

Terminales: Las características de los terminales serán las establecidas en la NI 56.80.02. Los conectores para terminales de AT quedan recogidos en NI 56.86.01.

En los casos que se considere oportuno el empleo de terminales enchufables, será de acuerdo con la NI 56.80.02

Empalmes: Las características de los empalmes serán las establecidas en la NI 56.80.02.

Tabla 4

Sección mm ²	Tensión Nominal kV	Resistencia Máx. a 105°C Ω /km	Reactancia por fase Ω /km	Capacidad μ F/km
150	12/20	0,277	0,112	0,368
240		0,169	0,105	0,453
400		0,107	0,098	0,536
150	18/30	0,277	0,121	0,266
240		0,169	0,113	0,338
400		0,107	0,106	0,401

Temperatura máxima en servicio permanente 105°C

Temperatura máxima en cortocircuito t < 5s 250°C

3.4. Condiciones de ejecución

Canalización entubada

Estarán constituidos por tubos plásticos, dispuestos sobre lecho de arena y debidamente enterrados en zanja. Las características de estos tubos serán las establecidas en la 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 arquetas ciegas, para facilitar la manipulación.

La zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 m para la colocación de dos tubos de Ø160 mm.

Cuando se considere necesario instalar tubo para los cables de control, se instalará un tubo más de red de Ø160 mm destinado a este fin.

Los tubos podrán ir colocados en uno, dos o tres planos.

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 por planos. A continuación se colocará otra capa de arena con un espesor de 0,10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el firme y el espesor del pavimento, para este relleno se utilizará todo-uno, zahorra o arena.

Después se colocará una capa de tierra vegetal o un firme de hormigón de unos 0,12 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Condiciones generales para cruzamientos y paralelismos

La zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 m para la colocación de dos tubos rectos de Ø160 mm.

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad aproximada de 0,60 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo.

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

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del pavimento, para este relleno se utilizará hormigón, en las canalizaciones que no lo exijan las Ordenanzas Municipales la zona de relleno será de todo-uno o zahorra.

Después se colocará un firme de hormigón de unos 0,30 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Cruzamientos

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

- Con calles, caminos y carreteras: Los tubos irán a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

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

- Con cables de telecomunicación : La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,25 m. En el caso de no poder respetar esta distancia, la canalización que se tienda en último lugar, se separará mediante tubos, conductos o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica. Las características serán las establecidas en la NI 52.95.01. La distancia del punto de cruce a empalmes, tanto en el cable de energía como en el de comunicación, será superior a 1m.

- Con canalizaciones de agua y gas: Los cables se mantendrán a una distancia mínima de estas canalizaciones de 0,25 m. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la canalización que se tienda en último lugar se separará mediante tubos o placa separadora constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica, las características serán las establecidas en la NI 52.95.01. 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 1m del punto de cruce.

- Con conducciones de alcantarillado : Se procurará pasar los cables por encima de las alcantarillas. No se admitirá incidir en su interior. Si no es posible se pasará por debajo, disponiendo los cables con una protección de adecuada resistencia mecánica. Las características están establecidas en la NI 52.95.01.

Paralelismos

Los cables subterráneos, cualquiera que sea su forma de instalación, deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican 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 0,25m. 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 mecánica las características están establecidas en la NI 52.95.01.

- Con canalizaciones de agua y gas: Se mantendrá una distancia mínima de 0,25m.

4. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El Centro de Transformación, tipo cliente, objeto de este proyecto tiene la misión de suministrar energía, realizándose la medición de la misma en MT.

La energía será suministrada por la compañía Suministradora a la tensión trifásica de 15 kV y frecuencia de 50 Hz, realizándose la acometida desde un poste de línea de media tensión.

Los tipos generales de equipos de MT empleados en este proyecto son:

CGM: Celdas modulares de aislamiento y corte en gas, extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

4.1. Características generales del Centro de Transformación

Se precisa el suministro de energía a una tensión de 400 V, con una potencia máxima simultánea de 249,79 KVA.

Para atender a las necesidades arriba indicadas, la potencia total instalada en este Centro de Transformación es de 250 KVA.

4.1.1. Descripción de la instalación

Obra civil

Local

El Centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo EHC-3T1D con una puerta peatonal de Merlin Gerin o equivalente, de dimensiones 3.760 x 2.500 y altura útil 2.535 mm., cuyas características se describen en esta memoria.

El acceso al C.T. estará restringido al personal de la Cía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Cía Eléctrica.

Características del local

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO modelo EHC de Merlin Gerin o equivalente.

Las características más destacadas del prefabricado de la serie EHC serán:

- Compacidad:

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

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

- Facilidad de instalación:

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

- Material:

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

- Equipotencialidad:

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

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

- Impermeabilidad:

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

-Grados de protección:

Serán conformes a la UNE 20324:1993 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP23, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP33.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:

- Envoltente:

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

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

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

- Suelos:

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

-Cuba de recogida de aceite:

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

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

- Puertas y rejillas de ventilación:

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

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

4.1.2. Instalación eléctrica

Características de la red de alimentación

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 15 kV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 350 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

Características de la aparamenta de Media Tensión

- Características generales celdas SM6

- Tensión asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
 - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV ef.
 - a impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- - Intensidad asignada en funciones de línea: 400-630 A.
- - Intensidad asignada en interrup. automat. 400-630 A.
- - Intensidad asignada en ruptofusibles. 200 A.
- - Intensidad nominal admisible durante un segundo: 16 kA ef.
- - Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: 40 kA cresta, es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.
- Grado de protección de la envolvente: IP307 según UNE20324:1993.
- Puesta a tierra.

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 60298 , y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

- Embarrado.

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

- CELDAS:

Celda de línea

Celda Merlin Gerin de interruptor-seccionador gama SM6, modelo IM, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CIT manual.

- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm².

Celda de protección con Interruptor-Fusibles combinados

Celda Merlin Gerin o equivalente de protección general con interruptor y fusibles combinados gama SM6, modelo QMBD, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad y 1.600 mm. de altura, conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A, para conexión superior con celdas adyacentes.
- Interruptor-seccionador en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Mando CI1 manual de acumulación de energía.
- Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica tipo MESA CF, de 24kV, y calibre 25 A.
- Señalización mecánica de fusión fusibles.
- Indicadores de presencia de tensión con lámparas.
- Seccionador de puesta a tierra superior (aguas arriba de los fusibles).
- Preparada para salida lateral inferior por barrón a derechas.
- Enclavamiento por cerradura tipo C4 impidiendo el paso a la posición de tierra del interruptor y el acceso a los fusibles en tanto que el disyuntor general B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el interruptor de la celda QMB no se ha puesto en posición de tierra previamente.

Celda de medida.

Celda Merlin Gerin o equivalente de medida de tensión e intensidad con entrada inferior lateral por barras y salida inferior lateral por cables gama SM6, modelo GBCC, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1.038 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Entrada lateral inferior izquierda por barras y salida inferior por cable.

- 3 Transformadores de intensidad de relación 15-30/5A, 10VA CL.0.5S, Ith=200In y aislamiento 24 kV.

- 3 Transformadores de tensión unipolares, modelo de alta seguridad (antiexplosivos), de relación 13.200:V3-22.000:V3/110:V3, 25VA, CL0.5, Ft= 1,9 y aislamiento 24 kV.

- TRANSFORMADOR:

Transformador 1

Será una máquina trifásica reductora de tensión, referencia JLJ1UN0250EZ, siendo la tensión entre fases a la entrada de 15 kV y la tensión a la salida en vacío de 420V entre fases y 242V entre fases y neutro (*).

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

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

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21428:1996, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 250 kVA.
- Tensión nominal primaria: 15.000 V.
- Regulación en el primario: +/-2,5%, +/-5%,
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- Tensión de cortocircuito: 4 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento:
 - o Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 95 kV.
 - o Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV.

(*)Tensiones según:

- UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada)(HD 472:1989)

- UNE 21428:1996 (HD 428.1 S1)

Conexión en el lado de alta tensión:

- Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm² en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

Conexión en el lado de baja tensión:

- Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0.6/1 kV, de 3x240 mm² Al para las fases y de 2x240 mm² Al para el neutro.

Dispositivo térmico de protección.

- Termómetro para protección térmica de transformador, incorporado en el mismo, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobreintensidades, instalados.

Características material vario de Alta Tensión

Embarrado general celdas SM6.

El embarrado general de las celdas SM6 se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.

Piezas de conexión celdas SM6.

La conexión del embarrado se efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2.8 m.da.N.

Puesta a Tierra

Tierra de Protección

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

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

Tierra de Servicio

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida, según se indica en el apartado de "Cálculo de la instalación de puesta a tierra" del capítulo 2 de este anejo.

Tierras Interiores

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

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

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

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

Instalaciones Secundarias

Alumbrado

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

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

Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalará los accesos al centro de transformación.

Protección contra Incendios

De acuerdo con la instrucción MIERAT 14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B.

Ventilación

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

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

Medidas de Seguridad

- Seguridad en celdas SM6:

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 62271-200:2005, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en anteriores apartados.

4.2. Cálculos

4.2.1. Intensidad de Media Tensión

En un sistema trifásico, la intensidad primaria I_p viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA = 250 kVA

U = Tensión compuesta primaria en kV = 15 kV.

I_p = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

$$I_p = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 15} = 9,62 \text{ A}$$

siendo la intensidad total primaria de 9,62 Amperios.

4.2.2. Intensidad de Baja Tensión

En un sistema trifásico la intensidad secundaria I_s viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA = 250 kVA.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro.

W_{cu} = Pérdidas en los arrollamientos.

$$W_{fe} + W_{cu} = 3,90 \text{ kVA}$$

U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios = 0,4 kV.

Is = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

$$I_s = \frac{250 - 3,90}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 355,21 \text{ A}$$

4.2.3. Cortocircuitos

Observaciones

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

4.2.4. Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA = 350 MVA.

U = Tensión primaria en kV = 15kV

I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión:

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

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

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{cc}}{100} \cdot U_s}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA = 250 kVA.

U_{cc} = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador = 4%

U_s = Tensión secundaria en carga en voltios = 400 V

I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

4.2.5. Cortocircuito en el lado de Media Tensión

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con:

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

$$U = 15 \text{ kV.}$$

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

$$I_{ccp} = 13,47 \text{ kA}$$

4.2.6. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores, tendremos:

$$I_{ccs} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot \frac{4}{100} \cdot 400} = 9,02 \text{ kA}$$

4.3. Dimensionado del embarrado

Como resultado de los ensayos que han sido realizados a las celdas fabricadas por Schneider Electric no son necesarios los cálculos teóricos ya que con los certificados de ensayo ya se justifican los valores que se indican tanto en esta memoria como en las placas de características de las celdas.

4.3.1. Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene como objeto verificar que no se supera la máxima densidad de corriente admisible por el elemento conductor cuando por el circule una corriente igual a la corriente nominal máxima.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51249139XA realizado por VOLTA.

4.3.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica

La comprobación por sollicitación electrodinámica tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fase.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51249068XA realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia electrodinámica de 40kA.

4.3.3. Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación por sollicitación térmica tienen como objeto comprobar que por motivo de la aparición de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51249068XA realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia térmica de 16kA 1 segundo.

4.3.4. Selección de las protecciones de alta y baja tensión

Alta Tensión

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

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

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

A continuación se muestra la Tabla 2 del manual técnico de Iberdrola MT-NEDIS 2.13.40, "Procedimiento de selección y adaptación del calibre de los fusibles de MT para centros de transformación", mediante la que es posible seleccionar el fusible adecuado a cada caso.

Tensión red kV	Potencia del centro de transformación (kVA)									Tensión asignada del fusible
	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	
11	25 A	25 A	32 A	40 A	40 A	63 A	63 A	100 A	100 A	24 kV
13,2	20 A	25 A	25 A	32 A	40 A	63 A	63 A	80 A	100 A	
15	20 A	25 A	25 A	32 A	40 A	40 A	63 A	63 A	100 A	
20	16 A	16 A	25 A	25 A	32 A	32 A	40 A	63 A	63 A	
30	10 A	16 A	16 A	20 A	25 A	25 A	32 A	40 A	40 A	
										36 kV

Potencia del transformador (kVA)	Tensión (kV)	Intensidad nominal del fusible de A.T. (A)
250	15	25

Baja Tensión

Los elementos de protección de las salidas de Baja Tensión del C.T. no serán objeto de este proyecto sino del proyecto de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión.

4.3.5. Dimensión de la ventilación del C.T.

Las rejillas de ventilación de los edificios prefabricados EHC están diseñadas y dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación del aire ventile eficazmente la sala del transformador. El diseño se ha realizado cumpliendo los ensayos de calentamiento según la norma UNE-EN 62271-202:2007, tomando como base de ensayo los transformadores de 1000 KVA según la norma UNE 21428-1-1:2004. Todas las rejillas de ventilación van provistas de una tela metálica mosquitero. El prefabricado ha superado los ensayos de calentamiento realizados en LCOE con número de informe 200506330341.

4.3.6. Dimensiones del pozo apaga fuegos

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de agente refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciamiento total.

Potencia del transformador	Volumen mínimo del foso
250 kVA	261 litros

Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado será de 760 litros para cada transformador, no habrá ninguna limitación en este sentido.

4.3.7. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

Investigación de las características del suelo

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial = 150 Ω m.

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

Dado que se prevé que la tensión de servicio pase en un futuro a 20 kV y que, cuando se produzca esta circunstancia se conservarán los valores característicos

actuales del régimen de neutro, la instalación de tierras se dimensionará para la situación más desfavorable, que va a ser la de 20 kV. Por tanto, los cálculos que siguen van referidos a una tensión de 20 kV. Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora (IBERDROLA), el tiempo máximo de eliminación del defecto es de 1 s. Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

$$K = 78,5 \text{ y } n = 0,18.$$

Por otra parte, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro, corresponden a:

$$R_n = 0 \, \Omega \text{ y } X_n = 25.4 \, \Omega. \text{ con}$$

$$|Z_n| = \sqrt{R_n^2 + X_n^2}$$

La intensidad máxima de defecto se producirá en el caso hipotético de que la resistencia de puesta a tierra del Centro de Transformación sea nula. Dicha intensidad será, por tanto igual a:

$$I_d(\text{máx}) = \frac{U_s \text{ max}}{\sqrt{3} \cdot Z_n} = 454,61 \text{ A}$$

donde $U_{s\text{max}} = 20000 \text{ V}$

con lo que el valor obtenido es $I_d = 454,61 \text{ A}$, valor que la Compañía redondea a 500 A.

Diseño preliminar de la instalación de tierra

- Tierra de protección:

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Identificación: código 5/82 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:

$$K_r = 0.135 \Omega/(\Omega \cdot m).$$

$$K_p = 0.0252 V/(\Omega \cdot m \cdot A).$$

Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

- Tierra de servicio.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación: código 5/82 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:

$$K_r = 0.135 \Omega/(\Omega \cdot m).$$

$$K_p = 0.0252 V/(\Omega \cdot m \cdot A).$$

Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

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

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión. Dicha separación está calculada en el apartado Investigación de tensiones transferibles al exterior que se muestra más adelante.

Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.

- Tierra de protección

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (Rt), y tensión de defecto correspondiente (Ud), utilizaremos las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, Rt:

$$R_t = K_r \cdot \sigma$$

- Intensidad de defecto, Id:

$$I_d = \frac{U_s \max V}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

donde

$$U_{s\max} = 20000 \text{ V}$$

$$R_n = 0 \ \Omega$$

$$X_n = 25,4 \ \Omega$$

- Tensión de defecto, Ud

$$U_d = I_d \cdot R_t .$$

Siendo:

$$\Omega = \text{resistividad media superficial del terreno} = 150 \ \Omega \cdot \text{m.}$$

$$K_r = 0.135 \ \Omega / (\Omega \cdot \text{m}).$$

se obtienen los siguientes resultados:

$$R_t = 0,135 \cdot 150 = 20,25 \ \Omega.$$

$$I_d = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 20,25)^2 + 25,4^2}} = 355,47 \text{ A}$$

$$U_d = 355,47 \cdot 20,25 = 7198 \text{ V}$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (U_d), por lo que deberá ser como mínimo de 8000 Voltios.

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

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

- Tierra de servicio

$$R_t = K_r * \sigma = 0.135 * 150 = 820,25 \Omega.$$

que vemos que es inferior a 37 Ω .

Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Los muros, entre sus paramentos tendrán una resistencia de 100.000 ohmios como mínimo (al mes de su realización).

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$U_p = K_p * \Omega * I_d = 0.0252 * 150 * 355,47 = 1343,7 V$$

Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la

persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

El edificio prefabricado de hormigón EHC estará construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo. No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_p \text{ acceso} = U_d = R_t * I_d = 20,25 * 355,47 = 7198,2 \text{ V.}$$

Cálculo de las tensiones aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios, que se puede aceptar, según el reglamento MIE-RAT, será:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n}$$

Siendo:

U_{ca} = Tensión máxima de contacto aplicada en Voltios.

$K = 78,5$.

$n = 0,18$.

$t =$ Duración de la falta en segundos: 1 s

obtenemos el siguiente resultado:

$$U_{ca} = 78,5 \text{ V}$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$U_p(\text{exterior}) = 10 \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{6 * \sigma}{1.000} \right)$$

$$U_p(\text{acceso}) = 10 \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{3 * \sigma + 3 * \sigma h}{1.000} \right)$$

Siendo:

$U_p =$ Tensiones de paso en Voltios.

$$K = 78,5.$$

$$n = 0,18.$$

$t =$ Duración de la falta en segundos: 1s

$\Omega =$ Resistividad del terreno.

$\Omega h =$ Resistividad del hormigón = 3.000 $\Omega.m$

obtenemos los siguientes resultados:

$$U_p(\text{exterior}) = 1491,5 \text{ V}$$

$$U_p(\text{acceso}) = 8203,3 \text{ V}$$

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- en el exterior:

$$U_p = 1343,7 \text{ V.} < U_p(\text{exterior}) = 1491,5 \text{ V.}$$

- en el acceso al C.T.: $U_d = 7198,2 \text{ V.} < U_p(\text{acceso}) = 8203,3 \text{ V.}$

Investigación de tensiones transferibles al exterior

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

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

$$D_{\text{mín}} = \frac{\sigma \cdot I_d}{2.000 \cdot \pi}$$

con:

$$\Omega = 150 \Omega \cdot \text{m.}$$

$$I_d = 355,47 \text{ A.}$$

obtenemos el valor de dicha distancia:

$$D_{\text{mín}} = \frac{150 \cdot 355,47}{2.000 \cdot \pi} = 8,48 \text{ m}$$

Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo

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

5. CÁLCULO DEL CABLE DE ACOMETIDA AÉREA EN MT

5.1. Densidad máxima de corriente admisible

La densidad máxima de corriente admisible en régimen permanente para corriente alterna y frecuencia de 50 Hz se deduce de la tabla del art.22 del R.L.A.T.

Para los conductores LA-56 y LARL 56 del presente Proyecto Tipo, dicho valor es:

$$\sigma = 3,7 \text{ A/mm}^2$$

Por lo tanto la intensidad máxima admisible es:

$$I_{\text{máx}} = \sigma \times S = 202 \text{ A}$$

5.2. Reactancia aparente

La reactancia kilométrica de la línea, se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$X = 2\pi f L \quad \Omega/\text{km}.$$

y sustituyendo L coeficiente de autoinducción, por la expresión:

$$L = (0,5 + 4,605 \log D/r) \cdot 10^{-4} \text{ H/km}.$$

llegamos a :

$$X = 2 \pi f (0,5 + 4,605 \log D/r) \cdot 10^{-4} \quad \Omega / \text{km}.$$

donde:

X = Reactancia aparente en ohmios por kilómetro

f = Frecuencia de la red en hercios = 50

D = Separación media geométrica entre conductores en milímetros

r = Radio del conductor en milímetros

El valor D se determina a partir de las distancias entre conductores d1, d2 y d3 que proporcionan las crucetas elegidas, representadas en los planos.

$$D = \sqrt[3]{d_1 \cdot d_2 \cdot d_3}$$

Aplicando valores:

Separación entre Conductores, en m	D mm	X Ω / km .
1,50	1.890	0,3921
1,75	2.205	0,4018
2,00	2.520	0,4102

A efectos de simplificación y por ser valores muy próximos emplearemos el valor de:

$$X = 0,40 \ \Omega /km.$$

5.3. Caída de tensión

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea (despreciando la influencia de la capacidad y la perdictancia) viene dada por la fórmula:

$$\Delta U = I (R \cos\varphi + X \sen \varphi) \cdot L$$

donde:

ΔU = Caída de la tensión compuesta, expresada en V

I = Intensidad de la línea en A

X = Reactancia por fase en Ω /km

R = Resistencia por fase en Ω /km

φ = Angulo de desfase

L = Longitud de la línea en kilómetros.

teniendo en cuenta que:

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

donde:

P = Potencia transportada en kilovatios.

U = Tensión compuesta de la línea en kilovoltios.

la caída de tensión en tanto por ciento de la tensión compuesta es:

$$\Delta U\% = \frac{P.L}{10.U^2 \cdot \text{Cos}\varphi} (R \cdot \text{Cos}\varphi + X \cdot \text{tg}\varphi) = \frac{P.L}{10.U^2} (R + X \cdot \text{tg}\varphi)$$

La máxima caída de tensión permitida en líneas eléctricas es del 5 %.

Los momentos eléctricos obtenidos en función de tensión nominal y caída de tensión del 5% son:

Un kV	ΔU %	PL kW.km
20	5	24.773
15	5	13.935
13,2	5	10.791
11	5	7.494

Nuestro momento eléctrico es:

$$PL = 250 \cdot \text{cos}\varphi \cdot 0,050 = 11,25 \text{ kW km} < 13.935 \text{ kW km}$$

5.4. Potencia a transportar

La potencia que puede transportar la línea está limitada por la intensidad máxima determinada anteriormente y por la caída de tensión, que no deberá exceder del 5%.

La máxima potencia a transportar limitada por la intensidad máxima es:

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\text{máx}} \cdot \text{Cos}\varphi$$

como: $I_{\text{máx}} = 202 \text{ A}$

tendremos que para un factor de potencia del 0,90 la potencia máxima que puede transportar la línea en función de la tensión nominal será:

Un kV	Pmáx kW
20	6.298
15	4.724
13,2	4.157
11	3.464

Nuestra máxima potencia a transportar será:

$$P = S \cdot \cos\phi = 250 \cdot 0,9 = 225 \text{ kW} < 4.724 \text{ kW}$$

6. CÁLCULO DEL CABLE DE ACOMETIDA SUBTERRÁNEA EN MT

6.1. Intensidad máxima admisible por cable

La elección de la sección en función de la intensidad máxima admisible, se calculará partiendo de la potencia que ha de transportar el cable (250 kVA), calculando la intensidad correspondiente y eligiendo el cable adecuado de acuerdo con los valores de intensidades máximas que figuran en el Capítulo 7 de este MT-NEDIS y en la norma NI 56.43.01, o en los datos suministrados por el fabricante.

La intensidad se determinará por la fórmula:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

donde:

S = Potencia a transportar en kVA

U = Tensión compuesta en Kv

$$I = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 15} = 9,62 \text{ A}$$

6.2. Caída de tensión

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

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

en donde:

W= Potencia en kW

U = Tensión compuesta en kV

ΔU = Caída de tensión, en %

I = Intensidad en amperios

L = Longitud de la línea en km.

R = Resistencia del conductor en Ω/km a la temperatura de servicio = 0,169

X = Reactancia a frecuencia 50 Hz en Ω/km . = 0,105

$\cos \phi$ = Factor de potencia

$$\Delta U = \sqrt{3} \times 202 \times 0,05 (0,169 \cos \phi + 0,105 \sin \phi) = 3,46 \text{ V}$$

$$\% \Delta U = 0,0002\%$$

6.3. Densidad de corriente

Los parámetros de cálculo son:

- Conductor elegido es del tipo HEPRZ1- 12/20 kV AL de 1 x 240 mm²
- Intensidad admisible en régimen permanente enterrado a 25°C = 435 A

$$\gamma = \frac{I}{S} = \frac{435 \text{ A}}{240 \text{ mm}^2} = 1,81 \text{ A/mm}^2$$

6.4. Densidad máxima de C.C. en a/mm²

Sección conductor en AL = 240 mm²

Duración del c.c. = 1 seg

Densidad admisible del c.c. según fabricante en 1" = 93 A/mm²

Considerando que la Pcc, según Cia es = 350 MVA y teniendo en cuenta que:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times U}, \text{ tenemos:} \quad I_{cc} = \frac{350 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 15 \text{ kV}} = 13,47 \text{ kA}$$

Por tanto,

$$S = \frac{13,47}{93} = 145 \text{ mm}^2$$

Por lo que se comprueba que la sección comercial elegida - 1 x 240 mm² AL - cumple de sobra las condiciones del cálculo.

7. CÁLCULO DE LOS INTERRUPTORES PRINCIPALES DE BAJA TENSIÓN

7.1. Intensidad Nominal

El valor de la intensidad nominal se obtiene de la expresión:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times U}$$

donde:

I_n = intensidad nominal en amperios

P = potencia nominal de transformación en kVA

U = tensión nominal en kV

Por tanto, tenemos:

$$I_1 = \frac{250}{\sqrt{3} \times 0,400} = 360,84 \text{ A}$$

7.2. Poder de corte del interruptor del transformador

La potencia de cortocircuito del sistema de 15 kV es de 350 MVA.

Los datos de los transformadores son:

- Número de unidades: 1
- Potencia del transformador 1: 250 KVA
- Relación de transformación: 15.000 / 400-230 V
- Tensión de cortocircuito: 4%

La impedancia del transformador viene dada por:

$$Z_t = U_{cc} \times \frac{P_{cc}}{P_t}$$

donde:

Z_t = impedancia del transformador en tanto por ciento

U_{cc} = tensión de cortocircuito del transformador, en tanto por ciento.

P_{cc} = potencia de cortocircuito del sistema de alta tensión, en kVA.

P_t = potencia del transformador, en kVA.

Por tanto, tenemos para cada transformador:

$$Z_t = 0,04 \times \frac{350.000}{250} = 56\%$$

La potencia de cortocircuito del lado de baja tensión es:

$$P_{cct} = \frac{P_{cc}}{Z_{t(B)}} = \frac{350.000kVA}{56} = 6.250kVA(Veficaz)$$

Y la intensidad de cortocircuito en baja tensión es:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{6.250kVA}{\sqrt{3} \times 400V} = 9,02kVA(Veficaz)$$

La intensidad de cortocircuito de choque en baja tensión es:

$$I_{ch} = 2,55 \times I_{cc} = 2,55 \times 14,44 \text{ kA} = 36,1 \text{ kA (V. cresta)}$$

El interruptor general de Baja Tensión del transformador se ha escogido con un poder de corte de 10 kA a 400 V.

7.3. Poder de corte de los interruptores de salida del embarrado

En el caso de un solo transformador, el poder de corte de los interruptores de salida es el mismo que el de los transformadores 10 KA a 400 V.

8. CÁLCULO DE CABLES

Los cables se han calculado por densidad de corriente y por caída de tensión.

8.1. Cálculo por densidad de corriente

La intensidad se ha obtenido de las fórmulas:

$$I_n = \frac{K \times P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi} \quad \text{para líneas trifásicas}$$

$$I = \frac{P}{U} \quad \text{para líneas monofásicas}$$

donde:

I = intensidad de corriente en amperios

K = coeficiente de carga

K = 1,8 para lámparas de descarga

K = 1 para las demás cargas

P = potencia activa en vatios

U = tensión de servicio, en voltios

U = 400 V para líneas trifásicas

U = 230 V para líneas monofásicas

$\cos \phi = 0,85$

Los conductores proyectados son de los tipos siguientes:

- Cables de transformadores a C. General de Distribución: RV 0,6/1 kV
- Cables de C.General de Distribución a Cuadros de Fuerza: RV 0,6/1 kV
- Cables de Cuadros de Fuerza a motores y equipos: RV 0,6/1 Kv

8.2. Cables instalados al aire

Para los cables instalados al aire, esto es, los que discurren por canales de fábrica o por bandejas, se ha aplicado el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Instrucción ITC-BT-07, epígrafe 3.1.4 "Condiciones de instalación al aire".

Las tablas a aplicar son las siguientes:

TABLA XII.

Intensidad máxima admisible en amperios en servicio permanente para cables aislados con conductores de cobre, instalados al aire (Servicio permanente $t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Sección nominal mm ²	Un terno de cables unipolares (Aislamiento XLPE)	Un cable tripolar o tetrapolar (Aislamiento XLPE)
6	46	44
10	64	61
16	86	82
25	120	110
35	145	135
50	180	165
70	230	210
95	285	260
120	335	300
150	385	350
185	450	400
240	535	475

TABLA XIV. Factores de corrección para agrupación de cables unipolares al aire, instalación en bandeja

Nº de bandejas perforadas	Número cables o ternos dispuestos horizontalmente			
	1	2	3	más de 3
1	0,95	0,90	0,85	0,83
2	0,95	0,85	0,80	0,75
3	-	0,85	0,80	0,69

TABLA XV. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos

Disposición Bandeja perforada Nº bandejas: 1	Nº de cables o ternos		
	2	3	más de 3
En contacto unitario	0,90	0,80	0,75
Separados un diámetro sobre bandeja perforada	1,00	1,00	0,90

Para cables instalados bajo tubo., el factor de corrección será de 0,80 (Epígrafe 3.1.3.).

TABLA XIII. Coeficientes de corrección F para temperatura ambiente distinta de 40° C.

Temperatura servicio (°C)	TEMPERATURA °C									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
90°	1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,84
70 ^a	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,81	0,71

8.3. Cables enterrados

Para los cables enterrados en zanja, se ha aplicado el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Instrucción ITC-BT-07, "Redes subterráneas para distribución en baja tensión.

Las tablas a aplicar en este caso son las siguientes:

TABLA V. Intensidad máxima admisible en amperios para cables con conductores de cobre, en instalación enterrada. (Servicio permanente).

Sección nominal mm ²	Un terno de cables unipolares (Aislamiento XLPE)	Un cable tripolar o tetrapolar (Aislamiento XLPE)
6	72	66
10	96	88
16	125	115
25	160	150
35	190	180

Sección nominal mm²	Un terno de cables unipolares (Aislamiento XLPE)	Un cable tripolar o tetrapolar (Aislamiento XLPE)
50	230	215
70	280	260
95	335	310
120	380	355
150	425	400
185	480	450
240	550	520

TABLA VIII. Factores de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternos de cables unipolares

Nº de cables o de ternos	2	3	4	5
Factor de corrección (cables en contactos)	0,80	0,70	0,64	0,60

Para un cable o terna instalado en un tubo directamente enterrado, el factor de corrección de la intensidad máxima admisible será de 0,80 (Epígrafe 3.1.3).

En caso de instalarse cables o ternos en más de un plano horizontal, se aplicará un coeficiente según tabla

TABLA IX. Factores de corrección para diferentes profundidades de instalación

Profundidad de instalación en cm	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00	1,20
Factor de corrección	1,03	1,02	1,01	1,00	0,90	0,98	0,97	0,95

TABLA VI. Factores de corrección F para temperatura del terreno distinto de 25°C

Temperatura de servicio	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,74
70	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67

8.4. Instalaciones receptoras

También se ha tenido en cuenta la instrucción ITC-BT-19: "Instalaciones interiores o receptoras".

Asimismo se ha cumplido la Tabla II, de la citada instrucción ITC-BT-19, referente a las secciones mínimas de los conductores de protección en función de los conductores de fase respectivos.

TABLA II. Conductores de protección.

Sección del conductor de fase de la instalación (mm ²)	Sección mínima del conductor de protección (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 > S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Como secciones mínimas de conductores se han adoptado las siguientes:

Cables de alimentación a Motores: 2,5 mm²

Cables de alimentación a Cuadros locales de alumbrado: 6 mm²

Cables de alimentación a tomas de corriente: 2,5 mm²

Cables de alimentación a puntos de alumbrado: 1,5 mm²

Cables de alimentación a alumbrado exterior: 6 mm²

Cables de mando y control: 1,5 mm²

8.5. Cálculo por caída a tensión

Las fórmulas generales de cálculo para la caída de tensión son:

-Corriente continua $\Delta U = 2 \times I \times L$

-Corriente alterna monofásica $\Delta U = 2 \times I \times L (Rt \cos \phi + XL \sin \phi)$

-Corriente alterna trifásica $\Delta U = \sqrt{3} \times I \times L (Rt \cos \phi + XL \sin \phi)$

El valor obtenido se expresa en V/A por Km.

La expresión reducida para corriente alterna trifásica es:

$\Delta U = V \times I \times L$ siendo:

ΔU = caída de tensión del tramo en voltios

V = caída de tensión entre fase para $\cos \phi = 0,8$, V/A \times Km

I = intensidad en amperios

L = longitud en Km

El Reglamento electrotécnico de Baja Tensión (ITC-BT-19 apdo. 2.2.2) especifica que el porcentaje admisible de caída de tensión sea menor del 3 ó 4,5 por ciento de la tensión nominal para instalaciones de alumbrado y del 5 ó 6,5 por cien para los demás usos siempre que se disponga de transformador propio.

La caída de tensión se ha calculado por las fórmulas:

$$\Delta U = \frac{K \times P \times L}{C \times S \times U} \quad (\text{para líneas trifásicas})$$

$$\Delta U = \frac{K \times P \times L}{C \times S \times U} \quad (\text{para líneas monofásicas})$$

donde:

ΔU = caída de tensión del tramo en voltios

K = coeficiente por tipo de carga

$K = 1,8$ para lámparas de descarga

$K = 1$ para las demás cargas

$P =$ potencia activa transportada, en vatios

$L =$ longitud de la línea en metros

$C =$ conductibilidad del cobre: 56 m/Ohm.m²

$S =$ sección del conductor de fase en mm²

$U =$ tensión entre fases en voltios

$U = 400$ V para líneas trifásicas

$U = 230$ V para líneas monofásicas

Se ha efectuado el siguiente reparto de dicha caída de tensión:

-Distribución de fuerza:

De C. General de Distribución a Cuadros de Fuerza	2,5 %
De Cuadro de Fuerza a motores	2,5 %
Total	5,0 %

-Distribución de alumbrado a edificios:

De C. General de Distribución a C. General de Alumbrado	0,5 %
De C. General de Alumbrado a Cuadros locales	1,0 %
De C. local de alumbrado a receptores	1,5 %
Total	3,0 %

-Distribución de alumbrado exterior:

De C. General de Distribución a C. General de Alumbrado	0,5 %
De C. General de Alumbrado a receptores	2,5 %
Total	3,0 %

9. CÁLCULO DEL EQUIPO DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

9.1. Cálculo global

Los datos de partida para el cálculo son:

Potencia aparente demandable máxima en transformación: $S1 = 250$ kVA.

.Tensión nominal: $V = 400$ V

.Factor de potencia inicial: $\cos \phi1 = 0,80$

.Potencia activa: $P = S1 \times \cos \phi1 = 200$ kW

.Factor de potencia final: $\cos \phi2 = 0,98$

Número de transformadores instalados: 1

La potencia reactiva inicial de la instalación es:

$$Q1 = P \operatorname{tg} \phi1 = 150 \text{ VAr}$$

La potencia reactiva final deberá ser:

$$Q2 = P \operatorname{tg} \phi2 = 40,61 \text{ VAr}$$

El equipo de condensadores deberá suministrar una potencia capacitiva tal que:

$$Qc = Q1 - Q2 = P (\operatorname{tg} \phi1 - \operatorname{tg} \phi2) = 109,39 \text{ VAr}$$

Formamos la batería de condensadores de 120 kVAr de capacidad (20+40+60).

9.2. Cálculo del interruptor de la batería de condensadores

Partiendo del dato anterior procederemos el cálculo del interruptor de la batería.

$$I_n = \frac{Q_c}{U}$$

I_n = corriente nominal del condensador en A

Q_c = potencia del condensador en VAR

$U =$ tensión de red ($\sqrt{3} U$ en trifásica) V

Los cables más el interruptor automático se calibrará a 1,3 In.

$$I_n = 1,3 \frac{120 k VAr}{\sqrt{3} \times 400 V} = 225,17 A$$

El interruptor de baja tensión de la batería de condensadores se ha escogido con una intensidad de 250 A.

10. CÁLCULO DE LA RED GENERAL DE TIERRA DE LA PLANTA

A continuación presentaremos el cálculo de la red de tierras para cada uno de los edificios que constituyen la E.D.A.R. así como de la instalación de alumbrado exterior existente en la misma.

Para el proyecto de la red de tierra se ha considerado el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Instrucción ITC BT 18, "Puestas a tierra" y, para los cálculos, el epígrafe 7, "Resistencia de tierra", en el que se dan, en las tablas II y III respectivamente, los valores medios de la resistividad del terreno y de la resistencia de tierra para diversos electrodos.

TABLA II. Valor medio de la resistividad del terreno.

TABLA II. Valor medio de la resistividad del terreno.	
Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad ohm.m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles, terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

TABLA III. Resistencia de tierra de diversos electrodos.

Electrodo	Resistencia de tierra en ohmios
Placa enterrada	$R = 0,8 \frac{\phi}{P}$
Pica vertical	$R = \frac{\phi}{nL}$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = \frac{2\phi}{L}$

donde:

ϕ = resistividad del terreno en ohmios.m

P = perímetro de la placa en m

L = longitud de la pica o del conductor en m

n = número de picas

Aplicando las tablas anteriores tenemos:

La red de tierra del edificio de industrial se proyecta en base a los siguientes elementos:

- 6 picas de acero cobrizado de 2,00 m de longitud
- 120 m de cable de cobre desnudo de 50 mm² , de sección
- sensibilidad de los interruptores de protección diferencial de la instalación de fuerza 300 mA.
- Resistencia de las picas:

$$R_1 = \frac{\varphi}{nL_1} = \frac{150\text{ohm.m}}{12} = 12,5 \text{ Ohm}$$

- Resistencia del cable:

$$R_2 = \frac{2}{L_2} = \frac{2 \times 150\text{ohm.m}}{120\text{m}} = 2,5 \text{ Ohm}$$

La resistencia equivalente de dos resistencias en paralelo es:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Por tanto, tenemos:

$$R_{eq} = \frac{12,5 \times 2,5}{12,5 + 2,5} = 2,08 \text{ ohm}$$

La tensión a que estarán sometidas las masas metálicas en caso de defecto será:

$$U = I_s \times R_{eq}$$

donde:

U = tensión en voltios

I_s = intensidad máxima de defecto a tierra o sensibilidad de disparo de la protección diferencial, en amperios

R_{eq} = resistencia equivalente de la red de tierras, en ohmios

Aplicando:

$$U = 0,3 \text{ A} \times 2,08 \text{ ohm} = 0,625 \text{ V}$$

Como se puede ver, esta tensión es perfectamente admisible y no constituye peligro alguno para las personas.

La red de tierra del alumbrado exterior se ha proyectado en base a los siguientes elementos:

- 5 picas de acero cobrizado de 2,00 m de longitud
- 350 m de cable de cobre desnudo de 35 mm²
- sensibilidad de los interruptores de protección diferencial de la instalación de fuerza 300 mA.
- Resistencia de las picas:

$$R_1 = \frac{\varphi}{nL_1} = \frac{150\text{ohm.}}{10} = 15\text{Ohm}$$

- Resistencia del cable:

$$R_2 = \frac{2\varphi}{L_2} = \frac{2 \times 150\text{ohm.m}}{350\text{m}} = 0,857\text{Ohm}$$

La resistencia equivalente de dos resistencia en paralelo es:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Por tanto, tenemos:

$$R_{eq} = \frac{15 \times 0,857}{15 + 0,857} = 0,81\text{ohm}$$

La tensión a que estarán sometidas las masas metálicas en caso de defecto será:

$$U = I_s \times R_{eq}$$

donde:

U = tensión en voltios

I_s = intensidad máxima de defecto a tierra o sensibilidad de disparo de la protección diferencial, en amperios

R_{eq} = resistencia equivalente de la red de tierras, en ohmios

Aplicando:

$$U = 0,3 \text{ A} \times 0,81 \text{ Ohm} = 0,243 \text{ V}$$

Como se puede ver, esta tensión es perfectamente admisible y no constituye peligro alguno para las personas.

11. POZO DE BOMBEO DE SANTA CRUZ DEL VALLE

11.1. Acometida eléctrica

La acometida en baja tensión al pozo de bombeo de Santa Cruz del Valle, se efectuará desde el punto de conexión indicado por la empresa suministradora.

La entrega será en 3x400/230 V, siendo la potencia solicitada de 3,464 kW.

El paso aéreo/subterráneo desde el punto de entronque se hará con tubo de PVC de 90 mm de 3 metros de altura. La derivación se canalizará con tubo corrugado de 63 mm de diámetro desde el tubo de paso de aéreo a subterráneo hasta la caja general de protección y medida. Los conductores serán de 3x50+1x50 mm² Al. RV 0,6/1 kV., f en aluminio con aislamiento en polietileno reticulado y cubierta de PVC.

Se utilizarán interruptores automáticos colocados en el inicio de las instalaciones que alimentan cables subterráneos. Las características de funcionamiento de dichos elementos de protección corresponden a las exigencias que presenta el conjunto de la instalación de la que forma parte el cable subterráneo, teniendo en cuenta las limitaciones propias de éste.

La protección contra cortocircuitos por medio de interruptores automáticos se establece de forma que la falta sea detectada 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 pantallas correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos, son las indicadas en la norma UNE 20435. Podrían admitirse intensidades de cortocircuito mayores a las indicadas en aquellos casos en que el fabricante del cable aporte documentación justificativa correspondiente.

Se calculará para la potencia total demandada sin aplicar coeficiente de simultaneidad:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo
- Cos .: 0.85; Xu(m./m): 0;
- Potencia de cálculo: 3464 W. (Coef. de Simult.: 1)

$$I = 3464 / (1,732 \times 400 \times 0.85) = 5,88 \text{ A.}$$

Se eligen conductores RV 4x50 mm² AL.

Aislamiento, Nivel Aislamiento: PVC, 0.6/1 kV

I.ad. a 25°C 165 A. según ITC-BT-06

D. tubo: (50) mm

Caída de tensión:

e (total)=0.025 % ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 150 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA.

11.2. Línea eléctrica de B.T. a pozo de bombeo

La derivación individual en Baja Tensión al pozo de bombeo de Santa Cruz del Valle, se efectuará desde la Caja General de Protección y Medida.

Será necesario ejecutar las siguientes obras:

- Ejecución canalizaciones subterráneas derivación individual
- Instalación de conductores 5x16+1x1,5 mm² Al. RV 0,6/1 kV.

11.2.1. Canalizaciones

Las canalizaciones generales estarán formadas por tubos de PVC corrugados, de ejecución subterránea, tal y como se muestra a continuación.

11.2.1.1. *Canalización entubada (asiento de arena)*

Estarán constituidos por tubos plásticos, dispuestos sobre lecho de arena y debidamente enterrados en zanja. Las características de estos tubos serán las establecidas en la 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 arquetas ciegas, para facilitar la manipulación.

La zanja tendrá una anchura mínima de 0,60 m, para la colocación de dos tubos de 160 mm de diámetro y 1 de 90 mm.

Los tubos podrán ir colocados en uno, dos o tres planos.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de unos 0,1 m aproximadamente de espesor de arena, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de arena con un espesor de 0,10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el firme y el espesor del pavimento; para este relleno se utilizará material procedente de la excavación y de préstamo, todo-uno, zahorra o arena.

11.2.1.2. *Condiciones generales para cruces*

La zanja tendrá una anchura mínima de 0,60 m, para la colocación de los tubos, aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar.

Los tubos podrán ir colocados en uno, dos o tres planos.

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad aproximada de 0,80 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de unos 0,1 m aproximadamente de espesor de hormigón HM-20, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón HM-20 con un espesor de 0,10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del firme y pavimento, para este relleno se utilizará hormigón HM-20, en las canalizaciones que no lo exijan las Ordenanzas Municipales la zona de relleno será de todo-uno o zahorra.

11.2.2. Derivación individual

La entrega será en 3x400/230 V, siendo la potencia solicitada de 3,464 kW.

La instalación se realizará subterránea, con conductores de 5x16+1x1,5 mm² Al. RV 0,6/1 kV., f en aluminio con aislamiento en polietileno reticulado y cubierta de PVC, presentando una longitud total de 100 m.

Los cálculos de esta derivación se realizan a continuación:

Potencia solicitada por el pozo de bombeo de Santa Cruz del Valle 3,464 kW:

Cálculo de la intensidad máxima:

$$\text{Líneas trifásicas: } I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi}$$

Donde:

I: Intensidad (A)

P: Potencia (w)

U: Tensión de servicio

Cosφ : Factor de potencia

$$I = \frac{3464}{\sqrt{3 \cdot 400 \cdot 0,85}} = 5,88 \text{ V}$$

Cálculo de la sección:

Con la intensidad entramos en la tabla correspondiente a la instrucción ITC-BT-07 o ITCBT- 19 y encontramos la sección de cable que la admite la circulación de corriente calculada.

Tabla 5. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente).

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) y (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
	TIPO DE AISLAMIENTO					
						
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	—	—	—
630	885	870	770	—	—	—

Tipo de aislamiento

XLPE: Polietileno reticulado. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (servicio permanente).

EPR: Etileno propileno. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (servicio permanente).

PVC: Policloruro de vinilo. Temperatura máxima en el conductor 70 °C (servicio permanente).

Temperatura del terreno 25 °C.

Profundidad de instalación 0,70 m.

Resistividad térmica del terreno 1 K.m/W.

Comprobación de la caída de tensión máxima admisible

Líneas trifásicas:
$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Donde:

S = Sección teórica (mm²).

P = Potencia del suministro (W).

L = Longitud de la línea (m).

γ = Conductividad (56 para el cobre y 35 para el aluminio).

e = Caída de tensión admisible.

U = Tensión de servicio (V).

$$e = \frac{P \cdot L}{S \cdot U \cdot \gamma} = \frac{3464 \cdot 100}{6 \cdot 400 \cdot 56} = 2,58 \text{ V}$$

Caídas de tensión de carácter general: La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre la caja de protección y medida y el cuadro general, que en este caso es un suministro para un único usuario en el que no existe línea general de alimentación, y será inferior a 1,5 %.

Para las demás instalaciones la sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación cualquier punto de utilización, sea inferior al 3% de la tensión nominal al origen de la instalación, para alumbrado, y el 5% para los otros usos.

La caída de tensión máxima admisible será: $(2,46/400) \cdot 100 = 0,62 \%$.

12. CÁLCULO DE ALUMBRADO DE VIALES

12.1. Cálculo de iluminación

12.1.1. Método del flujo

El método del flujo permite únicamente el cálculo de la iluminación media resultante, ya que, al no proporcionar valores puntuales de la iluminación, resulta imposible obtener los resultados en cuanto a uniformidad.

Se basa en la fórmula, fundamental en luminotecnia:

$$\text{Nivel de iluminación} = \frac{\text{flujo lumínico incidente}}{\text{superficie}}$$

Si consideramos el área de la calzada iluminada por un punto de luz, su superficie vendrá definida por la expresión:

$$S = a \times d$$

siendo:

$$S = \text{superficie}$$

$$a = \text{ancho de la calzada}$$

$$d = \text{interdistancia}$$

En cuanto al flujo incidente, lo definiremos por:

$$F = \Phi \times F_u \times F_c$$

siendo:

$$\Phi = \text{Flujo nominal emitido por la lámpara}$$

$F_u =$ Factor de utilización: indica el porcentaje del flujo de la lámpara incidente en la zona de estudio. Su cálculo se realiza mediante las curvas de coeficientes de utilización.

$F_c =$ Factor de conservación: indica el porcentaje de flujo restante, una vez descontadas las pérdidas por depreciación, ensuciamiento, etc.

Las curvas de coeficientes de utilización representan el porcentaje del flujo lumínico procedente de la luminaria que incide en una determinada anchura del terreno. Se obtienen a partir de las curvas isolux unitarias integrando el flujo que recae sobre franjas paralelas al eje de la calzada.

Los resultados se representan en unos ejes de coordenadas en los que las abscisas están graduadas en relaciones de distancia transversal/altura de montaje y las ordenadas en porcentajes del flujo luminoso. Normalmente, se dan dos curvas, representando el flujo luminoso hacia la calzada y hacia la acera.

Para el cálculo del Factor de conservación, si no se disponen de datos derivados de la experiencia en casos similares al que se está estudiando, pueden utilizarse, como orientación, los valores siguientes, extraídos de las recomendaciones internacionales.

Características de la zona	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0,90	0,95
Intermedia	0,75	0,85
Sucia	0,65	0,70

En definitiva, el nivel de iluminación medio se calculará aplicando los valores del caso a la fórmula:

$$E = \frac{\Phi \times Fu \times Fc}{a \times d}$$

El método del flujo, al no proporcionar, como se ha mencionado antes, valores de la uniformidad, es poco utilizable en los Proyectos de Alumbrado Público, limitándose a estudios previos, diseños orientativos, etc.

Por el contrario, sí resulta muy frecuente su aplicación para el cálculo de la interdistancia entre puntos de luz en el predimensionado de soluciones. En ese caso, se utiliza la fórmula anterior, despejando la interdistancia:

$$d = \frac{\Phi \times Fu \times Fc}{a \times E}$$

12.1.2. Método punto por punto

Para poder conocer los valores de la Uniformidad medio y Uniformidad extrema, necesitamos conocer valores puntuales de la iluminación que permitan determinar la "iluminación máxima" e "iluminación mínima" dentro de la zona de estudio.

En el Método Punto por Punto, la zona existente entre dos puntos de luz consecutivos, se subdivide en una retícula regular, calculando luego el Nivel de iluminación puntual existente en cada uno de los centros de retícula.

El nivel de iluminación medio será, por lo tanto:

$$E = \frac{\Sigma \text{iluminaciones puntuales}}{\text{número de puntos de estudio}}$$

y la uniformidad:

$$U_{\text{media}} = \frac{\text{iluminación puntual mínima}}{\text{iluminación media}}$$

$$U_{\text{extrema}} = \frac{\text{iluminación puntual mínima}}{\text{iluminación puntual máxima}}$$

Lógicamente, cuanto más reducidas son las dimensiones de la retícula más exacto resultará el cálculo, pero también más laborioso. Normalmente se utilizan retículas con lados comprendidos entre 3 y 5 metros.

El cálculo de iluminaciones puntuales se realiza, usualmente, en forma gráfica a partir de las Curvas Isolux de la luminaria prevista en el estudio. El procedimiento a seguir se describe en el apartado siguiente, "Método de los doce puntos".

12.1.3. Método de los 12 puntos

Es fundamentalmente un método de cálculo punto por punto en el que, para evitar la laboriosidad, se elige un número reducido de puntos cuya representatividad permite obtener unos resultados suficientemente aproximados.

Como norma se toman 12 puntos en la calzada y 6 en la acera, distribuidos regularmente. Los puntos se seleccionan en los bordillos y en los ejes aproximados de

circulación de los vehículos. Con las iluminancias resultantes, se hallan fácilmente las uniformidades, y se pueden dibujar las curvas isolux sobre el terreno.

12.2. Cálculo de la interdistancia

12.2.1. Método del flujo

En primer lugar se hallarán la separación entre puntos de luz por medio de las curvas de coeficientes de utilización. Para ello calculamos las relaciones α y β , resultando en este caso:

$$\alpha = \frac{B_1}{H} = \frac{8}{9} = 0,8889$$

$$\beta = \frac{d}{H} = \frac{0,5}{9} = 0,0556$$

Con estos valores obtendremos los coeficientes de utilización en las curvas correspondientes de la documentación fotométrica, y que serán:

$$K1 = 0,37$$

$$K2 = 0,03$$

El coeficiente de utilización total será la composición de estos coeficientes parciales:

$$U = K1 - K2 = 0,34$$

Si fijamos un coeficiente de depreciación de 0,85 y consideramos que el flujo de la lámpara es de 14.500 lúmenes, podemos calcular la interdistancia mediante la expresión:

$$d = \frac{\Phi \times F_u \times F_c}{E_m \times \alpha}$$

siendo:

d = separación entre puntos de luz

Φ = flujo luminoso de la lámpara: 14.500 lúmenes

F_u = coeficiente de utilización: 0,34

F_c = coeficiente de depreciación: 0,85

E_m = iluminación media en servicio: 25 lux

a = ancho de la calzada: 8 m

Aplicando valores resulta:

$$L = \frac{14.500 \times 0,34 \times 0,85}{25 \times 6} = 27,94m$$

Por redondeo tomamos una interdistancia aproximada de 30 m con una configuración unilateral conjugada con otra de tresbolillo.

Una vez conocida la interdistancia se procede al estudio luminotécnico con la obtención de las iluminaciones en cada uno de los 12 puntos considerados, iluminación media, uniformidades y el dibujo de las curvas isolux reales sobre el terreno.

12.2.2. Método de los 12 puntos

El estudio luminotécnico se lleva a la práctica por el método de los 12 puntos, valiéndose de las curvas isolux unitarias con lámpara de vapor de sodio, alta presión de 150 W, tubular clara, y efectuando las anotaciones en la hoja de cálculos adjunta.

Ante todo, dibujamos la planta de la calle a escala:

$$\frac{40}{H}$$

sobre un papel transparente.

Los valores que debemos transformar son los de ancho de la calzada y aceras, separación entre luminarias, saliente del báculo y saliente sobre la calzada. Según los cuadros antes citados resulta:

Ancho de la calzada $B = 8 \text{ m} \quad 35,6 \text{ mm}$

Ancho de la acera	A =	1,5 m	6,7	mm
Saliente sobre la calzada	d =	-0,5 m	-2,2	mm
Separación luminarias de un mismo lado	S =	20 m	88,9	mm

Se procede, a continuación, a dibujar la calle con estas dimensiones. Se divide la calzada en 3 partes iguales en su sentido longitudinal por lo ejes C y D, y en 4 partes iguales en el sentido transversal en la separación entre dos luminarias adyacentes.

A continuación hacemos coincidir la proyección de la luminaria, que figura en el transparente, con el centro de coordenada de la curva isolux unitaria, procediendo a la anotación de las lecturas en los puntos de medición.

Se procede después al cálculo de las iluminaciones en cada uno de los puntos elegidos, sumando las influencias de las distintas luminarias sobre dichos puntos.

12.3. CÁLCULO POR ORDENADOR

La laboriosidad de los cálculos luminotécnicos -sobre todo para el cálculo de luminarias- ha determinado un amplio desarrollo de Programas para Cálculo Luminotécnico mediante ordenador.

En estos programas, la documentación fotométrica gráfica es sustituida por documentación analítica en forma de Matrices:

- Matriz de intensidades, definida para cada luminaria
- Matriz de características de reflexión, definida para cada tipo de pavimento

El proyectista introduce en el ordenador los siguientes datos:

- Posición geométrica de los puntos de luz
- Definición geométrica de la zona de estudio
- Tipo de luminaria
- Tipo de pavimento

y, en un tiempo que depende del programa y de la complejidad del caso, pero que es generalmente breve, obtiene los siguientes resultados:

-
- Valores medios de iluminación o luminancia
 - Uniformidad
 - Valores puntuales, en la retícula definida
 - Curvas isolux resultantes (sólo algunos programas)

APÉNDICE 1

Nº DEL CIRCUITO	DESIGNACIÓN	EQUIPOS INSTALADOS	EQUIPOS EN FUNCIONAMIENTO	POTENCIA UNITARIA	POTENCIA INSTALADA	POTENCIA SIMULTANEA	TIPO DE SALIDAS	TIPO PROTECCIÓN
		UD	UD	Kw	Kw	Kw		
	CCM EDAR MOMBELTRÁN	51	34	123,83	278,42	188,73		
PRETRATAMIENTO								
A1	Compuerta entrada a canal	1	0	0,50	0,50	0,00	Inversor	4P/10A
A2	Polipasto	1	1	3,00	3,00	3,00	Cuadro Propio	4P/16A
A3	Cuchara Bivalva	1	1	3,00	3,00	3,00	Cuadro Propio	4P/16A
A4	Bombeo de agua bruta	3	2	12,50	37,50	25,00	Cuadro Propio	4P/100A
A5	Equipo compacto desarenado desengrasado (cuadro propio)	1	1	5,60	5,60	5,60	Cuadro Propio	4P/16A
A6	Concentrador de grasas	1	1	0,25	0,25	0,25	Arranque directo	4P/10A
A7	Vertedero regulable	1	1	0,50	0,50	0,50	Inversor	4P/10A
A8	Compuerta salida pretratamiento	1	0	0,50	0,50	0,00	Inversor	4P/10A
TRATAMIENTO BIOLÓGICO								
A9	Válvula de compuerta en entrada a biológico	2	1	0,50	1,00	0,50	Inversor	4P/10A
A10	Soplantes	3	2	45,00	135,00	90,00	1 Variador frecuencia + 2 Arranque suave	4P/125A
A11	Agitadores reactor biológico	2	2	5,15	10,30	10,30	2 Arranque Estrella Triángulo	4P/16A

Nº DEL CIRCUITO	DESIGNACIÓN	EQUIPOS INSTALADOS	EQUIPOS EN FUNCIONAMIENTO	POTENCIA UNITARIA	POTENCIA INSTALADA	POTENCIA SIMULTANEA	TIPO DE SALIDAS	TIPO PROTECCIÓN
		UD	UD	Kw	Kw	Kw		
A12	Bombas de recirculación de fangos	3	2	4,00	12,00	8,00	Cuadro propio	4P/32A
A13	Bombas de purga de fangos en exceso	2	1	1,90	3,80	1,90	Cuadro propio	4P/16A
A14	Mecanismo decantador secundario	2	2	0,25	0,50	0,50	Arranque directo	4P/10A
A15	Bomba de flotantes decantador secundario	1	1	1,90	1,90	1,90	Cuadro propio	4P/10A
LÍNEA DE FANGOS								
A16	Mecanismo espesador de gravedad	1	1	0,25	0,25	0,25	Arranque directo	4P/10A
A17	Bombas dosificadoras de polielectrolito	2	1	0,18	0,36	0,18	2 Variador de frecuencia	4P/10A
A18	Compacto para preparación de polielectrolito	1	1	1,50	1,50	1,50	Cuadro propio	4P/10A
A19	Bombas de alimentación a centrífuga	2	1	1,00	2,00	1,00	Variador de frecuencia	4P/10A
A20	Centrífuga (cuadro propio)	1	1	15,00	15,00	15,00	Cuadro propio	4P/50A
A21	Bomba de fangos	1	1	3,00	3,00	3,00	Arranque directo	4P/10A
VARIOS								
A22	Bomba de vaciados	2	1	4,00	8,00	4,00	Cuadro propio	4P/25A
A23	Ventilación extracción	4	4	0,50	2,00	2,00	Arranque directo	4P/10A

Nº DEL CIRCUITO	DESIGNACIÓN	EQUIPOS INSTALADOS	EQUIPOS EN FUNCIONAMIENTO	POTENCIA UNITARIA	POTENCIA INSTALADA	POTENCIA SIMULTANEA	TIPO DE SALIDAS	TIPO PROTECCIÓN
		UD	UD	Kw	Kw	Kw		
A24	Polipastos	4	0	2,50	10,00	0,00	Cuadro propio	4P/16A
A25	Bombas de agua limpia a depósito de agua industrial	2	1	3,95	7,90	3,95	Cuadro propio	4P/25A
A26	Compresor de pistón	1	1	0,74	0,74	0,74	Cuadro propio	4P/25A
A27	Bombas del grupo de presión (cuadro propio)	2	1	5,50	11,00	5,50	Cuadro propio	4P/25A
A28	Bomba dosificadora de hipoclorito sódico	2	1	0,16	0,32	0,16	2 Variador de frecuencia	4P/10A
A29	Bomba de trasvase de hipoclorito sódico	1	1	1	1,00	1,00	Arranque directo	4P/10A
	CUADRO DE ALUMBRADO EXTERIOR							
B1	Cuadro alumbrado exterior	1	1	10,00	10,00	10,00	Cuadro propio	4P/63A
	CUADRO DE ALUMBRADO INTERIOR Y FUERZA USOS VARIOS							
C1	Cuadro alumbrado int. y fuerza	1	1	12,00	12,00	12,00	Cuadro propio	4P/63A

Nº DEL CIRCUITO	DESIGNACIÓN	EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA UNITARIA	Nº DE LÍNEAS	INTENSIDAD POR LÍNEA	LONGITUD	TIPO DE CABLE	SECCIÓN	CANALIZACIÓN	Coef	I _{max.} admisible	C. TENSIÓN	C. TENSIÓN
		UD	Kw		A	m		mm ²			A	V	%
	CCM EDAR MOMBELTRÁN	48	122,666	40,00	221,32	60	RV 0,6/1KV	150,00	Tubo ent 180	0,80	340,00	2,19	0,55
PRETRATAMIENTO													
A1	Compuerta entrada a canal	1	0,50	1,00	0,90	40,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	0,36	0,09
A2	Polipasto	1	3,00	1,00	5,41	40,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	2,14	0,54
A3	Cuchara Bivalva	1	3,00	1,00	5,41	40,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	2,14	0,54
A4	Bombeo de agua bruta (Cuadro propio)	3	12,50	1,00	67,66	35,00	RZ 0,6/1KV	25,00	Bandeja		123,00	0,78	0,20
A5	Equipo compacto desarenado desengrasado (Cuadro propio)	1	5,60	1,00	10,10	25,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	2,50	0,63
A6	Concentrador de grasas	1	0,25	1,00	0,45	25,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	0,11	0,03
A7	Vertedero regulable	1	0,50	1,00	0,90	15,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	0,13	0,03
A8	Compuerta salida pretratamiento	1	0,50	1,00	0,90	15,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	0,13	0,03

Nº DEL CIRCUITO	DESIGNACIÓN	EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA UNITARIA	Nº DE LÍNEAS	INTENSIDAD POR LÍNEA	LONGITUD	TIPO DE CABLE	SECCIÓN	CANALIZACIÓN	Coef	I _{max.} admisible	C. TENSIÓN	C. TENSIÓN
		UD	Kw		A	m		mm ²			A	V	%

TRATAMIENTO BIOLÓGICO

A9	Válvula de compuerta en entrada a biológico	2	0,50	2,00	0,90	40,00	RV 0,6/1KV	6,00	Tubo ent 50	0,80	57,60	0,15	0,04
A10	Soplantes	3	45,00	3,00	81,19	5,00	RZ 0,6/1KV	35,00	Bandeja		154,00	0,29	0,07
A11	Agitadores reactor biológico	2	5,15	2,00	9,29	75,00	RV 0,6/1KV	6,00	Tubo ent 50	0,80	57,60	2,87	0,72
A12	Bombas de recirculación de fangos (Cuadro propio)	3	4,00	1,00	21,65	50,00	RV 0,6/1KV	6,00	Tubo ent 50	0,80	57,60	1,49	0,37
A13	Bombas de purga de fangos en exceso (Cuadro propio)	2	1,90	1,00	6,86	50,00	RV 0,6/1KV	6,00	Tubo ent 50	0,80	57,60	0,71	0,18
A14	Mecanismo decantador secundario	2	0,25	2,00	0,45	70,00	RV 0,6/1KV	6,00	Tubo ent 50	0,80	57,60	0,13	0,03
A15	Bomba de flotantes decantador secundario (Cuadro propio)	1	1,90	1,00	3,43	50,00	RV 0,6/1KV	6,00	Tubo ent 50	0,80	57,60	0,71	0,18

LÍNEA DE FANGOS

Nº DEL CIRCUITO	DESIGNACIÓN	EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA UNITARIA	Nº DE LÍNEAS	INTENSIDAD POR LÍNEA	LONGITUD	TIPO DE CABLE	SECCIÓN	CANALIZACIÓN	Coef	I _{max.} admisible	C. TENSIÓN	C. TENSIÓN
		UD	Kw		A	m		mm ²			A	V	%
A16	Mecanismo espesador de gravedad	1	0,25	1,00	0,45	40,00	RV 0,6/1KV	6,00	Tubo ent 50	0,80	57,60	0,07	0,02
A17	Bombas dosificadoras de polielectrolito	2	0,18	2,00	0,32	10,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	0,03	0,01
A18	Compacto para preparación de polielectrolito	1	1,50	1,00	2,71	10,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	0,27	0,07
A19	Bombas de alimentación a centrífuga	2	1,00	2,00	1,80	15,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	0,27	0,07
A20	Centrífuga (cuadro propio)	1	15,00	1,00	27,06	15,00	RZ 0,6/1KV	6,00	Bandeja		57,60	1,67	0,42
A21	Bomba de fangos deshidratados	1	3,00	1,00	5,41	15,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	0,80	0,20
VARIOS													
A22	Bomba de vaciados (Cuadro propio)	2	4,00	1,00	14,43	50,00	RV 0,6/1KV	6,00	Tubo ent 50	0,80	57,60	1,49	0,37
A23	Ventilación extracción	4	0,50	4,00	0,90	30,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	0,27	0,07
A24	Polipastos	4	2,50	4,00	4,51	30,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	1,34	0,33
A25	Bombas de agua limpia a depósito de agua industrial (Cuadro Propio)	2	3,95	1,00	14,25	60,00	RV 0,6/1KV	6,00	Tubo ent 50	0,80	57,60	1,76	0,44

Nº DEL CIRCUITO	DESIGNACIÓN	EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA UNITARIA	Nº DE LÍNEAS	INTENSIDAD POR LÍNEA	LONGITUD	TIPO DE CABLE	SECCIÓN	CANALIZACIÓN	Coef	I _{max.} admisible	C. TENSIÓN	C. TENSIÓN
		UD	Kw		A	m		mm ²			A	V	%
A26	Compresor de pistón	1	0,74	1,00	1,33	25,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	0,33	0,08
A27	Bombas del grupo de presión (cuadro propio)	2	5,50	1,00	19,85	10,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	0,98	0,25
A28	Bomba dosificadora de hipoclorito sódico	2	0,16	1,00	0,58	20,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	0,06	0,01
A29	Bomba de trasvase de hipoclorito sódico	1	1,00	1,00	1,80	20,00	RZ 0,6/1KV	2,50	Bandeja		33,00	0,36	0,09