

	CAUDAL (m ³ /s)						
	Subcuencas acumuladas						
	1	2	3	4	5	6	7
T (años)							
2	1.87	0.87	2.73	0.56	0.08	0.11	0.62
5	7.80	5.80	14.52	3.68	0.81	0.83	2.12
10	14.07	11.16	27.20	7.07	1.63	1.62	3.66
25	24.59	20.35	48.75	12.87	3.03	2.96	6.20
50	34.47	29.11	69.18	18.40	4.39	4.25	8.56
100	46.06	39.49	93.31	24.95	6.00	5.78	11.30
200	59.36	51.53	121.16	32.53	7.87	7.55	14.42
500	79.45	69.88	163.48	44.10	10.74	10.25	19.09

Veamos, con la fórmula de Manning qué diámetro de tubería sería el mínimo necesario para desaguar los caudales esperables, con una pendiente mínima del 0,5 %:

La fórmula de Manning para conductos circulares funcionando sin presión es la siguiente:

$$h = 10,3 \cdot n^2 \cdot (Q^2/D^{5,33}) \cdot L$$

donde:

h: pérdida de carga o de energía (m)

n: coeficiente de rugosidad (adimensional) = 0,008 para PVC

D: diámetro interno de la tubería (m)

Q: caudal (m³/s)

L: longitud de la tubería (m)

Si en esa fórmula sustituimos los valores límite anteriormente enunciados, obtendremos los diámetros necesarios para evacuar los caudales esperables.

Optamos por dimensionar los **albañales con tubería de diámetro nominal 250 mm** con el fin de evitar obstrucciones. Dicho diámetro, evidentemente, queda del lado de la seguridad, es decir, es capaz de desaguar un caudal mayor.

La red de transporte de pluviales tendrá diámetro 400 mm. hasta el entronque proyectado.

3.- ELEMENTOS INTEGRANTES DE LA RED

3.1. POZOS DE REGISTRO.

Son elementos de conexión entre tramos de colector de saneamiento enterrado, sirven como elementos que facilitan la inspección y mantenimiento de la red, produciéndose en ellos la conexión de los vertidos, además son necesarios en los puntos de cambio de pendiente y en los cambios de dirección del colector y se situarán con distancias máximas entre ellos de 40 a 50 m. Estarán dotados de tapa articulada de fundición y pates de acceso para profundidades superiores a 1.20 m.

3.2. CONDUCCIONES.

La red de pluviales está formada por dos líneas de tuberías de HDPE de alta densidad con rigidez circunferencial de 8 kN/m^2 con juntas de brida de PVC y junta tórica de neopreno de diámetros interiores de 400, 500, 630, 800 y 1.000 mm, que con las pendientes adecuadas, canalizan los caudales recogidos en dirección a los puntos de descarga localizados los diferentes barrancos que cruzan el sector.

La capacidad de carga sobre las tuberías a los efectos de cálculo mecánico, será conforme a la norma UNE- 127 010.

3.3. IMBORNALES.

Serán prefabricados del tipo sifónico, con rejilla de fundición pivotante adecuada al tipo de tráfico previsto.

4.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Se ha realizado un cálculo hidráulico de la instalación con el software comercial de Cype Ingenieros, número de licencia 86383, que utiliza la formulación de Manning-Strickler.

5.- CÁLCULOS MECÁNICOS

5.1. DESCRIPCIÓN DE LAS TUBERÍAS.

La tipología de tuberías objeto de este anejo corresponde a las secciones tipo constituidas por tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) de 40, 50, 63, 80 y 100 cm. de diámetro, con rigidez de 8 KN/m² de doble pared

5.2. BASES DE CÁLCULO

En el presente anejo se detallan las Normas e Instrucciones consideradas, los materiales utilizados, las acciones consideradas, los coeficientes de seguridad adoptados, y las hipótesis de carga analizadas.

Normativa utilizada

Para la redacción del presente cálculo se han considerado las siguientes Normas e Instrucciones:

- “Pliego de Condiciones Técnicas para Saneamiento y Alcantarillado” del Grupo Aguas de Valencia S.A.
- “Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones”. MOPU 1986

5.3. ACCIONES CONSIDERADAS

Teniendo en cuenta las consideraciones indicadas en la Norma UNE, para el análisis de la tubería se han considerado las siguientes acciones:

· PESO PROPIO DE LA TUBERÍA:

Se consideran las cargas verticales del peso propio de la tubería, calculadas con un peso específico de 2,50 T/m³ para el hormigón armado. Esta acción resulta despreciable frente a las restantes consideraciones.

· TERRENO SOBRE LA TUBERÍA:

Se considera una sobrecarga uniforme q_v sobre la tubería correspondiente a la solución

de Terzaghi de la carga vertical del peso de tierras, en función de la altura del relleno y las características consideradas.

· EMPUJES DEL TERRENO:

Dado que en este tipo de estructuras flexibles los empujes sobre los laterales de la tubería que se generan por efecto de la deformación del tubo contribuyen fundamentalmente a soportar las cargas verticales.

· SOBRECARGAS CONCENTRADAS DEBIDAS AL TRÁFICO:

Se considera una carga vertical q_{vc} sobre la tubería correspondiente a la acción de las cargas concentradas del vehículo tipo, en función de la altura del relleno y la separación entre ejes. En el presente cálculo se utilizara el vehículo tipo HT 39, con un coeficiente de impacto $\phi = 120$, que corresponde a la posibilidad de que discurra una vía de tráfico pesado sobre la zona de instalación de la tubería.

· SOBRECARGA UNIFORME DEBIDA AL TRÁFICO:

Además de las acciones originadas por las cargas concentradas móviles, y siguiendo el criterio de acciones consideradas en el proyecto de puentes de carretera, se considera la acción simultánea de una sobrecarga uniforme de valor $q_{vu}=4$ kN/m² sobre la superficie del terreno.

De acuerdo con el software facilitado por el fabricante de las tuberías proyectadas. Las tuberías cumplen la totalidad de comprobaciones para la situación más desfavorable.

6.- CÁLCULO DE LOS IMBORNALES

Todos los sumideros a instalar serán del tipo horizontal. El rebose lateral se efectuará con bordillo prefabricado de hormigón.

El sumidero horizontal tendrá una longitud exterior de marco de 400 x 800mm, altura libre $D = 70$ mm y paso libre 710 x 320mm.

Las barras serán perpendiculares a la corriente en el imbornal.

Siguiendo el punto 4.3. *Sumideros e imbornales* de la Instrucción 5.2-IC Drenaje (*Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras*).

El caudal que puede evacuar un imbornal viene dado por la expresión:

$$Q \text{ (l/s)} = P H^{3/2} / 60$$

en la que:

P = perímetro de la rejilla

H = altura de la lámina de agua a la entrada del imbornal

El perímetro exterior de la rejilla desprovista de barras es:

$$P = 710 + 710 + 320 + 320 = 2.060 \text{ mm} = 206 \text{ cm}$$

Se debe considerar que la capacidad de desagüe de un conjunto de sumideros o imbornales situados en un punto bajo no deberá ser inferior al doble del caudal de referencia, en previsión de obstrucciones o perturbaciones del flujo.

Cuando el sumidero esté en rasante inclinada su eficacia se ve mermada, por lo que la capacidad de desagüe dada por la formula anterior, deberá afectarse de un coeficiente igual a :

$$1/ 1+15 \times J,$$

siendo J (m/m): la pendiente longitudinal.

La capacidad de desagüe de cada sumidero deberá ser tal que pueda absorber al menos el 70 por cien del caudal de referencia que circule por el Caz o cuneta.

El caudal que puede absorber cada imbornal depende, como hemos visto, de la pendiente del tramo en que se encuentre y de la altura del agua en él. Considerando la pendiente transversal en los lugares donde se han ubicado los imbornales y los anchos de calzada resulta una profundidad de agua H de 3cm, con lo que obtenemos:

$$Q \text{ (l/s)} = P H/60$$

$$Q = 206 \times 33/2 /60 = 17,84 \text{ l/seg.}$$

Con ello obtenemos sobradamente el caudal exigido por la norma de drenaje en cada imbornal .

7.- CONCLUSIONES

Concluimos a la vista de los resultados obtenidos en los cálculos hidráulicos de la red, que los tubos escogidos en cada tramo, con sus diámetros y características específicas en cada caso, se encuentran dentro de los límites especificados, siempre que lo permiten otras restricciones de mayor nivel, y que en los casos especiales en los que no se alcanzan los mínimos recomendados, el criterio pésimo utilizado asegurará que estos no supondrán un obstáculo para el funcionamiento del conjunto de la red, ya que en el global de todas las variables de funcionamiento definidas son los óptimos posibles, y por tanto el funcionamiento de las redes diseñadas y propuestas en el presente documento es correcto.

A partir de las características del terreno supuestas, y de las acciones consideradas en el cálculo, se ha realizado una comprobación estructural de las tuberías previstas.

Los resultados del cálculo mecánico indican que para los diámetros estudiados, y alturas de relleno previstas las clases de tubería a utilizar, cumplen con las exigencias estructurales de manera holgada.

Los resultados de este anejo garantizan que la utilización de los materiales y secciones descritas proporcionan a las tuberías un coeficiente de seguridad adecuado frente a los estados límites últimos y cumplen las todas las especificaciones de aplicación.

ANEJO N° 6:
ENERGÍA ELÉCTRICA

ANEJO Nº 6: ENERGÍA ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO

INDICE

1.- RED DE BAJA TENSIÓN	2
1.1- MEMORIA DESCRIPTIVA	3
1.2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	14
1.3.- MEDICIONES	38
2.- RED DE MEDIA TENSION	44
2.1.- MEMORIA DESCRIPTIVA	45
2.2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	51
2.3.- PLIEGO DE CONDICIONES.....	181
2.3.- MEDICIONES	208
3.- RED DE ALUMBRADO PÚBLICO	225
3.1.- MEMORIA DESCRIPTIVA	226
3.2.- CALCULOS JUSTIFICATIVOS	244
3.3.- PLIEGO DE CONDICIONES.....	278
3.4.- MEDICIONES	304

1.- RED DE BAJA TENSIÓN

1.1- MEMORIA DESCRIPTIVA

INDICE MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN.
2. OBJETO DEL PROYECTO.
3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.
4. EMPLAZAMIENTO.
5. SUMINISTRO DE LA ENERGÍA.
6. PREVISIÓN DE POTENCIA EN LA ZONA DE ACTUACIÓN.
7. TRAZADO DE LA RED ELÉCTRICA.
8. CANALIZACIONES.
 - 8.1. CANALIZACIONES DIRECTAMENTE ENTERRADAS.
 - 8.2. CANALIZACIONES ENTERRADAS BAJO TUBO.
9. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.
 - 9.1. CRUZAMIENTOS.
 - 9.2. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS.
10. CONDUCTORES.
11. EMPALMES Y CONEXIONES.
12. SISTEMAS DE PROTECCIÓN.
13. UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA.
14. PLANOS..
15. CONCLUSIÓN.

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN.

Se redacta el presente proyecto de "RED DE BAJA TENSIÓN" a petición de CONSTRUCCIONES HISPANO GERMANAS, S.A.U. , con C.I.F.: A03032182 y domicilio social en AV. PICASSO , nº 1 – CC OLIVA NOVA EDIF CHG PLAYA de OLIVA (VALENCIA)

La finalidad de la red en proyecto es la de garantizar el suministro eléctrico a todas las parcelas existentes en URBANIZACIÓN SECTOR GOLF EN PEGO (ALICANTE) , así como a todos los servicios.

2. OBJETO DEL PROYECTO.

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

3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.

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

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IER – Red Exterior (B.O.E. 19.6.84).
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

4. EMPLAZAMIENTO.

El emplazamiento de la Red de Baja Tensión objeto de este proyecto es en URBANIZACIÓN "SECTOR GOLF" de PEGO (ALICANTE)

5. SUMINISTRO DE LA ENERGÍA.

La energía se le suministrará a la tensión de 400 V., procedente de varios centros de transformación existente en la zona, propiedad de la Cia. i-De empresa productora y distribuidora de energía eléctrica en la provincia.

6. PREVISIÓN DE POTENCIA EN LA ZONA DE ACTUACIÓN.

La potencia total prevista en la zona de actuación P_t en kW, se obtiene mediante la expresión:

$$P_t = P_v + P_c + P_i + P_d + P_p + P_h + P_a + P_e$$

Considerando:

P_v = Potencia correspondiente a viviendas; se determina según ITC-BT-10 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

P_c = Potencia correspondiente a locales comerciales; se determina a razón de 100 W/m² de superficie construida, y con el coeficiente de simultaneidad que se estime necesario (previsión mínima por local 3,45 kW), según ITC-BT-10 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

P_i = Potencia correspondiente a locales industriales; se determina a razón de 125 W/m² de superficie construida, y con el coeficiente de simultaneidad que se estime necesario (previsión mínima por local 10,35 kW), según ITC-BT-10 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Este tipo de establecimientos se suele trabajar con un coeficiente de simultaneidad que varía entre 0,10 y 0,20, debido a consideraciones urbanísticas de edificabilidad, volumen, etc., y según las características particulares del tipo de industria que se pretende implantar en la zona. Además, esta previsión de potencia coincide con diversas Recomendaciones estipuladas para este tipo de establecimientos (20 – 30 VA/m², incluidos servicios y dotaciones).

P_d = Potencia correspondiente a centros de enseñanza, guarderías y docencia en general; se determina a razón de 500 W/plaza en ausencia de datos (NTE IER).

P_p = Potencia correspondiente a locales de pública concurrencia, centros religiosos, salas de exposiciones, cinematógrafos; se determina a razón de 50 W/m² en ausencia de datos (NTE IER).

P_h = Potencia correspondiente a establecimientos hoteleros o alojamientos turísticos; se determina a razón de 1000 W/plaza, con un mínimo de 100 kW para establecimientos cuya capacidad sea igual o superior a 50 plazas y con un mínimo de 25 kW para establecimientos cuya capacidad sea inferior a 50 plazas (NTE IER).

P_a = Potencia correspondiente al alumbrado público; se determina según estudio luminotécnico. En ausencia de datos se puede estimar una potencia de 1,5 W/m² de vial.

Pe = Potencia correspondiente a edificios o instalaciones especiales, tales como centros médicos, polideportivos, industrias, etc.

Estas cargas serán las consideradas para el cálculo de la red eléctrica de baja tensión, que dota de suministro eléctrico a todas esas parcelas.

7. TRAZADO DE LA RED ELÉCTRICA.

Para la dotación de suministro eléctrico a las diferentes parcelas y servicios generales se han diseñado circuitos de baja tensión. Los circuitos partirán desde el cuadro de baja tensión existente en el Centro de Transformación, propiedad de la Cía. Suministradora de Energía.

La red eléctrica, en su recorrido, sólo afectará a terrenos de dominio público.

El trazado de dicha red se puede observar en el documento adjunto Planos.

8. CANALIZACIONES.

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público, y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie UNE 211435), a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

8.1. CANALIZACIONES DIRECTAMENTE ENTERRADAS.

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.

Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes. Por el contrario, deberán aumentarse cuando las condiciones así lo exijan.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

- El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

- Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como, por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas

colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25 m.

- Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

8.2. CANALIZACIONES ENTERRADAS BAJO TUBO.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección en los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. Las arquetas serán prefabricadas o de fábrica de ladrillo cerámico macizo (cítara) enfoscada interiormente, con tapas de fundición de 60 x 60 cm y con un lecho de arena absorbente en el fondo de ellas. A la entrada de las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua. Si se trata de una urbanización de nueva construcción, donde las calles y servicios deben permitir situar todas las arquetas dentro de las aceras, no se permitirá la construcción de ellas donde exista tráfico rodado.

A lo largo de la canalización se colocará una cinta de señalización, que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión.

No se instalará más de un circuito por tubo. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y sección de los conductores se obtendrá de la tabla 9, ITC-BT-21.

Los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 61386-24. Las características mínimas serán las indicadas a continuación.

- Resistencia a la compresión: 250 N para tubos embebidos en hormigón; 450 N para tubos en suelo ligero; 750 N para tubos en suelo pesado.
- Resistencia al impacto: Grado Ligero para tubos embebidos en hormigón; Grado Normal para tubos en suelo ligero o suelo pesado.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Protegido contra objetos $D > 1$ mm.
- Resistencia a la penetración del agua: Protegido contra el agua en forma de lluvia.
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media.

9. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.

9.1. CRUZAMIENTOS.

9.1.1. Calles y carreteras.

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

9.1.2. Ferrocarriles.

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores, recubiertos de hormigón, y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

9.1.3. Otros cables de energía eléctrica.

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los de alta tensión.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

9.1.4. Cables de telecomunicación.

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

9.1.5. Canalizaciones de agua y gas.

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

9.1.6. Conducciones de alcantarillado.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado.

No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos, etc.), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas según lo prescrito en el apartado 8.2.

9.1.7. Depósitos de carburante.

Los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas y distarán, como mínimo, 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo 1,5 m por cada extremo.

9.2. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS.

9.2.1. Otros cables de energía eléctrica.

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

9.2.2. Cables de telecomunicación.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

9.2.3. Canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

9.2.4. Canalizaciones de gas.

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.

Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

9.2.5. Acometidas (conexiones de servicio).

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 8.2.

10. CONDUCTORES.

Los conductores a emplear en la instalación serán de Aluminio homogéneo, unipolares, tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, aislamiento de polietileno reticulado "XLPE", enterrados bajo tubo o directamente enterrados, con unas secciones de 25, 50, 95, 150 o 240 mm² (según Normas Técnicas de Construcción y Montaje de las Instalaciones Eléctricas de Distribución de la Cía. Suministradora).

El cálculo de la sección de los conductores se realizará teniendo en cuenta que el valor máximo de la caída de tensión no sea superior a un 5 % de la tensión nominal y verificando que la máxima intensidad admisible de los conductores quede garantizada en todo momento.

Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor se podrá instalar más de un conductor por fase, según los siguientes criterios:

- Emplear conductores del mismo material, sección y longitud.
- Los cables se agruparán al tresbolillo, en ternas dispuestas en uno o varios niveles.

El conductor neutro tendrá como mínimo, en distribuciones trifásicas a cuatro hilos, una sección igual a la sección de los conductores de fase para secciones hasta 10 mm² de cobre o 16 mm² de aluminio, y una sección mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y 16 mm² de aluminio, para secciones superiores. En distribuciones monofásicas, la sección del conductor neutro será igual a la sección del conductor de fase.

El conductor neutro deberá estar identificado por un sistema adecuado. Deberá estar puesto a tierra en el centro de transformación o central generadora, y como mínimo, cada 500 metros de longitud de línea. Aun cuando la línea posea una longitud inferior, se recomienda conectarlo a tierra al final de ella. La resistencia de la puesta a tierra no podrá superar los 20 ohmios.

En cualquier caso, siempre se atenderá a las Recomendaciones de la compañía suministradora de la electricidad.

11. EMPALMES Y CONEXIONES.

Los empalmes y conexiones de los conductores se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento. Asimismo, deberá quedar perfectamente asegurada su estanquidad y resistencia contra la corrosión que pueda originar el terreno.

Un método apropiado para la realización de empalmes y conexiones puede ser mediante el empleo de tenaza hidráulica y la aplicación de un revestimiento a base de cinta vulcanizable.

12. SISTEMAS DE PROTECCIÓN.

En primer lugar, la red de distribución en baja tensión estará protegida contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en la misma (ITC-BT-22), por lo tanto, se utilizarán los siguientes sistemas de protección:

- Protección a sobrecargas: Se utilizarán fusibles o interruptores automáticos calibrados convenientemente, ubicados en el cuadro de baja tensión del centro de transformación, desde donde parten los circuitos (según figura en anexo de cálculo); cuando se realiza todo el trazado de los circuitos a sección constante (y queda esta protegida en inicio de línea), no es necesaria la colocación de elementos de protección en ningún otro punto de la red para proteger las reducciones de sección.
- Protección a cortocircuitos: Se utilizarán fusibles o interruptores automáticos calibrados convenientemente, ubicados en el cuadro de baja tensión del centro de transformación.

En segundo lugar, para la protección contra contactos directos (ITC-BT-22) se han tomado las medidas siguientes:

- Ubicación del circuito eléctrico enterrado bajo tubo en una zanja practicada al efecto, con el fin de resultar imposible un contacto fortuito con las manos por parte de las personas que habitualmente circulan por el acerado.
- Alojamiento de los sistemas de protección y control de la red eléctrica, así como todas las conexiones pertinentes, en cajas o cuadros eléctricos aislantes, los cuales necesitan de útiles especiales para proceder a su apertura.
- Aislamiento de todos los conductores con polietileno reticulado "XLPE", tensión asignada 0,6/1 kV, con el fin de recubrir las partes activas de la instalación.

En tercer lugar, para la protección contra contactos indirectos (ITC-BT-22), la Cía. Suministradora obliga a utilizar en sus redes de distribución en BT el esquema TT, es decir, Neutro de B.T. puesto directamente a tierra y masas de la instalación receptora conectadas a una tierra separada de la anterior, así como empleo en dicha instalación de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local y características del terreno.

Por otra parte, es obligada la conexión del neutro a tierra en el centro de transformación y cada 500 metros (según ITC-BT-06 e ITC-BT-07), sin embargo, aunque la longitud de cada uno de los circuitos sea inferior a la cifra reseñada, el neutro se conectará como mínimo una vez a tierra al final de cada circuito.

13. UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA.

Los contadores se ubicarán de forma individual para cada abonado, lo que equivale a decir, para cada parcela.

A fin de facilitar la toma periódica de las lecturas que marquen los contadores, para que las facturaciones respondan a consumos reales, aquellos quedarán albergados en el interior de un módulo prefabricado homologado, ubicado en la linde o valla de parcela con frente a la vía de tránsito.

Este módulo deberá estar lo más próximo posible de la caja general de protección, pudiendo constituir nichos de una sola unidad, convirtiéndose así en una

caja general de protección y medida, sin perjuicio de las dimensiones que ambas deban mantener para cumplir normalmente su propia función. Este módulo deberá disponer de aberturas adecuadas y deberá estar conectado mediante canalización empotrada hasta una profundidad de 1 m. bajo la rasante de la acera. Al ubicarse en la valla circundante de la parcela, dicho módulo estará situado a 0,50 m. sobre la rasante de la acera.

Las cajas de protección y medida serán de material aislante de clase A, resistentes a los álcalis, autoextinguibles y precintables. La envolvente deberá disponer de ventilación interna para evitar condensaciones. Tendrán como mínimo en posición de servicio un grado de protección IP-433, excepto en sus partes frontales y en las expuestas a golpes, en las que, una vez efectuada su colocación en servicio, la tercera cifra característica no será inferior a siete.

El cálculo y diseño de los fusibles de la Caja de Protección-Medida y Acometida a cada abonado se realizará en función de la potencia real demanda por dicha instalación.

14. PLANOS.

En el documento correspondiente de este proyecto, se adjuntan cuantos planos se han estimado necesarios con los detalles suficientes de las instalaciones que se han proyectado, con claridad y objetividad.

15. CONCLUSIÓN.

Expuesto el objeto y la utilidad del presente proyecto, esperamos que el mismo merezca la aprobación de la Administración y el Ayuntamiento, dándonos las autorizaciones pertinentes para su tramitación y puesta en servicio.

1.2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

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

$$e = 1,732 \times I [(L \times \cos\varphi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \sin\varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

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

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

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

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

S = Sección del conductor en mm².

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

n = Nº de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

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

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

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T .

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T .

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

$$C_u = 0.017241 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$A_l = 0.028264 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$C_u = 0.003929$$

$$A_l = 0.004032$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T_0 = Temperatura ambiente (°C):

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

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

T_{\max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

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

$$\text{PVC} = 70^\circ\text{C}$$

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

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

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b : intensidad utilizada en el circuito.

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

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

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

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 In como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 In).

CT1

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9
C.d.t. máx.(%): 5
Cos ϕ : 0,8
Coef. Simultaneidad: 0.8

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m Ω /m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	8	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
2	2	L1.1.2	33	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
3	1	4	6	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
4	4	L1.1.1	68	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
5	1	6	11	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
6	6	7	49	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
7	7	8	45	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
8	8	L1.1.3	10	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
9	1	10	21	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
10	10	11	39	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
11	11	12	81	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
12	12	13	82	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
13	13	L1.1.4	16	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
14	1	15	29	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	3x95/50	175/1	140
15	15	L1.1.5	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	3x95/50	175/1	140
16	1	17	81	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
17	17	L1.2.1	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
18	1	19	101	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
19	19	20	25	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
20	20	L1.2.2	10	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
21	1	22	106	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
22	22	23	50	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
23	23	24	42	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
24	24	L1.2.3	14	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
25	1	26	100	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x240/150)	610/1	2(225)
26	26	27	99	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x240/150)	610/1	2(225)
27	27	28	107	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x240/150)	610/1	2(225)
28	28	L1.2.4	23	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	383,98	2(3x150/95)	460/1	2(180)
29	1	30	11	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	3x95/50	175/1	140
30	30	L1.2.5	9	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	3x95/50	175/1	140

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	3.107,934(1.722,592 kW)
2	0,642		0,16	0 A(0 kW)
L1.1.2	3,29		0,823	-383,98 A(-212,82 kW)
4	0,481		0,12	0 A(0 kW)
L1.1.1	5,938		1,485	-383,98 A(-212,82 kW)
6	0,883		0,221	0 A(0 kW)
7	4,815		1,204	0 A(0 kW)
8	8,426		2,106	0 A(0 kW)
L1.1.3	9,228		2,307	-383,98 A(-212,82 kW)
10	1,685		0,421	0 A(0 kW)
11	4,815		1,204	0 A(0 kW)
12	11,314		2,829	0 A(0 kW)
13	17,894		4,474	0 A(0 kW)
L1.1.4	19,178		4,795*	-383,98 A(-212,82 kW)

					kW)
15	0,464			0,116	0 A(0 kW)
L1.1.5	0,656			0,164	-30,31 A(-16,8 kW)
17	6,5			1,625	0 A(0 kW)
L1.2.1	7,463			1,866	-383,98 A(-212,82 kW)
19	8,105			2,026	0 A(0 kW)
20	10,111			2,528	0 A(0 kW)
L1.2.2	10,913			2,728	-383,98 A(-212,82 kW)
22	8,506			2,126	0 A(0 kW)
23	12,518			3,13	0 A(0 kW)
24	15,888			3,972	0 A(0 kW)
L1.2.3	17,012			4,253	-383,98 A(-212,82 kW)
26	5,517			1,379	0 A(0 kW)
27	10,978			2,745	0 A(0 kW)
28	16,881			4,22	0 A(0 kW)
L1.2.4	18,727			4,682	-383,98 A(-212,82 kW)
30	0,033			0,008	0 A(0 kW)
L1.2.5	0,061			0,015	-5,77 A(-3,2 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

- 1-2-L1.1.2 = 0.82 %
- 1-4-L1.1.1 = 1.48 %
- 1-6-7-8-L1.1.3 = 2.31 %
- 1-10-11-12-13-L1.1.4 = 4.79 %
- 1-15-L1.1.5 = 0.16 %
- 1-17-L1.2.1 = 1.87 %
- 1-19-20-L1.2.2 = 2.73 %
- 1-22-23-24-L1.2.3 = 4.25 %
- 1-26-27-28-L1.2.4 = 4.68 %
- 1-30-L1.2.5 = 0.02 %

CT2

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ : 0,8

Coef. Simultaneidad: 0.8

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	19	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
2	2	L2.1.1	11	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
3	1	4	20	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
4	4	L2.1.2	105	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
5	1	6	43	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	2(3x240/150)	610/1	2(225)
6	6	7	122	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	2(3x240/150)	610/1	2(225)
7	7	8	91	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	2(3x240/150)	610/1	2(225)
8	8	L2.1.3	24	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
9	1	10	62	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	3(3x185/95)	780/1	3(180)
10	10	11	97	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	3(3x185/95)	780/1	3(180)
11	11	12	136	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	3(3x185/95)	780/1	3(180)
12	12	13	72	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	3(3x185/95)	780/1	3(180)
13	13	L2.1.4	10	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
14	1	15	14	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
15	15	L2.2.1	16	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)

16	1	17	18	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
17	17	18	74	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
18	18	L2.2.2	27	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
19	1	20	42	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
20	20	21	91	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
21	21	22	65	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
22	22	L2.2.3	14	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
23	1	24	41	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	427,24	3(3x185/95)	780/1	3(180)
24	24	25	101	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	427,24	3(3x185/95)	780/1	3(180)
25	25	26	112	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	427,24	3(3x185/95)	780/1	3(180)
26	26	27	53	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	427,24	3(3x185/95)	780/1	3(180)
27	27	L2.2.4	16	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	427,24	2(3x150/95)	460/1	2(180)
28	1	29	15	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
29	29	L2.1.5	5	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
30	1	31	7	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140
31	31	L2.2.5	6	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	3.453,998(1.914,4 kW)
2	1,742		0,436	0 A(0 kW)
L2.1.1	2,751		0,688	-427,24 A(-236,8 kW)
4	1,834		0,459	0 A(0 kW)
L2.1.2	11,464		2,866	-427,24 A(-236,8 kW)
6	2,676		0,669	0 A(0 kW)
7	10,27		2,568	0 A(0 kW)
8	15,934		3,984	0 A(0 kW)
L2.1.3	18,135		4,534	-427,24 A(-236,8 kW)
10	2,971		0,743	0 A(0 kW)
11	7,62		1,905	0 A(0 kW)
12	14,138		3,535	0 A(0 kW)
13	17,589		4,397	0 A(0 kW)
L2.1.4	18,506		4,627	-427,24 A(-236,8 kW)
15	1,284		0,321	0 A(0 kW)
L2.2.1	2,751		0,688	-427,24 A(-236,8 kW)
17	1,651		0,413	0 A(0 kW)
18	8,437		2,109	0 A(0 kW)
L2.2.2	10,913		2,728	-427,24 A(-236,8 kW)
20	3,852		0,963	0 A(0 kW)
21	12,197		3,049	0 A(0 kW)
22	18,158		4,54	0 A(0 kW)
L2.2.3	19,442		4,861*	-427,24 A(-236,8 kW)
24	1,965		0,491	0 A(0 kW)
25	6,806		1,701	0 A(0 kW)
26	12,173		3,043	0 A(0 kW)
27	14,713		3,678	0 A(0 kW)
L2.2.4	16,181		4,045	-427,24 A(-236,8 kW)
29	1,252		0,313	0 A(0 kW)
L2.1.5	1,67		0,417	-30,31 A(-16,8 kW)
31	0,105		0,026	0 A(0 kW)
L2.2.5	0,196		0,049	-5,77 A(-3,2 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-L2.1.1 = 0.69 %

1-4-L2.1.2 = 2.87 %

1-6-7-8-L2.1.3 = 4.53 %

1-10-11-12-13-L2.1.4 = 4.63 %

1-15-L2.2.1 = 0.69 %
1-17-18-L2.2.2 = 2.73 %
1-20-21-22-L2.2.3 = 4.86 %
1-24-25-26-27-L2.2.4 = 4.05 %
1-29-L2.1.5 = 0.42 %
1-31-L2.2.5 = 0.05 %

CT3

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9
C.d.t. máx.(%): 5
Cos ϕ : 0,8
Coef. Simultaneidad: 0.8

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m Ω /m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	10	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	4x50	115/1	140
3	1	4	8	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	4x35	98/1	140
4	4	5	15	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	4x35	98/1	140
5	5	6	44	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	4x35	98/1	140
6	6	L3.1.1	102	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	4x35	98/1	140
6	2	L3.2.1	216	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	4x50	115/1	140
7	1	8	21	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	3x70/50	140/1	140
8	8	9	43	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	3x70/50	140/1	140
9	9	10	175	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	3x70/50	140/1	140
10	10	L3.1.2	26	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	4x25	82/1	140
11	1	12	35	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	3x70/50	140/1	140
12	12	13	32	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	3x70/50	140/1	140
13	13	14	175	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	3x70/50	140/1	140
14	14	15	68	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	3x70/50	140/1	140
15	15	L3.1.3	16	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	4x35	98/1	140
16	1	17	30	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	4x35	98/1	140
17	17	18	88	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	4x35	98/1	140
18	18	L3.1.4	26	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	4x25	82/1	140
19	1	20	31	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	0	4x16	62/1	140
20	1	21	27	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	3x70/50	140/1	140
21	21	22	213	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	3x70/50	140/1	140
22	22	L3.1.5	13	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	4x25	82/1	140
23	1	24	34	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	3x95/50	175/1	140
24	24	25	243	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	3x95/50	175/1	140
25	25	26	67	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	3x95/50	175/1	140
26	26	L3.1.6	8	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	80,83	4x25	82/1	140
27	1	28	138	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	4x35	98/1	140
28	28	L3.2.2	6	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	4x35	98/1	140
29	1	30	16	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	4x35	98/1	140
30	30	L3.2.3	6	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	4x35	98/1	140
31	1	32	46	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	3x70/50	140/1	140
32	32	33	196	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	3x70/50	140/1	140
33	33	L3.2.4	6	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	4x35	98/1	140
34	1	35	52	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	4x50	115/1	140
35	35	36	122	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	4x50	115/1	140
36	36	L3.2.5	8	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	4x35	98/1	140
37	1	38	45	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	4x35	98/1	140
38	38	39	13	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	4x35	98/1	140
39	39	L3.2.6	9	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	84,58	4x35	98/1	140
40	1	41	68	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	0	4x16	62/1	140
41	41	42	227	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	0	4x16	62/1	140
42	42	L3.1.7	19	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	0	4x16	62/1	140
43	1	44	42	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	91,87	3x95/50	175/1	140
44	44	45	250	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	91,87	3x95/50	175/1	140
45	45	L3.1.8	33	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	91,87	4x35	98/1	140
46	1	47	75	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
47	47	L3.2.7	9	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140

48	1	49	53	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140
49	49	L3.2.8	7	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	1.120,42(621 kW)
2	0,858		0,214	0 A(0 kW)
4	0,934		0,234	0 A(0 kW)
5	2,686		0,672	0 A(0 kW)
6	7,825		1,956	0 A(0 kW)
L3.1.1	19,738		4,935	-80,83 A(-44,8 kW)
L3.2.1	19,384		4,846	-84,58 A(-46,88 kW)
8	1,228		0,307	0 A(0 kW)
9	3,743		0,936	0 A(0 kW)
10	13,978		3,494	0 A(0 kW)
L3.1.2	18,393		4,598	-80,83 A(-44,8 kW)
12	2,047		0,512	0 A(0 kW)
13	3,918		0,98	0 A(0 kW)
14	14,153		3,538	0 A(0 kW)
15	18,13		4,533	0 A(0 kW)
L3.1.3	19,999		5*	-80,83 A(-44,8 kW)
17	3,504		0,876	0 A(0 kW)
18	13,782		3,445	0 A(0 kW)
L3.1.4	18,197		4,549	-80,83 A(-44,8 kW)
20	0		0	0 A(0 kW)
21	1,579		0,395	0 A(0 kW)
22	14,036		3,509	0 A(0 kW)
L3.1.5	16,244		4,061	-80,83 A(-44,8 kW)
24	1,505		0,376	0 A(0 kW)
25	12,259		3,065	0 A(0 kW)
26	15,224		3,806	0 A(0 kW)
L3.1.6	16,583		4,146	-80,83 A(-44,8 kW)
28	17,087		4,272	0 A(0 kW)
L3.2.2	17,83		4,457	-84,58 A(-46,88 kW)
30	1,981		0,495	0 A(0 kW)
L3.2.3	2,724		0,681	-84,58 A(-46,88 kW)
32	2,833		0,708	0 A(0 kW)
33	14,905		3,726	0 A(0 kW)
L3.2.4	15,648		3,912	-84,58 A(-46,88 kW)
35	4,46		1,115	0 A(0 kW)
36	14,924		3,731	0 A(0 kW)
L3.2.5	15,914		3,979	-84,58 A(-46,88 kW)
38	5,572		1,393	0 A(0 kW)
39	7,181		1,795	0 A(0 kW)
L3.2.6	8,296		2,074	-84,58 A(-46,88 kW)
41	0		0	0 A(0 kW)
42	0		0	0 A(0 kW)
L3.1.7	0		0	0 A(0 kW)
44	2,139		0,535	0 A(0 kW)
45	14,869		3,717	0 A(0 kW)
L3.1.8	19,426		4,856	-91,87 A(-50,92 kW)
47	6,261		1,565	0 A(0 kW)
L3.2.7	7,013		1,753	-30,31 A(-16,8 kW)
49	0,798		0,199	0 A(0 kW)
L3.2.8	0,903		0,226	-5,77 A(-3,2 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

- 1-4-5-6-L3.1.1 = 4.93 %
- 1-2-L3.2.1 = 4.85 %
- 1-8-9-10-L3.1.2 = 4.6 %
- 1-12-13-14-15-L3.1.3 = 5 %
- 1-17-18-L3.1.4 = 4.55 %

1-20 = 0 %
 1-21-22-L3.1.5 = 4.06 %
 1-24-25-26-L3.1.6 = 4.15 %
 1-28-L3.2.2 = 4.46 %
 1-30-L3.2.3 = 0.68 %
 1-32-33-L3.2.4 = 3.91 %
 1-35-36-L3.2.5 = 3.98 %
 1-38-39-L3.2.6 = 2.07 %
 1-41-42-L3.1.7 = 0 %
 1-44-45-L3.1.8 = 4.86 %
 1-47-L3.2.7 = 1.75 %
 1-49-L3.2.8 = 0.23 %

CT4

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ : 0,8

Coef. Simultaneidad: 0

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
3	1	6	17	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
4	6	7	327	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
5	7	8	82	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
6	8	L4.1.1	14	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
7	1	10	16	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
8	10	11	273	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
9	11	12	23	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
10	12	L4.1.2	7	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
11	1	14	15	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
12	14	15	191	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
13	15	16	18	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
14	16	L4.1.3	13	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
15	1	18	13	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
16	18	19	17	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
17	19	20	60	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
18	20	L4.1.4	9	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
19	1	22	36	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
20	22	23	80	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
21	23	24	76	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
22	24	25	60	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
23	25	26	161	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
24	26	L4.1.5	17	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
25	1	28	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
26	28	29	75	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
27	29	30	26	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
28	30	31	69	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
29	31	32	60	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
30	32	33	32	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
31	33	L4.1.6	13	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
32	1	35	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
33	35	L4.1.7	5	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
34	1	37	17	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
35	37	L4.1.8	6	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
36	1	39	30	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
37	39	40	103	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
38	40	41	97	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
39	41	42	52	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
40	42	43	209	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
41	43	L4.2.1	16	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
42	1	45	32	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
43	45	46	90	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140

44	46	47	87	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
45	47	48	54	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
46	48	49	122	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
47	49	L4.2.2	10	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
46	1	49	43	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
47	49	50	69	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
48	50	51	81	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
49	51	52	66	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
50	52	L4.2.3	14	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
51	1	54	44	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
52	54	55	75	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
53	55	56	100	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
54	56	57	63	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
55	57	58	92	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
56	58	59	63	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
57	59	60	87	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
58	60	61	114	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
59	61	62	87	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
60	62	L4.2.4	26	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
61	1	64	47	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
62	64	65	72	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
63	65	66	95	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
64	66	67	66	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
65	67	68	76	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
66	68	69	25	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
67	69	70	53	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
68	70	71	88	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
69	71	72	54	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
70	72	73	65	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
71	73	L4.2.5	11	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
72	1	75	49	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
73	75	76	69	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
74	76	77	94	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
75	77	78	83	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
76	78	79	97	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
77	79	80	58	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
78	80	81	67	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
79	81	82	41	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
80	82	L4.2.6	17	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
81	1	84	49	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
82	84	85	53	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
83	85	86	59	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
84	86	87	66	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140
85	87	L4.2.7	6	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	4x16	62/1	140

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0*	0(0 kW)
6	0		0	0 A(0 kW)
7	0		0	0 A(0 kW)
8	0		0	0 A(0 kW)
L4.1.1	0		0	0 A(0 kW)
10	0		0	0 A(0 kW)
11	0		0	0 A(0 kW)
12	0		0	0 A(0 kW)
L4.1.2	0		0	0 A(0 kW)
14	0		0	0 A(0 kW)
15	0		0	0 A(0 kW)
16	0		0	0 A(0 kW)
L4.1.3	0		0	0 A(0 kW)
18	0		0	0 A(0 kW)
19	0		0	0 A(0 kW)
20	0		0	0 A(0 kW)
L4.1.4	0		0	0 A(0 kW)
22	0		0	0 A(0 kW)
23	0		0	0 A(0 kW)
24	0		0	0 A(0 kW)
25	0		0	0 A(0 kW)
26	0		0	0 A(0 kW)
L4.1.5	0		0	0 A(0 kW)

28	0	0	0 A(0 kW)
29	0	0	0 A(0 kW)
30	0	0	0 A(0 kW)
31	0	0	0 A(0 kW)
32	0	0	0 A(0 kW)
33	0	0	0 A(0 kW)
L4.1.6	0	0	0 A(0 kW)
35	0	0	0 A(0 kW)
L4.1.7	0	0	0 A(0 kW)
37	0	0	0 A(0 kW)
L4.1.8	0	0	0 A(0 kW)
39	0	0	0 A(0 kW)
40	0	0	0 A(0 kW)
41	0	0	0 A(0 kW)
42	0	0	0 A(0 kW)
43	0	0	0 A(0 kW)
L4.2.1	0	0	0 A(0 kW)
45	0	0	0 A(0 kW)
46	0	0	0 A(0 kW)
47	0	0	0 A(0 kW)
48	0	0	0 A(0 kW)
49	0	0	0 A(0 kW)
L4.2.2	0	0	0 A(0 kW)
49	0	0	0 A(0 kW)
50	0	0	0 A(0 kW)
51	0	0	0 A(0 kW)
52	0	0	0 A(0 kW)
L4.2.3	0	0	0 A(0 kW)
54	0	0	0 A(0 kW)
55	0	0	0 A(0 kW)
56	0	0	0 A(0 kW)
57	0	0	0 A(0 kW)
58	0	0	0 A(0 kW)
59	0	0	0 A(0 kW)
60	0	0	0 A(0 kW)
61	0	0	0 A(0 kW)
62	0	0	0 A(0 kW)
L4.2.4	0	0	0 A(0 kW)
64	0	0	0 A(0 kW)
65	0	0	0 A(0 kW)
66	0	0	0 A(0 kW)
67	0	0	0 A(0 kW)
68	0	0	0 A(0 kW)
69	0	0	0 A(0 kW)
70	0	0	0 A(0 kW)
71	0	0	0 A(0 kW)
72	0	0	0 A(0 kW)
73	0	0	0 A(0 kW)
L4.2.5	0	0	0 A(0 kW)
75	0	0	0 A(0 kW)
76	0	0	0 A(0 kW)
77	0	0	0 A(0 kW)
78	0	0	0 A(0 kW)
79	0	0	0 A(0 kW)
80	0	0	0 A(0 kW)
81	0	0	0 A(0 kW)
82	0	0	0 A(0 kW)
L4.2.6	0	0	0 A(0 kW)
84	0	0	0 A(0 kW)
85	0	0	0 A(0 kW)
86	0	0	0 A(0 kW)
87	0	0	0 A(0 kW)
L4.2.7	0	0	0 A(0 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

1-6-7-8-L4.1.1 = 0 %

Proyecto de urbanización del "Sector Golf" en Pego (Alicante)

1-10-11-12-L4.1.2 = 0 %
 1-14-15-16-L4.1.3 = 0 %
 1-18-19-20-L4.1.4 = 0 %
 1-22-23-24-25-26-L4.1.5 = 0 %
 1-28-29-30-31-32-33-L4.1.6 = 0 %
 1-35-L4.1.7 = 0 %
 1-37-L4.1.8 = 0 %
 1-39-40-41-42-43-L4.2.1 = 0 %
 1-45-46-47-48-49-L4.2.2 = 0 %
 1-49-50-51-52-L4.2.3 = 0 %
 1-54-55-56-57-58-59-60-61-62-L4.2.4 = 0 %
 1-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-L4.2.5 = 0 %
 1-75-76-77-78-79-80-81-82-L4.2.6 = 0 %
 1-84-85-86-87-L4.2.7 = 0 %

CT5

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9
 C.d.t. máx.(%): 5
 Cos φ : 0,8
 Coef. Simultaneidad: 0.8

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	71	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	1.443,38	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
2	2	L.5.1.	9	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	1.443,38	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
3	1	4	11	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	1.443,38	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
4	4	5	73	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	1.443,38	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
L.5.2.	5	6	17	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	1.443,38	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
6	1	7	64	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	1.443,38	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
7	7	L.5.3.	9	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	1.443,38	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
8	1	9	60	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	1.443,38	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
9	9	L.5.4.	9	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	1.443,38	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	5.773,503(3.200 kW)
2	6,327		1,582	0 A(0 kW)
L.5.1.	7,129		1,782	-1.443,38 A(-800 kW)
4	0,98		0,245	0 A(0 kW)
5	7,486		1,871	0 A(0 kW)
6	9,001		2,25*	-1.443,38 A(-800 kW)
7	5,703		1,426	0 A(0 kW)
L.5.3.	6,505		1,626	-1.443,38 A(-800 kW)
9	5,347		1,337	0 A(0 kW)
L.5.4.	6,149		1,537	-1.443,38 A(-800 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-L.5.1. = 1.78 %
 1-4-5-6 = 2.25 %
 1-7-L.5.3. = 1.63 %
 1-9-L.5.4. = 1.54 %

CT6

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ : 0,8

Coef. Simultaneidad: 0.8

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m Ω /m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	172	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	1.443,38	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
2	2	L6.1.1	27	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	1.443,38	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
3	1	4	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	632,2	3(3x150/95)	690/1	3(180)
4	4	L6.2.1	13	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	632,2	3(3x150/95)	690/1	3(180)

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	2.075,574(1.150,4 kW)
2	15,328		3,832	0 A(0 kW)
L6.1.1	17,734		4,434*	-1.443,38 A(-800 kW)
4	1,082		0,27	0 A(0 kW)
L6.2.1	2,253		0,563	-632,2 A(-350,4 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-L6.1.1 = 4.43 %

1-4-L6.2.1 = 0.56 %

CT7

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ : 0,8

Coef. Simultaneidad: 0.8

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m Ω /m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	19	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	3x240/150	305/1	225
2	2	L.7.1.1	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	3x240/150	305/1	225
3	1	4	149	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	3x240/150	305/1	225
4	4	5	24	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	3x240/150	305/1	225
5	5	L7.1.2	30	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	3x240/150	305/1	225
6	1	7	156	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	2(3x185/95)	520/1	2(180)
7	7	8	34	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	2(3x185/95)	520/1	2(180)
8	8	9	46	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	2(3x185/95)	520/1	2(180)
9	9	10	59	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	2(3x185/95)	520/1	2(180)
10	10	L7.1.3	15	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	3x240/150	305/1	225
11	1	12	144	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	3(3x185/95)	780/1	3(180)
12	12	13	42	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	3(3x185/95)	780/1	3(180)
13	13	14	52	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	3(3x185/95)	780/1	3(180)
14	14	15	133	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	3(3x185/95)	780/1	3(180)
15	15	L7.1.4	22	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	3x240/150	305/1	225
16	1	17	137	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	4(3x240/150)	1.220/1	4(225)

17	17	18	55	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	4(3x240/150)	1.220/1	4(225)
18	18	19	50	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	4(3x240/150)	1.220/1	4(225)
19	19	20	132	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	4(3x240/150)	1.220/1	4(225)
20	20	21	69	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,68	4(3x240/150)	1.220/1	4(225)
21	21	L7.1.5	13	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	288,67	3x240/150	305/1	225
22	1	23	141	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	216,51	3x150/95	230/1	180
23	23	L7.2.1	29	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	216,51	3x150/95	230/1	180
24	1	25	145	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	216,51	3x240/150	305/1	225
25	25	26	94	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	216,51	3x240/150	305/1	225
26	26	L7.2.2	21	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	216,51	3x150/95	230/1	180
27	1	28	148	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	216,51	2(3x150/95)	460/1	2(180)
28	28	29	97	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	216,51	2(3x150/95)	460/1	2(180)
29	29	30	124	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	216,51	2(3x150/95)	460/1	2(180)
30	30	L7.2.3	14	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	216,51	3x150/95	230/1	180
31	1	32	142	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	216,51	3(3x185/95)	780/1	3(180)
32	32	33	92	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	216,51	3(3x185/95)	780/1	3(180)
33	33	34	249	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	216,51	3(3x185/95)	780/1	3(180)
34	34	L7.2.4	11	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	216,51	3x150/95	230/1	180
35	1	36	8	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
36	36	L7.2.5	5	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	2.339,712(1.296,8 kW)
2	1,693		0,423	0 A(0 kW)
L.7.1.1	2,763		0,691	-288,68 A(-160 kW)
4	13,278		3,32	0 A(0 kW)
5	15,417		3,854	0 A(0 kW)
L7.1.2	18,091		4,523*	-288,68 A(-160 kW)
7	7,588		1,897	0 A(0 kW)
8	9,242		2,31	0 A(0 kW)
9	11,479		2,87	0 A(0 kW)
10	14,349		3,587	0 A(0 kW)
L7.1.3	15,685		3,921	-288,68 A(-160 kW)
12	4,538		1,134	0 A(0 kW)
13	5,861		1,465	0 A(0 kW)
14	7,5		1,875	0 A(0 kW)
15	11,691		2,923	0 A(0 kW)
L7.1.4	13,652		3,413	-288,68 A(-160 kW)
17	2,697		0,674	0 A(0 kW)
18	3,78		0,945	0 A(0 kW)
19	4,764		1,191	0 A(0 kW)
20	7,363		1,841	0 A(0 kW)
21	8,721		2,18	0 A(0 kW)
L7.1.5	9,88		2,47	-288,68 A(-160 kW)
23	13,155		3,289	0 A(0 kW)
L7.2.1	15,86		3,965	-216,51 A(-120 kW)
25	9,165		2,291	0 A(0 kW)
26	15,107		3,777	0 A(0 kW)
L7.2.2	17,066		4,266	-216,51 A(-120 kW)
28	6,175		1,544	0 A(0 kW)
29	10,223		2,556	0 A(0 kW)
30	15,396		3,849	0 A(0 kW)
L7.2.3	16,703		4,176	-216,51 A(-120 kW)
32	3,322		0,83	0 A(0 kW)
33	5,474		1,369	0 A(0 kW)
34	11,299		2,825	0 A(0 kW)
L7.2.4	12,326		3,081	-216,51 A(-120 kW)
36	0,668		0,167	0 A(0 kW)
L7.2.5	1,085		0,271	-30,31 A(-16,8 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-L.7.1.1 = 0.69 %

1-4-5-L7.1.2 = 4.52 %

1-7-8-9-10-L7.1.3 = 3.92 %

1-12-13-14-15-L7.1.4 = 3.41 %
1-17-18-19-20-21-L7.1.5 = 2.47 %
1-23-L7.2.1 = 3.97 %
1-25-26-L7.2.2 = 4.27 %
1-28-29-30-L7.2.3 = 4.18 %
1-32-33-34-L7.2.4 = 3.08 %
1-36-L7.2.5 = 0.27 %

CT8

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9
C.d.t. máx.(%): 5
Cos φ : 0,8
Coef. Simultaneidad: 0.8

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálculo (A)	Sección (mm2)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	41	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x95/50	175/1	140
2	2	L8.1.1	13	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x95/50	175/1	140
3	1	4	157	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x95/50	175/1	140
4	4	5	22	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x95/50	175/1	140
5	5	L8.1.2	15	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x95/50	175/1	140
6	1	7	265	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x185/95	260/1	180
7	7	8	66	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x185/95	260/1	180
8	8	L8.1.3	30	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x185/95	260/1	180
9	1	10	39	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x95/50	175/1	140
10	10	11	78	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x95/50	175/1	140
11	11	L8.1.4	32	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x95/50	175/1	140
12	1	13	36	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x150/95	230/1	180
13	13	14	77	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x150/95	230/1	180
14	14	15	138	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x150/95	230/1	180
15	15	L8.1.5	7	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	160,45	3x95/50	175/1	140
16	1	17	33	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
17	17	L8.1.6	6	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
18	1	19	33	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140
19	19	L8.1.7	9	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	838,313(464,64 kW)
2	4,048		1,012	0 A(0 kW)
L8.1.1	5,331		1,333	-160,45 A(-88,93 kW)
4	15,499		3,875	0 A(0 kW)
5	17,671		4,418	0 A(0 kW)
L8.1.2	19,152		4,788	-160,45 A(-88,93 kW)
7	14,499		3,625	0 A(0 kW)
8	18,11		4,528	0 A(0 kW)
L8.1.3	19,752		4,938*	-160,45 A(-88,93 kW)
10	3,85		0,963	0 A(0 kW)
11	11,551		2,888	0 A(0 kW)
L8.1.4	14,71		3,677	-160,45 A(-88,93 kW)
13	2,331		0,583	0 A(0 kW)
14	7,317		1,829	0 A(0 kW)
15	16,253		4,063	0 A(0 kW)
L8.1.5	16,944		4,236	-160,45 A(-88,93 kW)
17	2,755		0,689	0 A(0 kW)
L8.1.6	3,256		0,814	-30,31 A(-16,8 kW)
19	0,497		0,124	0 A(0 kW)
L8.1.7	0,632		0,158	-5,77 A(-3,2 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-L8.1.1 = 1.33 %
1-4-5-L8.1.2 = 4.79 %
1-7-8-L8.1.3 = 4.94 %
1-10-11-L8.1.4 = 3.68 %
1-13-14-15-L8.1.5 = 4.24 %
1-17-L8.1.6 = 0.81 %
1-19-L8.1.7 = 0.16 %

CT9

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9
C.d.t. máx.(%): 5
Cos φ : 0,8
Coef. Simultaneidad: 0.8

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	182	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	299,01	3x240/150	305/1	225
2	2	L9.1.1	23	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	299,01	3x240/150	305/1	225
3	1	4	113	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	299,01	3x240/150	305/1	225
4	4	L9.1.2	9	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	299,01	3x240/150	305/1	225
5	1	6	273	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	299,01	2(3x185/95)	520/1	2(180)
6	6	L9.1.3	14	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	299,01	3x240/150	305/1	225
7	1	8	326	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	299,01	3(3x185/95)	780/1	3(180)
8	8	L9.1.4	45	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	299,01	3x240/150	305/1	225
9	1	10	236	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	299,01	2(3x150/95)	460/1	2(180)
10	10	L91.5	38	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	299,01	3x240/150	305/1	225
11	1	12	332	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	299,01	7(3x240/150)	2.135/1	7(225)
12	12	13	174	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	299,01	7(3x240/150)	2.135/1	7(225)
13	13	L9.1.6	14	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	299,01	3x240/150	305/1	225
14	1	15	239	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	199,6	3x185/95	260/1	180
15	15	L9.2.1	16	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	199,6	3x120/70	200/1	160
16	1	17	253	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	447,78	4(3x185/95)	1.040/1	4(180)
17	17	18	106	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	447,78	4(3x185/95)	1.040/1	4(180)
18	18	19	55	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	447,78	4(3x185/95)	1.040/1	4(180)
19	19	L92.2	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	447,78	2(3x150/95)	460/1	2(180)
20	1	21	287	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	447,78	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
21	21	22	169	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	447,78	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
22	22	L9.2.3	27	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	447,78	2(3x150/95)	460/1	2(180)
23	1	24	248	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	30,31	4x25	82/1	140
24	24	L9.2.4	13	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
25	1	26	294	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140
26	26	L9.2.5	11	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	2.925,304(1.621,368 kW)
2	16,952		4,238	0 A(0 kW)
L9.1.1	19,094		4,773*	-299,01 A(-165,73 kW)
4	10,525		2,631	0 A(0 kW)
L9.1.2	11,363		2,841	-299,01 A(-165,73 kW)
6	13,805		3,451	0 A(0 kW)
L9.1.3	15,109		3,777	-299,01 A(-165,73 kW)

8	10,659		2,665	0 A(0 kW)
L9.1.4	14,85		3,713	-299,01 A(-165,73 kW)
10	14,085		3,521	0 A(0 kW)
L91.5	17,624		4,406	-299,01 A(-165,73 kW)
12	3,847		0,962	0 A(0 kW)
13	5,862		1,466	0 A(0 kW)
L9.1.6	7,166		1,792	-299,01 A(-165,73 kW)
15	16,82		4,205	0 A(0 kW)
L9.2.1	18,488		4,622	-199,6 A(-110,63 kW)
17	9,351		2,338	0 A(0 kW)
18	13,269		3,317	0 A(0 kW)
19	15,302		3,825	0 A(0 kW)
L92.2	16,471		4,118	-447,78 A(-248,18 kW)
21	7,045		1,761	0 A(0 kW)
22	11,193		2,798	0 A(0 kW)
L9.2.3	13,823		3,456	-447,78 A(-248,18 kW)
24	13,216		3,304	0 A(0 kW)
L9.2.4	14,302		3,575	-30,31 A(-16,8 kW)
26	4,424		1,106	0 A(0 kW)
L9.2.5	4,59		1,147	-5,77 A(-3,2 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

- 1-2-L9.1.1 = 4.77 %
- 1-4-L9.1.2 = 2.84 %
- 1-6-L9.1.3 = 3.78 %
- 1-8-L9.1.4 = 3.71 %
- 1-10-L91.5 = 4.41 %
- 1-12-13-L9.1.6 = 1.79 %
- 1-15-L9.2.1 = 4.62 %
- 1-17-18-19-L92.2 = 4.12 %
- 1-21-22-L9.2.3 = 3.46 %
- 1-24-L9.2.4 = 3.58 %
- 1-26-L9.2.5 = 1.15 %

CT10

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ : 0,8

Coef. Simultaneidad: 0.8

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
2	2	L10.1.1	9	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
4	4	5	136	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
5	5	L10.1.2	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
7	7	8	62	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
8	8	L10.1.3	20	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
10	10	L10.1.4	20	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
12	12	L10.1.5	9	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
14	14	15	40	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
15	15	L10.1.6	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
13	L10.1.	14	168	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160

11	L10.1.	12	150	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
9	L10.1.	10	65	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
6	L10.1.	7	26	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
3	L10.1.	4	15	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
1	L10.1.	2	111	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
16	L10.1.	L10.1.7	273	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	0	4x16	62/1	140
17	L10.1.7	102.04	10	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	0	4x16	62/1	140
18	L10.1.	19	282	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	90,43	3x95/50	175/1	140
19	19	20	39	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	90,43	3x95/50	175/1	140
20	20	L10.1.8	18	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	90,43	4x35	98/1	140
21	L10.1.	22	26	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x240/150	305/1	225
22	22	23	264	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x240/150	305/1	225
23	23	24	64	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x240/150	305/1	225
24	24	L10.2.1	15	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
25	L10.1.	26	218	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x150/95	230/1	180
26	26	L10.2.2	14	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
27	L10.1.	28	278	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x240/150	305/1	225
28	28	29	60	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x240/150	305/1	225
29	29	30	39	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x240/150	305/1	225
30	30	L10.2.3	9	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
31	L10.1.	32	284	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	2(3x150/95)	460/1	2(180)
32	32	33	61	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	2(3x150/95)	460/1	2(180)
33	33	34	54	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	2(3x150/95)	460/1	2(180)
34	34	35	42	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	2(3x150/95)	460/1	2(180)
35	35	L10.2.4	13	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
36	L10.1.	37	278	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	2(3x185/95)	520/1	2(180)
37	37	38	62	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	2(3x185/95)	520/1	2(180)
38	38	39	55	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	2(3x185/95)	520/1	2(180)
39	39	40	75	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	2(3x185/95)	520/1	2(180)
40	40	L10.2.5	10	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
41	L10.1.	42	172	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x150/95	230/1	180
42	42	43	77	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x150/95	230/1	180
43	43	L10.2.6	20	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	177,51	3x120/70	200/1	160
44	L10.1.	45	21	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
45	45	L10.2.7	22	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
46	L10.1.	47	45	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140
47	47	L10.2.8	10	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
2	9,935		2,484	0 A(0 kW)
L10.1.1	10,741		2,685	-177,51 A(-98,38 kW)
4	1,343		0,336	0 A(0 kW)
5	13,515		3,379	0 A(0 kW)
L10.1.2	14,59		3,647	-177,51 A(-98,38 kW)
7	2,327		0,582	0 A(0 kW)
8	7,877		1,969	0 A(0 kW)
L10.1.3	9,667		2,417	-177,51 A(-98,38 kW)
10	5,818		1,454	0 A(0 kW)
L10.1.4	7,608		1,902	-177,51 A(-98,38 kW)
12	13,426		3,356	0 A(0 kW)
L10.1.5	14,232		3,558	-177,51 A(-98,38 kW)
14	15,037		3,759	0 A(0 kW)
15	18,617		4,654	0 A(0 kW)
L10.1.6	19,691		4,923	-177,51 A(-98,38 kW)
L10.1.	0	400	0	2.256,588(1.250,728 kW)
L10.1.7	0		0	0 A(0 kW)
102.04	0		0	0 A(0 kW)
19	14,11		3,528	0 A(0 kW)
20	16,062		4,015	0 A(0 kW)
L10.1.8	18,495		4,624	-90,43 A(-50,12 kW)
22	1,315		0,329	0 A(0 kW)
23	14,665		3,666	0 A(0 kW)

	24	17,901		4,475	0 A(0 kW)
L10.2.1		19,244		4,811	-177,51 A(-98,38 kW)
	26	15,906		3,976	0 A(0 kW)
L10.2.2		17,159		4,29	-177,51 A(-98,38 kW)
	28	14,058		3,514	0 A(0 kW)
	29	17,092		4,273	0 A(0 kW)
	30	19,064		4,766	0 A(0 kW)
L10.2.3		19,87		4,967	-177,51 A(-98,38 kW)
	32	9,59		2,398	0 A(0 kW)
	33	11,65		2,912	0 A(0 kW)
	34	13,473		3,368	0 A(0 kW)
	35	14,892		3,723	0 A(0 kW)
L10.2.4		16,055		4,014	-177,51 A(-98,38 kW)
	37	8,052		2,013	0 A(0 kW)
	38	9,848		2,462	0 A(0 kW)
	39	11,441		2,86	0 A(0 kW)
	40	13,613		3,403	0 A(0 kW)
L10.2.5		14,508		3,627	-177,51 A(-98,38 kW)
	42	12,549		3,137	0 A(0 kW)
	43	18,167		4,542	0 A(0 kW)
L10.2.6		19,957		4,989*	-177,51 A(-98,38 kW)
	45	1,753		0,438	0 A(0 kW)
L10.2.7		3,59		0,897	-30,31 A(-16,8 kW)
	47	0,677		0,169	0 A(0 kW)
L10.2.8		0,828		0,207	-5,77 A(-3,2 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

L10.1.-2-L10.1.1 = 2.69 %
 L10.1.-4-5-L10.1.2 = 3.65 %
 L10.1.-7-8-L10.1.3 = 2.42 %
 L10.1.-10-L10.1.4 = 1.9 %
 L10.1.-12-L10.1.5 = 3.56 %
 L10.1.-14-15-L10.1.6 = 4.92 %
 L10.1.-L10.1.7-102.04 = 0 %
 L10.1.-19-20-L10.1.8 = 4.62 %
 L10.1.-22-23-24-L10.2.1 = 4.81 %
 L10.1.-26-L10.2.2 = 4.29 %
 L10.1.-28-29-30-L10.2.3 = 4.97 %
 L10.1.-32-33-34-35-L10.2.4 = 4.01 %
 L10.1.-37-38-39-40-L10.2.5 = 3.63 %
 L10.1.-42-43-L10.2.6 = 4.99 %
 L10.1.-45-L10.2.7 = 0.9 %
 L10.1.-47-L10.2.8 = 0.21 %

CT11

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9
 C.d.t. máx.(%): 5
 Cos φ : 0,8
 Coef. Simultaneidad: 0.8

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
-------	------------	------------	-----------	-----------------	-----------------------	---------------	----------------------------	-------------------	-------------

1	1	2	145	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	3x150/95	230/1	180
2	2	L11.1.1	15	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	3x150/95	230/1	180
3	1	4	157	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	3x150/95	230/1	180
4	4	L11.1.2	16	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	3x150/95	230/1	180
5	1	6	267	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	2(3x150/95)	460/1	2(180)
6	6	7	61	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	2(3x150/95)	460/1	2(180)
7	7	8	59	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	2(3x150/95)	460/1	2(180)
8	8	L11.1.3	23	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	3x150/95	230/1	180
9	1	10	272	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	4(3x185/95)	1.040/1	4(180)
10	10	11	59	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	4(3x185/95)	1.040/1	4(180)
11	11	12	125	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	4(3x185/95)	1.040/1	4(180)
12	12	13	112	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	4(3x185/95)	1.040/1	4(180)
13	13	L11.1.4	17	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	3x150/95	230/1	180
14	1	15	184	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	2(3x150/95)	460/1	2(180)
15	15	16	149	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	2(3x150/95)	460/1	2(180)
16	16	L11.1.5	18	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	3x150/95	230/1	180
17	1	18	178	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	3(3x185/95)	780/1	3(180)
18	18	19	147	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	3(3x185/95)	780/1	3(180)
19	19	20	56	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	3(3x185/95)	780/1	3(180)
20	20	21	140	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	3(3x185/95)	780/1	3(180)
21	21	L11.1.6	28	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	205,91	3x150/95	230/1	180
22	1	23	264	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x25	82/1	140
23	23	24	66	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x25	82/1	140
24	24	L11.1.7	12	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
25	1	26	21	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140
26	26	L11.1.8	9	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140
27	1	28	11	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3x185/95	260/1	180
28	28	L11.2.1	14	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3x185/95	260/1	180
29	1	30	13	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3x240/150	305/1	225
30	30	31	255	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3x240/150	305/1	225
31	31	L11.2.2	14	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3x185/95	260/1	180
32	1	33	14	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	2(3x150/95)	460/1	2(180)
33	33	34	188	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	2(3x150/95)	460/1	2(180)
34	34	35	126	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	2(3x150/95)	460/1	2(180)
35	35	L11.2.3	17	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3x185/95	260/1	180
36	1	37	20	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3(3x185/95)	780/1	3(180)
37	37	38	106	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3(3x185/95)	780/1	3(180)
38	38	39	131	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3(3x185/95)	780/1	3(180)
39	39	40	78	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3(3x185/95)	780/1	3(180)
40	40	41	40	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3(3x185/95)	780/1	3(180)
41	41	42	92	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3(3x185/95)	780/1	3(180)
42	42	L11.2.4	11	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3x185/95	260/1	180
43	1	44	26	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	8(3x240/150)	2.440/1	8(225)
44	44	45	154	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	8(3x240/150)	2.440/1	8(225)
45	45	46	11	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	8(3x240/150)	2.440/1	8(225)
46	46	47	140	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	8(3x240/150)	2.440/1	8(225)
47	47	48	34	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	8(3x240/150)	2.440/1	8(225)
48	48	49	108	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	8(3x240/150)	2.440/1	8(225)
49	49	50	197	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	8(3x240/150)	2.440/1	8(225)
50	50	L11.2.5	22	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3x185/95	260/1	180
51	1	52	17	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	2(3x240/150)	610/1	2(225)
52	52	53	253	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	2(3x240/150)	610/1	2(225)
53	53	54	38	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	2(3x240/150)	610/1	2(225)
54	54	55	119	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	2(3x240/150)	610/1	2(225)
55	55	L11.2.6	10	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	230,94	3x185/95	260/1	180
56	1	57	7	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
57	57	L11.1.7	5	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
58	1	59	8	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140
59	59	L11.1.8	7	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140
60	1	61	10	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
61	61	L11.2.7	9	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
62	1	63	17	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140
63	63	L11.2.8	6	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	2.729,366(1.512,768 kW)
2	12,693		3,173	0 A(0 kW)
L11.1.1	14,006		3,502	-205,91 A(-114,13 kW)

				kW)
4	13,743		3,436	0 A(0 kW)
L11.1.2	15,144		3,786	-205,91 A(-114,13 kW)
6	10,556		2,639	0 A(0 kW)
7	12,967		3,242	0 A(0 kW)
8	15,3		3,825	0 A(0 kW)
L11.1.3	17,313		4,328	-205,91 A(-114,13 kW)
10	4,51		1,127	0 A(0 kW)
11	5,488		1,372	0 A(0 kW)
12	7,56		1,89	0 A(0 kW)
13	9,417		2,354	0 A(0 kW)
L11.1.4	10,905		2,726	-205,91 A(-114,13 kW)
15	7,274		1,819	0 A(0 kW)
16	13,165		3,291	0 A(0 kW)
L11.1.5	14,741		3,685	-205,91 A(-114,13 kW)
18	3,955		0,989	0 A(0 kW)
19	7,222		1,806	0 A(0 kW)
20	8,466		2,117	0 A(0 kW)
21	11,577		2,894	0 A(0 kW)
L11.1.6	14,028		3,507	-205,91 A(-114,13 kW)
23	14,069		3,517	0 A(0 kW)
24	17,586		4,397	0 A(0 kW)
L11.1.7	18,588		4,647	-30,31 A(-16,8 kW)
26	0,316		0,079	0 A(0 kW)
L11.1.8	0,451		0,113	-5,77 A(-3,2 kW)
28	0,924		0,231	0 A(0 kW)
L11.2.1	2,1		0,525	-230,94 A(-128 kW)
30	0,885		0,221	0 A(0 kW)
31	18,253		4,563	0 A(0 kW)
L11.2.2	19,429		4,857*	-230,94 A(-128 kW)
33	0,626		0,157	0 A(0 kW)
34	9,039		2,26	0 A(0 kW)
35	14,677		3,669	0 A(0 kW)
L11.2.3	16,105		4,026	-230,94 A(-128 kW)
37	0,5		0,125	0 A(0 kW)
38	3,15		0,787	0 A(0 kW)
39	6,425		1,606	0 A(0 kW)
40	8,375		2,094	0 A(0 kW)
41	9,375		2,344	0 A(0 kW)
42	11,675		2,919	0 A(0 kW)
L11.2.4	12,598		3,15	-230,94 A(-128 kW)
44	0,203		0,051	0 A(0 kW)
45	1,407		0,352	0 A(0 kW)
46	1,493		0,373	0 A(0 kW)
47	2,587		0,647	0 A(0 kW)
48	2,853		0,713	0 A(0 kW)
49	3,697		0,924	0 A(0 kW)
50	5,237		1,309	0 A(0 kW)
L11.2.5	7,085		1,771	-230,94 A(-128 kW)
52	0,543		0,136	0 A(0 kW)
53	8,621		2,155	0 A(0 kW)
54	9,835		2,459	0 A(0 kW)
55	13,634		3,409	0 A(0 kW)
L11.2.6	14,474		3,619	-230,94 A(-128 kW)
57	0,584		0,146	0 A(0 kW)
L11.1.7	1,002		0,25	-30,31 A(-16,8 kW)
59	0,12		0,03	0 A(0 kW)
L11.1.8	0,226		0,056	-5,77 A(-3,2 kW)
61	0,835		0,209	0 A(0 kW)
L11.2.7	1,586		0,397	-30,31 A(-16,8 kW)
63	0,256		0,064	0 A(0 kW)
L11.2.8	0,346		0,087	-5,77 A(-3,2 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-L11.1.1 = 3.5 %
1-4-L11.1.2 = 3.79 %
1-6-7-8-L11.1.3 = 4.33 %
1-10-11-12-13-L11.1.4 = 2.73 %
1-15-16-L11.1.5 = 3.69 %
1-18-19-20-21-L11.1.6 = 3.51 %
1-23-24-L11.1.7 = 4.65 %
1-26-L11.1.8 = 0.11 %
1-28-L11.2.1 = 0.52 %
1-30-31-L11.2.2 = 4.86 %
1-33-34-35-L11.2.3 = 4.03 %
1-37-38-39-40-41-42-L11.2.4 = 3.15 %
1-44-45-46-47-48-49-50-L11.2.5 = 1.77 %
1-52-53-54-55-L11.2.6 = 3.62 %
1-57-L11.1.7 = 0.25 %
1-59-L11.1.8 = 0.06 %
1-61-L11.2.7 = 0.4 %
1-63-L11.2.8 = 0.09 %

CT12

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9
C.d.t. máx.(%): 5
Cos φ : 0,8
Coef. Simultaneidad: 0.8

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálculo (A)	Sección (mm2)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	177	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,63	3x185/95	260/1	180
2	2	L12.1.1	14	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,63	3x185/95	260/1	180
3	1	4	197	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	3x185/95	260/1	180
4	4	L12.1.2	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	3x185/95	260/1	180
5	1	6	455	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	3(3x185/95)	780/1	3(180)
6	6	L12.1.3	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	3x185/95	260/1	180
7	1	8	229	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	3(3x185/95)	780/1	3(180)
8	8	9	97	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	3(3x185/95)	780/1	3(180)
9	9	10	63	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	3(3x185/95)	780/1	3(180)
10	10	L12.1.4	64	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	3x185/95	260/1	180
11	1	12	98	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	7(3x240/150)	2.135/1	7(225)
12	12	13	118	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	7(3x240/150)	2.135/1	7(225)
13	13	14	79	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	7(3x240/150)	2.135/1	7(225)
14	14	15	58	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	7(3x240/150)	2.135/1	7(225)
15	15	16	47	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	7(3x240/150)	2.135/1	7(225)
16	16	17	225	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	7(3x240/150)	2.135/1	7(225)
17	17	L12.1.5	19	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	3x185/95	260/1	180
18	1	19	449	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	6(3x240/150)	1.830/1	6(225)
19	19	20	42	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	6(3x240/150)	1.830/1	6(225)
20	20	21	120	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	6(3x240/150)	1.830/1	6(225)
21	21	L12.1.6	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	238,59	3x185/95	260/1	180
22	1	23	10	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
23	23	L12.1.7	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	30,31	4x16	62/1	140
24	1	25	12	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140
25	25	L12.1.8	7	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,77	4x16	62/1	140

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	1.467,668(813,464 kW)

2	15,485		3,871	0 A(0 kW)
L12.1.1	16,71		4,178	-238,63 A(-132,26 kW)
4	17,231		4,308	0 A(0 kW)
L12.1.2	18,281		4,57*	-238,59 A(-132,24 kW)
6	11,763		2,941	0 A(0 kW)
L12.1.3	12,813		3,203	-238,59 A(-132,24 kW)
8	5,92		1,48	0 A(0 kW)
9	8,428		2,107	0 A(0 kW)
10	10,057		2,514	0 A(0 kW)
L12.1.4	15,655		3,914	-238,59 A(-132,24 kW)
12	0,905		0,226	0 A(0 kW)
13	1,995		0,499	0 A(0 kW)
14	2,724		0,681	0 A(0 kW)
15	3,26		0,815	0 A(0 kW)
16	3,694		0,923	0 A(0 kW)
17	5,772		1,443	0 A(0 kW)
L12.1.5	7,433		1,858	-238,59 A(-132,24 kW)
19	4,841		1,21	0 A(0 kW)
20	5,294		1,323	0 A(0 kW)
21	6,587		1,647	0 A(0 kW)
L12.1.6	7,637		1,909	-238,59 A(-132,24 kW)
23	0,835		0,209	0 A(0 kW)
L12.1.7	1,837		0,459	-30,31 A(-16,8 kW)
25	0,181		0,045	0 A(0 kW)
L12.1.8	0,286		0,071	-5,77 A(-3,2 kW)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

- 1-2-L12.1.1 = 4.18 %
- 1-4-L12.1.2 = 4.57 %
- 1-6-L12.1.3 = 3.2 %
- 1-8-9-10-L12.1.4 = 3.91 %
- 1-12-13-14-15-16-17-L12.1.5 = 1.86 %
- 1-19-20-21-L12.1.6 = 1.91 %
- 1-23-L12.1.7 = 0.46 %
- 1-25-L12.1.8 = 0.07 %

CT13

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ : 0,9

Coef. Simultaneidad: 0.8

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	141	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
2	2	L13.2.1	19	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
3	1	4	327	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	218,96	2(3x150/95)	460/1	2(180)
4	4	L13.1.1	10	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	218,96	3x150/95	230/1	180
5	1	6	174	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	218,96	3x150/95	230/1	180
6	6	L13.1.2	13	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	218,96	3x150/95	230/1	180
7	1	8	271	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	218,96	3(3x240/150)	915/1	3(225)
8	8	9	222	Al/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-Al Eca 3 Unp.	218,96	3(3x240/150)	915/1	3(225)

9	9	10	111	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	3(3x240/150)	915/1	3(225)
10	10	L13-1-3	15	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	3x150/95	230/1	180
11	1	12	40	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	3x240/150	305/1	225
12	12	13	33	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	3x240/150	305/1	225
13	13	14	59	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	3x240/150	305/1	225
14	14	15	109	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	3x240/150	305/1	225
15	15	L13.1.4	15	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	3x150/95	230/1	180
16	1	17	45	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	2(3x240/150)	610/1	2(225)
17	17	18	43	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	2(3x240/150)	610/1	2(225)
18	18	19	282	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	2(3x240/150)	610/1	2(225)
19	19	20	112	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	2(3x240/150)	610/1	2(225)
20	20	L13.1.5	12	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	3x150/95	230/1	180
21	1	22	294	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
22	22	23	211	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
23	23	24	141	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
24	24	25	31	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
25	25	26	139	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	5(3x240/150)	1.525/1	5(225)
26	26	L13.1.6	7	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	218,96	3x150/95	230/1	180
27	1	28	19	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	26,94	3x95/50	175/1	140
28	28	L13.1.7	14	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	26,94	3x95/50	175/1	140
29	1	30	11	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,13	3x95/50	175/1	140
30	30	L13.1.8	9	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,13	3x95/50	175/1	140
31	1	32	47	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
32	32	L13.2.2	16	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
33	1	34	250	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
34	34	L13.2.3	10	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
35	1	36	42	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
36	36	37	38	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
37	37	L13.2.4	8	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
38	1	39	39	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
39	39	40	37	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
40	40	41	68	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
41	41	L13.2.5	9	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
42	1	43	44	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
43	43	44	34	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
44	44	45	144	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
45	45	L13.2.6	9	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	68,38	3x95/50	175/1	140
46	1	47	7	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	26,94	3x95/50	175/1	140
47	47	L13.2.7	6	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	26,94	3x95/50	175/1	140
48	1	49	18	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,13	3x95/50	175/1	140
49	49	L13.2.8	6	AI/0.1	Ent.Bajo Tubo RV-AI Eca 3 Unp.	5,13	3x95/50	175/1	140

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	1.788,195(1.115,008 kW)
2	5,469		1,367	0 A(0 kW)
L13.2.1	6,206		1,551	-68,38 A(-42,64 kW)
4	14,054		3,514	0 A(0 kW)
L13.1.1	15,029		3,757	-218,96 A(-136,53 kW)
6	16,951		4,238	0 A(0 kW)
L13.1.2	18,217		4,554*	-218,96 A(-136,53 kW)
8	5,252		1,313	0 A(0 kW)
9	9,554		2,389	0 A(0 kW)
10	11,706		2,926	0 A(0 kW)
L13-1-3	13,167		3,292	-218,96 A(-136,53 kW)
12	2,519		0,63	0 A(0 kW)
13	4,597		1,149	0 A(0 kW)
14	8,312		2,078	0 A(0 kW)
15	15,175		3,794	0 A(0 kW)
L13.1.4	16,636		4,159	-218,96 A(-136,53 kW)
17	1,325		0,331	0 A(0 kW)
18	2,591		0,648	0 A(0 kW)
19	10,896		2,724	0 A(0 kW)
20	14,194		3,548	0 A(0 kW)
L13.1.5	15,363		3,841	-218,96 A(-136,53 kW)

					kW)
22	3,396		0,849	0 A(0 kW)	
23	5,833		1,458	0 A(0 kW)	
24	7,462		1,865	0 A(0 kW)	
25	7,82		1,955	0 A(0 kW)	
26	9,426		2,356	0 A(0 kW)	
L13.1.6	10,107		2,527	-218,96 A(-136,53 kW)	
28	0,282		0,071	0 A(0 kW)	
L13.1.7	0,49		0,123	-26,94 A(-16,8 kW)	
30	0,031		0,008	0 A(0 kW)	
L13.1.8	0,056		0,014	-5,13 A(-3,2 kW)	
32	1,823		0,456	0 A(0 kW)	
L13.2.2	2,444		0,611	-68,38 A(-42,64 kW)	
34	9,697		2,424	0 A(0 kW)	
L13.2.3	10,085		2,521	-68,38 A(-42,64 kW)	
36	1,629		0,407	0 A(0 kW)	
37	3,103		0,776	0 A(0 kW)	
L13.2.4	3,413		0,853	-68,38 A(-42,64 kW)	
39	1,513		0,378	0 A(0 kW)	
40	2,948		0,737	0 A(0 kW)	
41	5,585		1,396	0 A(0 kW)	
L13.2.5	5,934		1,484	-68,38 A(-42,64 kW)	
43	1,707		0,427	0 A(0 kW)	
44	3,025		0,756	0 A(0 kW)	
45	8,611		2,153	0 A(0 kW)	
L13.2.6	8,96		2,24	-68,38 A(-42,64 kW)	
47	0,104		0,026	0 A(0 kW)	
L13.2.7	0,193		0,048	-26,94 A(-16,8 kW)	
49	0,051		0,013	0 A(0 kW)	
L13.2.8	0,068		0,017	-5,13 A(-3,2 kW)	

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

- 1-2-L13.2.1 = 1.55 %
- 1-4-L13.1.1 = 3.76 %
- 1-6-L13.1.2 = 4.55 %
- 1-8-9-10-L13-1-3 = 3.29 %
- 1-12-13-14-15-L13.1.4 = 4.16 %
- 1-17-18-19-20-L13.1.5 = 3.84 %
- 1-22-23-24-25-26-L13.1.6 = 2.53 %
- 1-28-L13.1.7 = 0.12 %
- 1-30-L13.1.8 = 0.01 %
- 1-32-L13.2.2 = 0.61 %
- 1-34-L13.2.3 = 2.52 %
- 1-36-37-L13.2.4 = 0.85 %
- 1-39-40-41-L13.2.5 = 1.48 %
- 1-43-44-45-L13.2.6 = 2.24 %
- 1-47-L13.2.7 = 0.05 %
- 1-49-L13.2.8 = 0.02 %

1.3.- MEDICIONES

MEDICION DEL PROYECTO

CT1

MEDICION DE CABLES

Sección(mm ²)	Metal	Design	Polaridad	Total(m)	Pu(Euros)
<u>Ptotal(Euros)</u>					
50	Al	RV-Al Eca	Unipolar	61	
95	Al	RV-Al Eca	Unipolar	2.049	
150	Al	RV-Al Eca	Unipolar	6.210	
240	Al	RV-Al Eca	Unipolar	1.836	

MEDICION DE TUBOS.

Diámetro interior(mm)	Total metros	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
140	61		
180	1.866		
225	612		

CT2

MEDICION DE CABLES

Sección(mm ²)	Metal	Design	Polaridad	Total(m)	Pu(Euros)
<u>Ptotal(Euros)</u>					
16	Al	RV-Al Eca	Unipolar	132	
95	Al	RV-Al Eca	Unipolar	3.154	
150	Al	RV-Al Eca	Unipolar	3.908	
185	Al	RV-Al Eca	Unipolar	6.066	
240	Al	RV-Al Eca	Unipolar	1.536	

MEDICION DE TUBOS.

Diámetro interior(mm)	Total metros	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
140	33		
180	3.154		
225	512		

CT3

MEDICION DE CABLES

Sección(mm ²)	Metal	Design	Polaridad	Total(m)	Pu(Euros)
<u>Ptotal(Euros)</u>					
16	Al	RV-Al Eca	Unipolar	1.956	
25	Al	RV-Al Eca	Unipolar	292	

Proyecto de urbanización del "Sector Golf" en Pego (Alicante)

35	Al	RV-Al Eca	Unipolar	2.332
50	Al	RV-Al Eca	Unipolar	3.267
70	Al	RV-Al Eca	Unipolar	3.093
95	Al	RV-Al Eca	Unipolar	1.908

MEDICION DE TUBOS.

<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Total metros</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
140	3.212		

CT4

MEDICION DE CABLES

<u>Sección(mm²)</u>	<u>Metal</u>	<u>Design</u>	<u>Polaridad</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>
<u>Ptotal(Euros)</u>					
16	Al	RV-Al Eca	Unipolar	20.952	

MEDICION DE TUBOS.

<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Total metros</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
140	5.238		

CT5

MEDICION DE CABLES

<u>Sección(mm²)</u>	<u>Metal</u>	<u>Design</u>	<u>Polaridad</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>
<u>Ptotal(Euros)</u>					
150	Al	RV-Al Eca	Unipolar	1.615	
240	Al	RV-Al Eca	Unipolar	4.845	

MEDICION DE TUBOS.

<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Total metros</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
225	1.615		

CT6

MEDICION DE CABLES

<u>Sección(mm²)</u>	<u>Metal</u>	<u>Design</u>	<u>Polaridad</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>
<u>Ptotal(Euros)</u>					
95	Al	RV-Al Eca	Unipolar	75	
150	Al	RV-Al Eca	Unipolar	1.220	
240	Al	RV-Al Eca	Unipolar	2.985	

MEDICION DE TUBOS.

<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Total metros</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
180	75		
225	995		

CT7

MEDICION DE CABLES

<u>Sección(mm²)</u>	<u>Metal</u>	<u>Design</u>	<u>Polaridad</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>
<u>Ptotal(Euros)</u>					
16	Al	RV-Al Eca	Unipolar	52	
95	Al	RV-Al Eca	Unipolar	4.106	
150	Al	RV-Al Eca	Unipolar	5.157	
185	Al	RV-Al Eca	Unipolar	9.456	
240	Al	RV-Al Eca	Unipolar	6.885	

MEDICION DE TUBOS.

<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Total metros</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
140	13		
180	4.106		
225	2.295		

CT8

MEDICION DE CABLES

<u>Sección(mm²)</u>	<u>Metal</u>	<u>Design</u>	<u>Polaridad</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>
<u>Ptotal(Euros)</u>					
16	Al	RV-Al Eca	Unipolar	324	
50	Al	RV-Al Eca	Unipolar	404	
95	Al	RV-Al Eca	Unipolar	1.824	
150	Al	RV-Al Eca	Unipolar	753	
185	Al	RV-Al Eca	Unipolar	1.083	

MEDICION DE TUBOS.

<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Total metros</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
140	485		
180	612		

CT9

MEDICION DE CABLES

<u>Sección(mm²)</u>	<u>Metal</u>	<u>Design</u>	<u>Polaridad</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>
<u>Ptotal(Euros)</u>					
16	Al	RV-Al Eca	Unipolar	1.272	
25	Al	RV-Al Eca	Unipolar	992	

70	Al	RV-Al Eca	Unipolar	16
95	Al	RV-Al Eca	Unipolar	3.969
120	Al	RV-Al Eca	Unipolar	48
150	Al	RV-Al Eca	Unipolar	7.910
185	Al	RV-Al Eca	Unipolar	10.257
240	Al	RV-Al Eca	Unipolar	18.780

MEDICION DE TUBOS.

<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Total metros</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
140	566		
160	16		
180	3.969		
225	6.260		

CT10

MEDICION DE CABLES

<u>Sección(mm²)</u>	<u>Metal</u>	<u>Design</u>	<u>Polaridad</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>
<u>Ptotal(Euros)</u>					
16	Al	RV-Al Eca	Unipolar	1.524	
35	Al	RV-Al Eca	Unipolar	72	
50	Al	RV-Al Eca	Unipolar	321	
70	Al	RV-Al Eca	Unipolar	936	
95	Al	RV-Al Eca	Unipolar	3.252	
120	Al	RV-Al Eca	Unipolar	2.808	
150	Al	RV-Al Eca	Unipolar	4.778	
185	Al	RV-Al Eca	Unipolar	2.820	
240	Al	RV-Al Eca	Unipolar	2.193	

MEDICION DE TUBOS.

<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Total metros</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
140	720		
160	936		
180	2.289		
225	731		

CT11

MEDICION DE CABLES

<u>Sección(mm²)</u>	<u>Metal</u>	<u>Design</u>	<u>Polaridad</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>
<u>Ptotal(Euros)</u>					
16	Al	RV-Al Eca	Unipolar	444	
25	Al	RV-Al Eca	Unipolar	1.320	
95	Al	RV-Al Eca	Unipolar	7.850	
150	Al	RV-Al Eca	Unipolar	14.027	
185	Al	RV-Al Eca	Unipolar	16.005	
240	Al	RV-Al Eca	Unipolar	19.446	

MEDICION DE TUBOS.

<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Total metros</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
140	441		
180	7.850		
225	6.482		

CT12

MEDICION DE CABLES

<u>Sección(mm²)</u>	<u>Metal</u>	<u>Design</u>	<u>Polaridad</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>
<u>Ptotal(Euros)</u>					
16	Al	RV-Al Eca	Unipolar	164	
95	Al	RV-Al Eca	Unipolar	3.039	
150	Al	RV-Al Eca	Unipolar	8.041	
185	Al	RV-Al Eca	Unipolar	9.117	
240	Al	RV-Al Eca	Unipolar	24.123	

MEDICION DE TUBOS.

<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Total metros</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
140	41		
180	3.039		
225	8.041		

CT13

MEDICION DE CABLES

<u>Sección(mm²)</u>	<u>Metal</u>	<u>Design</u>	<u>Polaridad</u>	<u>Total(m)</u>	<u>Pu(Euros)</u>
<u>Ptotal(Euros)</u>					
50	Al	RV-Al Eca	Unipolar	1.045	
95	Al	RV-Al Eca	Unipolar	4.035	
150	Al	RV-Al Eca	Unipolar	9.797	
240	Al	RV-Al Eca	Unipolar	21.291	

MEDICION DE TUBOS.

<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Total metros</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
140	1.045		
180	900		
225	7.097		

2.- RED DE MEDIA TENSION

2.1.- MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN.
2. OBJETO DEL PROYECTO.
3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.
4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.
 - 4.1. TRAZADO.
 - 4.2. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.
 - 4.3. CLASE DE ENERGÍA.
 - 4.4. MATERIALES.
 - 4.5. CABLES, EMPALMES Y APARAMENTA ELÉCTRICA.
 - 4.6. INSTALACIÓN DE CABLES AISLADOS.
5. PUESTA A TIERRA.
6. PROTECCIONES.
 - 6.1. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES.
 - 6.2. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES.

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN.

Se redacta el presente proyecto de LÍNEA ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN por encargo CONSTRUCCIONES HISPANO GERMANAS, S.A.U. , con C.I.F.: A03032182 y domicilio social en AV. PICASSO , nº 1 – CC OLIVA NOVA EDIF CHG PLAYA de OLIVA (VALENCIA)

La finalidad de la línea en proyecto es el suministro de energía eléctrica a URBANIZACIÓN SECTOR GOLF EN PEGO (ALICANTE)

2. OBJETO DEL PROYECTO.

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

3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.

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

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Normas particulares y de normalización de la Cia. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

4.1. TRAZADO.

La línea en proyecto entroncará en varios puntos de entronque definidos por i-De
Proyecto de urbanización del "Sector Golf" en Pego (Alicante)

La red constará de varios anillos de características y longitudes definidas en el Documento Cálculos Justificativos, y en su recorrido afecta sólo a terrenos de dominio público, todo dentro del T.M. de Pego (Alicante).

4.2. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS.

Cuando las circunstancias lo requieran y se necesite efectuar Cruzamientos o Paralelismos, éstos se ajustarán a las condiciones que como consecuencia de las disposiciones legales puedan imponer los Organismos competentes de las instalaciones o propiedades afectados. La situación de cada uno de ellos queda especificada en el Documento Planos. cuadro siguiente, en el cual se han detallado los datos necesarios:

-

4.3. CLASE DE ENERGÍA.

Todas las características de la energía a transportar figuran en el anexo de cálculo del proyecto.

4.4. MATERIALES.

Todos los materiales serán de los tipos "aceptados" por la Cía. Suministradora de Electricidad.

El nivel de aislamiento de los cables y accesorios de alta tensión (A.T.) deberá adaptarse a los valores normalizados indicados en las normas UNE 211435, UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2. La tensión más elevada del material (U_m) será, al menos, igual a la tensión más elevada de la red donde dicho material será instalado (U_s). La tensión asignada del cable U_0/U se elegirá en función de la tensión nominal de la red (U_n), o tensión más elevada de la red (U_s), y de la duración máxima del eventual funcionamiento del sistema con una fase a tierra (categoría de la red: A, B o C).

4.5. CABLES, EMPALMES Y APARAMENTA ELÉCTRICA.

Los cables utilizados en las redes subterráneas tendrán los conductores de cobre o aluminio y estarán aislados con materiales adecuados a las condiciones de instalación y explotación manteniendo, con carácter general, el mismo tipo de aislamiento de los cables de la red a la que se conecten. Estarán debidamente apantallados, y protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen o la producida por corrientes erráticas, y tendrán resistencia mecánica suficiente para soportar las acciones de instalación y tendido y las habituales después de la instalación. Podrán ser unipolares o tripolares.

Los cables utilizados en la red eléctrica estarán dimensionados para soportar la tensión de servicio y las botellas terminales y empalmes serán adecuados para el tipo de conductor empleado y aptos igualmente para la tensión de servicio.

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

Los empalmes para conductores con aislamiento seco podrán estar constituidos por un manguito metálico que realice la unión a presión de la parte conductora, sin debilitamiento de sección ni producción de vacíos superficiales. El aislamiento podrá ser construido a base de cinta semiconductora interior, cinta autovulcanizable, cinta semiconductora capa exterior, cinta metálica de reconstitución de pantalla, cinta para compactar, trenza de tierra y nuevo encintado de compactación final, o utilizando materiales termorretráctiles, o premoldeados u otro sistema de eficacia equivalente. Los empalmes para conductores desnudos podrán ser de plena tracción de los denominados estirados, comprimidos o de varillas preformadas.

La aparatamenta eléctrica que interviene en el diseño de la red eléctrica queda descrita perfectamente en el anexo de cálculo del proyecto.

4.6. INSTALACIÓN DE CABLES AISLADOS.

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público en suelo urbano o en curso de urbanización que tenga las cotas de nivel previstas en el proyecto de urbanización (alineaciones y rasantes), preferentemente bajo las aceras y se evitarán los ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, a poder ser paralelo en toda su longitud a las fachadas de los edificios principales o, en su defecto, a los bordillos. Así mismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos que puedan soportar los cables sin deteriorarse, a respetar en los cambios de dirección.

Los cables podrán instalarse en las formas que se indican a continuación:

- Directamente enterrados. La profundidad, hasta la parte superior del cable más próximo a la superficie, no será menor de 0,6 m en acera o tierra, ni de 0,8 m en calzada. Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes. La zanja ha de ser de la anchura suficiente para permitir el trabajo de un hombre, salvo que el tendido del cable se haga por medios mecánicos.
- En canalización entubada. La profundidad, hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie, no será menor de 0,6 m en acera o tierra, ni de 0,8 m en calzada. No se instalará más de un circuito por tubo. Si se instala un solo cable unipolar por tubo, los tubos deberán ser de material no ferromagnético. Se evitará, en lo posible, los cambios de dirección de las canalizaciones entubadas respetando los cambios de curvatura indicados por el fabricante de los cables. En los puntos donde se produzcan, para facilitar la manipulación de los cables podrán disponerse arquetas con tapas registrables o no. Con objeto de no sobrepasar las tensiones de tiro indicadas en las normas aplicables a cada tipo de cable, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro en aquellos casos que lo requieran.
- En galerías. Pueden utilizarse dos tipos de galería, la galería visitable, de dimensiones interiores suficientes para la circulación de personal, y la galería o zanja registrable, en la que no está prevista la circulación de personal y las tapas de registro precisan medios mecánicos para su manipulación.
- En atarjeas o canales revisables. Son canales de obra con tapas prefabricadas de hormigón o de cualquier otro material sintético de elevada resistencia mecánica (que normalmente engrasan con el nivel del suelo) manipulables a mano.
- En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared. Normalmente, este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas de alta tensión (de interior o exterior) en las que el acceso quede restringido al personal autorizado. Cuando las zonas por las que discurre el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

5. PUESTA A TIERRA.

En los extremos de las líneas subterráneas se colocará un dispositivo que permita poner a tierra los cables en caso de trabajos o reparación de averías, con el fin de evitar posibles accidentes originados por existencia de cargas de capacidad. Las cubiertas metálicas y las pantallas de las mismas estarán también puestas a tierra.

En redes aéreas, todas las partes metálicas de los apoyos y herrajes serán conectadas a una toma de tierra en cada apoyo.

6. PROTECCIONES.

6.1. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES.

Las líneas deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos que puedan originar las sobrintensidades susceptibles de producirse en la instalación, cuando éstas puedan dar lugar a averías y daños en las citadas instalaciones.

Las salidas de línea deberán estar protegidas contra cortocircuitos y, cuando proceda, contra sobrecargas. Para ello se colocarán cortocircuitos fusibles o interruptores automáticos, con emplazamiento en el inicio de las líneas. Las características de funcionamiento de dichos elementos corresponderán a las exigencias del conjunto de la instalación de la que el cable forme parte integrante, considerando las limitaciones propias de éste.

Los dispositivos de protección utilizados no deberán producir, durante su actuación, proyecciones peligrosas de materiales ni explosiones que puedan ocasionar daños a personas o cosas.

Entre los diferentes dispositivos de protección contra las sobrintensidades pertenecientes a la misma instalación, o en relación con otros exteriores a ésta se establecerá una adecuada coordinación de actuación para que la parte desconectada en caso de c.c. o sobrecarga sea la menor posible.

La protección contra c.c. por medio de fusibles o interruptores automáticos se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por el conductor durante el c.c. no exceda de la máxima admisible asignada en c.c.

En general, no será obligatorio establecer protecciones contra sobrecargas, si bien es necesario, controlar la carga en el origen de la línea o del cable mediante el empleo de aparatos de medida, mediciones periódicas o bien por estimaciones estadísticas a partir de las cargas conectadas al mismo, con objeto de asegurar que la temperatura del cable no supere la máxima admisible en servicio permanente.

6.2. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES.

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

Para ello se utilizarán pararrayos de resistencia variable o pararrayos de óxidos metálicos, cuyas características estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que puedan preverse en caso de sobretensión o se observará el cumplimiento de las reglas de coordinación de aislamiento correspondientes. Deberá cumplirse también, en lo referente a coordinación de aislamiento y puesta a tierra de los pararrayos, lo indicado en las instrucciones ITC-RAT 12 y ITC-RAT 13.

En lo referente a protecciones contra sobretensiones serán de consideración igualmente las especificaciones establecidas por las Normas UNE-EN 60071-1, UNE-EN 60071-2, UNE-EN 60099-1 y UNE-EN 60099-4.

2.2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

$$I = S \times 1000 / 1,732 \times U = \text{Amperios (A)}$$

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

En donde:

I = Intensidad en Amperios.

e = Caída de tensión en Voltios.

S = Potencia de cálculo en kVA.

U = Tensión de servicio en voltios.

s = Sección del conductor en mm².

L = Longitud de cálculo en metros.

K = Conductividad.

Cos φ = Coseno de fi. Factor de potencia.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

n = N° de conductores por fase.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

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

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

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C. (Conductores bimetalicos, $\rho_{20} = \text{Stotal} / \Sigma(s/\rho)$, siendo ρ y s la resistividad y sección de los distintos metales que componen el conductor)

$$\text{Cu} = 0.017241 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$\text{Al} = 0.028264 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$\text{AlMgSi} = 0.03250 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$\text{Ac (Acero)} = 0.192 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$\text{Ac-Al (Acero recubierto Al)} = 0.0848 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$\text{Cu} = 0.003929$$

$$\text{Al y demás conductores} = 0.004032$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente (°C):

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

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

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

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

$$\text{HEPR} = 90^\circ\text{C (105}^\circ\text{C, } U_0/U \leq 18/30 \text{ kv)}$$

$$\text{PVC} = 70^\circ\text{C}$$

$$\text{Conductores Recubiertos} = 90^\circ\text{C}$$

$$\text{Conductores Desnudos} = 85^\circ\text{C}$$

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

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

LSMT1

Las características generales de la red son:

Tensión(V): 20000

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ : 0,8
Coef. Simultaneidad: 1

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (m Ω /m)	Canal.	Designación	Polar.	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	D.tubo (mm)	I. Admisi. (A)/Fci
1	1	CR1	52	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	195,54	3x150	175	245/1
2	CR1	3	26	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	195,54	3x150	175	245/1
3	3	4	25	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	195,54	3x150	175	245/1
4	4	5	28	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	195,54	3x150	175	245/1
5	5	6	46	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	195,54	3x150	175	245/1
6	6	CT1	14	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	195,54	3x150	175	245/1
7	CT1	8	248	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	123,37	3x95	150	190/1
8	8	9	178	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	123,37	3x95	150	190/1
9	9	CT2	148	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	123,37	3x95	150	190/1
10	CT2	11	32	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	51,2	3x95	150	190/1
11	11	12	28	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	51,2	3x95	150	190/1
12	12	CT3	36	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	51,2	3x95	150	190/1
13	CT3	14	21	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	14,83	3x95	150	190/1
14	14	15	243	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	14,83	3x95	150	190/1
15	15	16	42	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	14,83	3x95	150	190/1
16	16	CT4	505	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	14,83	3x95	150	190/1
37	37	38	49	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	65,68	3x95	150	190/1
38	38	39	252	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	65,68	3x95	150	190/1
39	39	CT10	24	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	65,68	3x95	150	190/1
40	CT10	41	68	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-6,49	3x95	150	190/1
41	41	42	284	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-6,49	3x95	150	190/1
42	42	CT11	49	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-6,49	3x95	150	190/1
43	CT11	44	210	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-78,66	3x95	150	190/1
44	44	45	119	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-78,66	3x95	150	190/1
45	45	CT12	284	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-78,66	3x95	150	190/1
46	CT12	47	85	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-114,74	3x95	150	190/1
47	47	CT13	34	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-114,74	3x95	150	190/1
48	CT13	49	72	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-162,38	3x95	150	190/1
49	49	50	413	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-162,38	3x95	150	190/1
50	50	CR2	37	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-242,96	3x240	200	320/1
51	CR2	52	19	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-242,96	3x240	200	320/1
52	52	53	139	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	80,58	3x95	150	190/1
53	53	54	308	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	80,58	3x95	150	190/1
54	54	55	555	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	80,58	3x95	150	190/1
55	55	56	79	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	80,58	3x95	150	190/1
37	CT4	37	286	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	65,68	3x95	150	190/1
38	56	CT4	305	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	80,58	3x95	150	190/1

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
1	0	20.000	0	195,539 A(6.773,671 kVA)
CR1	4,737	19.995,262	0,024	0 A(0 kVA)
3	7,106	19.992,895	0,036	0 A(0 kVA)
4	9,384	19.990,617	0,047	0 A(0 kVA)
5	11,934	19.988,066	0,06	0 A(0 kVA)
6	16,125	19.983,875	0,081	0 A(0 kVA)
CT1	17,401	19.982,6	0,087	-72,169 A(-2.500 KVA)
8	36,435	19.963,564	0,182	0 A(0 kVA)
9	50,097	19.949,902	0,25	0 A(0 kVA)
CT2	61,456	19.938,543	0,307	-72,169 A(-2.500 KVA)
11	62,414	19.937,586	0,312	0 A(0 kVA)
12	63,251	19.936,748	0,316	0 A(0 kVA)
CT3	64,328	19.935,672	0,322	-36,373 A(-1.260 KVA)
14	64,508	19.935,492	0,323	0 A(0 kVA)
15	66,588	19.933,412	0,333	0 A(0 kVA)
16	66,947	19.933,053	0,335	0 A(0 kVA)
CT4	71,269	19.928,73	0,356	-29,734 A(-1.030 KVA)
37	82,34	19.917,66	0,412	0 A(0 kVA)
38	84,237	19.915,764	0,421	0 A(0 kVA)
39	93,991	19.906,008	0,47	0 A(0 kVA)
CT10	94,92	19.905,08	0,475*	-72,169 A(-2.500 KVA)

Proyecto de urbanización del "Sector Golf" en Pego (Alicante)

41	94,666	19.905,334	0,473	0 A(0 kVA)
42	93,603	19.906,396	0,468	0 A(0 kVA)
CT11	93,42	19.906,58	0,467	-72,169 A(-2.500 KVA)
44	83,592	19.916,408	0,418	0 A(0 kVA)
45	78,024	19.921,977	0,39	0 A(0 kVA)
CT12	64,734	19.935,266	0,324	-36,084 A(-1.250 KVA)
47	58,728	19.941,273	0,294	0 A(0 kVA)
CT13	56,325	19.943,676	0,282	-47,631 A(-1.650 KVA)
49	48,664	19.951,336	0,243	0 A(0 kVA)
50	4,721	19.995,279	0,024	0 A(0 kVA)
CR2	1,602	19.998,398	0,008	0 A(0 kVA)
52	0	20.000	0	242,959 A(8.416,33 kVA)
53	11,395	19.988,605	0,057	0 A(0 kVA)
54	26,183	19.973,816	0,131	0 A(0 kVA)
55	52,831	19.947,168	0,264	0 A(0 kVA)
56	56,624	19.943,375	0,283	0 A(0 kVA)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama.3RI ² (kW)
1	1	CR1	1,334
2	CR1	3	0,667
3	3	4	0,641
4	4	5	0,718
5	5	6	1,18
6	6	CT1	0,359
7	CT1	8	3,809
8	8	9	2,734
9	9	CT2	2,273
10	CT2	11	0,078
11	11	12	0,068
12	12	CT3	0,088
13	CT3	14	0,004
14	14	15	0,049
15	15	16	0,008
16	16	CT4	0,101
37	37	38	0,198
38	38	39	1,02
39	39	CT10	0,097
40	CT10	41	0,003
41	41	42	0,011
42	42	CT11	0,002
43	CT11	44	1,235
44	44	45	0,7
45	45	CT12	1,67
46	CT12	47	1,114
47	47	CT13	0,446
48	CT13	49	2,053
49	49	50	11,775
50	50	CR2	0,904
51	CR2	52	0,464
52	50	53	0,86
53	53	54	1,905
54	54	55	3,433
55	55	56	0,489
37	CT4	37	1,158
38	56	CT4	1,887

LSMT2

Las características generales de la red son:

Tensión(V): 20000
C.d.t. máx.(%): 5
Cos φ : 0,8
Coef. Simultaneidad: 1

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (mΩ/m)	Canal.	Designación	Polar.	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	D.tubo (mm)	I. Admisi. (A)/Fci
5	5	6	485	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-93,95	3x95	150	190/1
7	7	8	32	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	98,31	3x95	150	190/1
9	9	10	37	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	7,95	3x95	150	190/1
10	10	11	110	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	7,95	3x95	150	190/1
11	11	12	62	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-39,68	3x95	150	190/1
12	12	13	65	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-39,68	3x95	150	190/1
17	8	19	234	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	80,12	3x95	150	190/1
18	19	20	358	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	80,12	3x95	150	190/1
19	20	9	259	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	7,95	3x95	150	190/1
11	13	5	426	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-39,68	3x95	150	190/1
11	7	12	141	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-98,31	3x95	150	190/1
12	12	CR3	12	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-98,31	3x95	150	190/1
13	CR3	6	16	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	93,95	3x95	150	190/1
14	CR3	14	19	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-192,26	3x150	175	245/1

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
5	30,072	19.969,928	0,15	-54,271 A(-1.880 KVA)
6	2,603	19.997,398	0,013	0 A(0 kVA)
7	10,802	19.989,197	0,054	0 A(0 kVA)
8	12,706	19.987,293	0,064	-18,187 A(-630 KVA)
9	42,149	19.957,852	0,211	0 A(0 kVA)
10	42,318	19.957,682	0,212	0 A(0 kVA)
11	42,823	19.957,178	0,214*	-47,631 A(-1.650 KVA)
12	41,393	19.958,607	0,207	0 A(0 kVA)
13	39,894	19.960,105	0,199	0 A(0 kVA)
19	23,874	19.976,125	0,119	0 A(0 kVA)
20	40,96	19.959,039	0,205	-72,169 A(-2.500 KVA)
12	2,41	19.997,59	0,012	0 A(0 kVA)
CR3	1,696	19.998,303	0,008	0 A(0 kVA)
14	0	20.000	0	192,258 A(6.660 kVA)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama.3RI ² (kW)
5	5	6	4,143
7	7	8	0,301
9	9	10	0,002
10	10	11	0,006
11	11	12	0,09
12	12	13	0,094
17	8	19	1,43
18	19	20	2,188
19	20	9	0,015
11	13	5	0,617
11	7	12	1,326
12	12	CR3	0,113
13	CR3	6	0,137
14	CR3	14	0,469

LSMT3

Las características generales de la red son:

Tensión(V): 20000
C.d.t. máx.(%): 5
Cos φ : 0,8
Coef. Simultaneidad: 1

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (m Ω /m)	Canal.	Designación	Polar.	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	D.tubo (mm)	I. Admisi. (A)/Fci
1	1	CR4	25	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	144,34	3x95	150	190/1
2	CR4	3	169	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	71,46	3x95	150	190/1
3	3	4	171	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	71,46	3x95	150	190/1
4	4	5	167	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-72,88	3x95	150	190/1
5	5	CR4	166	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 12/20 H16	Unip.	-72,88	3x95	150	190/1

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
1	0	20.000	0	144,338 A(5.000 kVA)
CR4	2,305	19.997,695	0,012	0 A(0 kVA)
3	9,451	19.990,549	0,047	0 A(0 kVA)
4	16,681	19.983,318	0,083*	-144,338 A(-5.000 KVA)
5	9,471	19.990,529	0,047	0 A(0 kVA)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama.3RI ² (kW)	Pérdida Potencia Activa Total Itinerario.3RI ² (kW)
1	1	CR4	0,545	
2	CR4	3	0,814	
3	3	4	0,824	
4	4	5	0,838	
5	5	CR4	0,833	

CT1

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

- 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	1250	13.2	54.67
trafo 2	1250	13.2	54.67

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_s = Tensión compuesta secundaria en V.
 I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	1250	400	1804.27
trafo 2	1250	400	1804.27

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 $U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
 U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc _c (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U _s (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	1250	400	6	30.07
trafo 2	1250	400	6	30.07

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa

vigente, se garantiza que:
 $I_{th} \geq 16 \text{ kA}$ durante 1 s.

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección trafo 2.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

Para el trafo 2, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de 150 Ω m.

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, U = 13200 V.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, U_{bt} = 10000 V.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωxm): 150.
 - ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d, U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t:

$$R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d:

$$I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E:

$$U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, K_r (Ω/Ωxm) = 0.088.
- De la tensión de paso, K_p (V/((Ωxm)A)) = 0.0169.
- De la tensión de contacto exterior, K_c (V/((Ωxm)A)) = 0.0508.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\max} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 13.2 \cdot 300 = 3960 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0169 \cdot 150 \cdot 300 = 760.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'_p (\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0508 \cdot 150 \cdot 300 = 2286 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωxm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωxm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωxm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 760.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p(\text{acc}) = 2286 \text{ V.}$	\leq	$U_p(\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 3960 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su

reducción o eliminación.

No obstante, para 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 (Dn-p), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$Dn-p \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

CT2

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.
 - 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	1250	13.2	54.67
trafo 2	1250	13.2	54.67

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_s = Tensión compuesta secundaria en V.
 I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	1250	400	1804.27
trafo 2	1250	400	1804.27

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 $U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
 U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc _c (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U _s (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	1250	400	6	30.07
trafo 2	1250	400	6	30.07

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa

vigente, se garantiza que:
 $I_{th} \geq 16 \text{ kA}$ durante 1 s.

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección trafo 2.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

Para el trafo 2, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de 150 Ω m.

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, U = 13200 V.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, U_{bt} = 10000 V.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωxm): 150.
 - ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d, U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t:

$$R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d:

$$I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E:

$$U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, K_r (Ω/Ωxm) = 0.088.
- De la tensión de paso, K_p (V/((Ωxm)A)) = 0.0169.
- De la tensión de contacto exterior, K_c (V/((Ωxm)A)) = 0.0508.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\max} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 13.2 \cdot 300 = 3960 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0169 \cdot 150 \cdot 300 = 760.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U_p (\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0508 \cdot 150 \cdot 300 = 2286 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωxm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωxm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωxm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 760.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p(\text{acc}) = 2286 \text{ V.}$	\leq	$U_p(\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 3960 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su

reducción o eliminación.

No obstante, para 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_{n-p}), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D_{n-p} \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

CT3

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.
 - 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	630	13.2	27.56
trafo 2	630	13.2	27.56

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_s = Tensión compuesta secundaria en V.
 I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	630	400	909.35
trafo 2	630	400	909.35

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 $U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
 U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc _c (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U _s (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	630	400	4	22.73
trafo 2	630	400	4	22.73

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa

vigente, se garantiza que:
 $I_{th} \geq 16 \text{ kA}$ durante 1 s.

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
630	63

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección trafo 2.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
630	63

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 630 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 3 conductores por fase y 2 para el neutro.

Para el trafo 2, cuya potencia es de 630 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 3 conductores por fase y 2 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de 150 Ω m.

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, U = 13200 V.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, U_{bt} = 10000 V.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωxm): 150.
 - ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d, U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t:

$$R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d:

$$I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E:

$$U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, K_r (Ω/Ωxm) = 0.088.
- De la tensión de paso, K_p (V/((Ωxm)A)) = 0.0169.
- De la tensión de contacto exterior, K_c (V/((Ωxm)A)) = 0.0508.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\max} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 13.2 \cdot 300 = 3960 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0169 \cdot 150 \cdot 300 = 760.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U_p (\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0508 \cdot 150 \cdot 300 = 2286 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 760.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p(\text{acc}) = 2286 \text{ V.}$	\leq	$U_p(\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 3960 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su

reducción o eliminación.

No obstante, para 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 (Dn-p), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$Dn-p \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

CT4

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.
 - 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	630	13.2	27.56
trafo 2	400	13.2	17.5

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_s = Tensión compuesta secundaria en V.
 I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	630	400	909.35
trafo 2	400	400	577.37

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 $U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
 U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc _c (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U _s (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	630	400	4	22.73
trafo 2	400	400	4	14.43

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa

vigente, se garantiza que:
 $I_{th} \geq 16 \text{ kA}$ durante 1 s.

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
630	63

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección trafo 2.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
400	40

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 630 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 3 conductores por fase y 2 para el neutro.

Para el trafo 2, cuya potencia es de 400 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 2 conductores por fase y 1 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de 150 Ω m.

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, U = 13200 V.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, U_{bt} = 10000 V.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωxm): 150.
 - ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d, U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t:

$$R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d:

$$I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E:

$$U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, K_r (Ω/Ωxm) = 0.088.
- De la tensión de paso, K_p (V/((Ωxm)A)) = 0.0169.
- De la tensión de contacto exterior, K_c (V/((Ωxm)A)) = 0.0508.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\max} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 13.2 \cdot 300 = 3960 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0169 \cdot 150 \cdot 300 = 760.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'_p (\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0508 \cdot 150 \cdot 300 = 2286 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 760.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p(\text{acc}) = 2286 \text{ V.}$	\leq	$U_p(\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 3960 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su

reducción o eliminación.

No obstante, para 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 (Dn-p), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$Dn-p \geq (\rho \cdot Id) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

CT5.1

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.
 - 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	1250	13.2	54.67
trafo 2	1250	13.2	54.67

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_s = Tensión compuesta secundaria en V.
 I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	1250	400	1804.27
trafo 2	1250	400	1804.27

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 $U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
 U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc _c (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U _s (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	1250	400	6	30.07
trafo 2	1250	400	6	30.07

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa

vigente, se garantiza que:
 $I_{th} \geq 16 \text{ kA}$ durante 1 s.

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección trafo 2.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

Para el trafo 2, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de 150 Ω m.

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, U = 13200 V.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, U_{bt} = 10000 V.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωxm): 150.
 - ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d, U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t:

$$R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d:

$$I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E:

$$U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, K_r (Ω/Ωxm) = 0.088.
- De la tensión de paso, K_p (V/((Ωxm)A)) = 0.0169.
- De la tensión de contacto exterior, K_c (V/((Ωxm)A)) = 0.0508.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\max} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 13.2 \cdot 300 = 3960 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0169 \cdot 150 \cdot 300 = 760.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'_p (\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0508 \cdot 150 \cdot 300 = 2286 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 760.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p(\text{acc}) = 2286 \text{ V.}$	\leq	$U_p(\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 3960 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su

reducción o eliminación.

No obstante, para 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 (Dn-p), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$Dn-p \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

CT5.2

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.
 - 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

U_p = Tensión compuesta primaria en kV.

I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	1250	13.2	54.67
trafo 2	1250	13.2	54.67

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
Us = Tensión compuesta secundaria en V.
Is = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	Us (V)	Is (A)
trafo 1	1250	400	1804.27
trafo 2	1250	400	1804.27

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
U_{cc} (%) = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

S _{cc} (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	Us (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	1250	400	6	30.07
trafo 2	1250	400	6	30.07

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:
Intensidad asignada : 400 A.
Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.
Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen

permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{\text{th}} \geq 16 \text{ kA durante 1 s.}$$

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia	In fusibles
----------	-------------

(kVA)	(A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección trafo 2.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

Para el trafo 2, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador,

y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de $150 \Omega\text{m}$.

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.
 - Duración de la falta.
- Desconexión inicial:
Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm^2 de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37Ω .

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, $U = 13200 \text{ V}$.
- Puesta a tierra del neutro:

- Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, $U_{bt} = 10000 \text{ V}$.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωxm): 150.
 - ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d , U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot \rho (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = I_{d\text{máx}} (\text{A})$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E :

$$U_E = R_t \cdot I_d (\text{V})$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{xm}) = 0.088$.
- De la tensión de paso, $K_p (\text{V}/((\Omega\text{xm})\text{A})) = 0.0169$.
- De la tensión de contacto exterior, $K_c (\text{V}/((\Omega\text{xm})\text{A})) = 0.0508$.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\text{máx}} = 300 \text{ A}.$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 13.2 \cdot 300 = 3960 \text{ V}.$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{xm}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t_{\text{NEUTRO}}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0169 \cdot 150 \cdot 300 = 760.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U_p(\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0508 \cdot 150 \cdot 300 = 2286 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.
t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.
t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.
Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p (\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 760.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p (\text{acc}) = 2286 \text{ V.}$	\leq	$U_p (\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 3960 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

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

No obstante, para 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 (Dn-p), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$Dn-p \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

CT6

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.
 - 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	1250	13.2	54.67
trafo 2	400	13.2	17.5

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_s = Tensión compuesta secundaria en V.
 I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	1250	400	1804.27
trafo 2	400	400	577.37

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 $U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
 U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc _c (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U _s (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	1250	400	6	30.07
trafo 2	400	400	4	14.43

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa

vigente, se garantiza que:
 $I_{th} \geq 16 \text{ kA}$ durante 1 s.

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección trafo 2.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
400	40

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

Para el trafo 2, cuya potencia es de 400 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 2 conductores por fase y 1 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de 150 Ω m.

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, U = 13200 V.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, U_{bt} = 10000 V.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωxm): 150.
 - ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d, U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t:

$$R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d:

$$I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E:

$$U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, K_r (Ω/Ωxm) = 0.088.
- De la tensión de paso, K_p (V/((Ωxm)A)) = 0.0169.
- De la tensión de contacto exterior, K_c (V/((Ωxm)A)) = 0.0508.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\text{máx}} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 13.2 \cdot 300 = 3960 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{xm}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0169 \cdot 150 \cdot 300 = 760.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'_p (\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0508 \cdot 150 \cdot 300 = 2286 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωxm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωxm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωxm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 760.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p(\text{acc}) = 2286 \text{ V.}$	\leq	$U_p(\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 3960 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su

reducción o eliminación.

No obstante, para 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 (Dn-p), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$Dn-p \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

CT7

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.
 - 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	1250	13.2	54.67
trafo 2	630	13.2	27.56

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_s = Tensión compuesta secundaria en V.
 I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	1250	400	1804.27
trafo 2	630	400	909.35

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 $U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
 U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc _c (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U _s (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	1250	400	6	30.07
trafo 2	630	400	4	22.73

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa

vigente, se garantiza que:
 $I_{th} \geq 16 \text{ kA}$ durante 1 s.

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección trafo 2.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
630	63

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

Para el trafo 2, cuya potencia es de 630 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 3 conductores por fase y 2 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de 150 Ω m.

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, U = 13200 V.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, U_{bt} = 10000 V.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωxm): 150.
 - ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d, U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t:

$$R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d:

$$I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E:

$$U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, K_r (Ω/Ωxm) = 0.088.
- De la tensión de paso, K_p (V/((Ωxm)A)) = 0.0169.
- De la tensión de contacto exterior, K_c (V/((Ωxm)A)) = 0.0508.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\max} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 13.2 \cdot 300 = 3960 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0169 \cdot 150 \cdot 300 = 760.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'_p (\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0508 \cdot 150 \cdot 300 = 2286 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωxm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωxm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωxm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 760.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p(\text{acc}) = 2286 \text{ V.}$	\leq	$U_p(\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 3960 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su

reducción o eliminación.

No obstante, para 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 (Dn-p), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$Dn-p \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

CT8

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.
 - 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	630	13.2	27.56

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_s = Tensión compuesta secundaria en V.
 I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	630	400	909.35

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 $U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
 U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc _c (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U _s (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	630	400	4	22.73

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{\text{th}} \geq 16 \text{ kA durante 1 s.}$$

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
630	63

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 630 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 3 conductores por fase y 2 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{(h \cdot \Delta T^3)}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de $150 \Omega\text{m}$.

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x} (A)$: 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm^2 de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37Ω .

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, $U = 13200 \text{ V}$.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, $U_{bt} = 10000 \text{ V}$.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωm): 150.

- ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d , U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot \rho (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = I_{d\text{máx}} (\text{A})$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E :

$$U_E = R_t \cdot I_d (\text{V})$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 50-25/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 5x2.5.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{xm}) = 0.13$.
- De la tensión de paso, $K_p (V/((\Omega\text{xm})\text{A})) = 0.0269$.
- De la tensión de contacto exterior, $K_c (V/((\Omega\text{xm})\text{A})) = 0.0806$.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.13 \cdot 150 = 19.5 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\text{máx}} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 19.5 \cdot 300 = 5850 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{xm}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'p = Kp \cdot \rho \cdot Id = 0.0269 \cdot 150 \cdot 300 = 1210.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'p (\text{acc}) = Kc \cdot \rho \cdot Id = 0.0806 \cdot 150 \cdot 300 = 3627 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$Up = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 6 \cdot \rho_s \cdot Cs) / 1000) \text{ V.}$$

$$Up (\text{acc}) = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 3 \cdot \rho_s \cdot Cs + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$Cs = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot hs + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

Up = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$Up (\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

Uca = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

Rac = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

Cs = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

hs = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p (\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 1210.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p (\text{acc}) = 3627 \text{ V.}$	\leq	$U_p (\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 5850 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

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

No obstante, para 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 (Dn-p), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$Dn-p \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

CT9

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.
 - 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	1250	13.2	54.67
trafo 2	1250	13.2	54.67

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_s = Tensión compuesta secundaria en V.
 I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	1250	400	1804.27
trafo 2	1250	400	1804.27

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 $U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
 U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc _c (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U _s (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	1250	400	6	30.07
trafo 2	1250	400	6	30.07

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa

vigente, se garantiza que:
 $I_{th} \geq 16 \text{ kA}$ durante 1 s.

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección trafo 2.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

Para el trafo 2, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de 150 Ω m.

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, U = 13200 V.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, U_{bt} = 10000 V.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωxm): 150.
 - ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d, U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t:

$$R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d:

$$I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E:

$$U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, K_r (Ω/Ωxm) = 0.088.
- De la tensión de paso, K_p (V/((Ωxm)A)) = 0.0169.
- De la tensión de contacto exterior, K_c (V/((Ωxm)A)) = 0.0508.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\max} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 13.2 \cdot 300 = 3960 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0169 \cdot 150 \cdot 300 = 760.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U_p(\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0508 \cdot 150 \cdot 300 = 2286 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 760.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p(\text{acc}) = 2286 \text{ V.}$	\leq	$U_p(\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 3960 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su

reducción o eliminación.

No obstante, para 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_{n-p}), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D_{n-p} \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

CT10

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.
 - 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	1250	13.2	54.67
trafo 2	1250	13.2	54.67

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_s = Tensión compuesta secundaria en V.
 I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	1250	400	1804.27
trafo 2	1250	400	1804.27

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 $U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
 U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc _c (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U _s (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	1250	400	6	30.07
trafo 2	1250	400	6	30.07

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa

vigente, se garantiza que:
 $I_{th} \geq 16 \text{ kA}$ durante 1 s.

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección trafo 2.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

Para el trafo 2, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de 150 Ω m.

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, U = 13200 V.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, U_{bt} = 10000 V.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωxm): 150.
 - ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d, U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t:

$$R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d:

$$I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E:

$$U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, K_r (Ω/Ωxm) = 0.088.
- De la tensión de paso, K_p (V/((Ωxm)A)) = 0.0169.
- De la tensión de contacto exterior, K_c (V/((Ωxm)A)) = 0.0508.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\max} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 13.2 \cdot 300 = 3960 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0169 \cdot 150 \cdot 300 = 760.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'_p (\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0508 \cdot 150 \cdot 300 = 2286 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωxm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωxm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωxm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 760.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p(\text{acc}) = 2286 \text{ V.}$	\leq	$U_p(\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 3960 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su

reducción o eliminación.

No obstante, para 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_{n-p}), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D_{n-p} \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

CT11

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.
 - 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	1250	13.2	54.67
trafo 2	1250	13.2	54.67

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_s = Tensión compuesta secundaria en V.
 I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	1250	400	1804.27
trafo 2	1250	400	1804.27

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 $U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
 U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc _c (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U _s (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	1250	400	6	30.07
trafo 2	1250	400	6	30.07

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa

vigente, se garantiza que:
 $I_{th} \geq 16 \text{ kA}$ durante 1 s.

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección trafo 2.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

Para el trafo 2, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de 150 Ω m.

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, U = 13200 V.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, U_{bt} = 10000 V.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωxm): 150.
 - ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d, U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t:

$$R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d:

$$I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E:

$$U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, K_r (Ω/Ωxm) = 0.088.
- De la tensión de paso, K_p (V/((Ωxm)A)) = 0.0169.
- De la tensión de contacto exterior, K_c (V/((Ωxm)A)) = 0.0508.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\max} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 13.2 \cdot 300 = 3960 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{xm}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0169 \cdot 150 \cdot 300 = 760.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'_p (\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0508 \cdot 150 \cdot 300 = 2286 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 760.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p(\text{acc}) = 2286 \text{ V.}$	\leq	$U_p(\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 3960 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su

reducción o eliminación.

No obstante, para 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 (Dn-p), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$Dn-p \geq (\rho \cdot Id) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

CT12

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.
 - 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	1250	13.2	54.67

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_s = Tensión compuesta secundaria en V.
 I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	1250	400	1804.27

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 $U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
 U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc _c (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U _s (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	1250	400	6	30.07

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{\text{th}} \geq 16 \text{ kA durante 1 s.}$$

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{(h \cdot \Delta T^3)}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de $150 \Omega\text{m}$.

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x} (A)$: 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm^2 de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37Ω .

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, $U = 13200 \text{ V}$.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, $U_{bt} = 10000 \text{ V}$.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωm): 150.

- ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d , U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot \rho (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = I_{d\text{máx}} (\text{A})$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E :

$$U_E = R_t \cdot I_d (\text{V})$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 50-25/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 5x2.5.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{xm}) = 0.13$.
- De la tensión de paso, $K_p (V/((\Omega\text{xm})\text{A})) = 0.0269$.
- De la tensión de contacto exterior, $K_c (V/((\Omega\text{xm})\text{A})) = 0.0806$.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.13 \cdot 150 = 19.5 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\text{máx}} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 19.5 \cdot 300 = 5850 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{xm}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'p = Kp \cdot \rho \cdot Id = 0.0269 \cdot 150 \cdot 300 = 1210.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'p (\text{acc}) = Kc \cdot \rho \cdot Id = 0.0806 \cdot 150 \cdot 300 = 3627 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$Up = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 6 \cdot \rho_s \cdot Cs) / 1000) \text{ V.}$$

$$Up (\text{acc}) = 10 \cdot Uca \cdot (1 + (2 \cdot Rac + 3 \cdot \rho_s \cdot Cs + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$Cs = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot hs + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

Up = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

Up (acc) = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

Uca = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

Rac = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

Cs = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

hs = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 1210.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p(\text{acc}) = 3627 \text{ V.}$	\leq	$U_p(\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 5850 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

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

No obstante, para 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 (Dn-p), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$Dn-p \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm^2 , aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

CT13

ÍNDICE

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.
2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.
3. CORTOCIRCUITOS.
 - 3.1. Observaciones.
 - 3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.
 - 3.3. Cortocircuito en el lado de alta tensión.
 - 3.4. Cortocircuito en el lado de baja tensión.
4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.
 - 4.1. Comprobación por densidad de corriente.
 - 4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.
 - 4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.
5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.
6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.
7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.
8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.
 - 8.1. Investigación de las características del suelo.
 - 8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.
 - 8.3. Diseño de la instalación de tierra.
 - 8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
 - 8.5. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.
 - 8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.
 - 8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.
 - 8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.
 - 8.9. Corrección del diseño inicial.

Se seguirá el índice general establecido:

1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario I_p viene dada por la expresión:

$$I_p = S / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_p = Intensidad primaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
trafo 1	1250	13.2	54.67
trafo 2	400	13.2	17.5

2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

En un transformador trifásico la intensidad del circuito secundario I_s viene dada por la expresión:

$$I_s = (S \cdot 1000) / (1,732 \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 U_s = Tensión compuesta secundaria en V.
 I_s = Intensidad secundaria en A.

Sustituyendo valores:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
trafo 1	1250	400	1804.27
trafo 2	400	400	577.37

3. CORTOCIRCUITOS.

3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Cía suministradora.

3.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

$$I_{ccp} = S_{cc} / (1,732 \cdot U_p) ; \text{ siendo:}$$

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.
 U_p = Tensión compuesta primaria en kV.
 I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

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

$$I_{ccs} = (100 \cdot S) / (1,732 \cdot U_{cc} (\%) \cdot U_s) ; \text{ siendo:}$$

S = Potencia del transformador en kVA.
 $U_{cc} (\%)$ = Tensión de cortocircuito en % del transformador.
 U_s = Tensión compuesta en carga en el secundario en V.
 I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Sc _c (MVA)	U _p (kV)	I _{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando las expresiones del apartado 3.2.

Transformador	Potencia (kVA)	U _s (V)	U _{cc} (%)	I _{ccs} (kA)
trafo 1	1250	400	6	30.07
trafo 2	400	400	4	14.43

4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

Intensidad asignada : 400 A.

Límite térmico, 1 s. : 16 kA eficaces.

Límite electrodinámico : 40 kA cresta.

Por lo tanto dicho embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada de 400 A.

4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{máx}} \geq (I_{\text{ccp}}^2 \cdot L^2) / (60 \cdot d \cdot W), \text{ siendo:}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores. Para cobre semiduro 2800 Kg / cm².

I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito trifásico, en kA.

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores, en cm³.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

4.3. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito.

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{\text{th}} = \alpha \cdot S \cdot \sqrt{(\Delta T / t)}, \text{ siendo:}$$

I_{th} = Intensidad eficaz, en A.

α = 13 para el Cu.

S = Sección del embarrado, en mm².

ΔT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para Cu.

t = Tiempo de duración del cortocircuito, en s.

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por Orma-SF6 conforme a la normativa

vigente, se garantiza que:
 $I_{th} \geq 16 \text{ kA}$ durante 1 s.

5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

Protección trafo 1.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
1250	125

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección trafo 2.

La protección del transformador en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles combinados, siendo éstos los que efectúan la protección ante cortocircuitos. Estos fusibles son limitadores de corriente, produciéndose su fusión antes de que la corriente de cortocircuito haya alcanzado su valor máximo.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío.
- Soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia:

Potencia (kVA)	In fusibles (A)
400	40

Para la protección contra sobrecargas se instalará un relé electrónico con captadores de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor.

Protección en Baja Tensión.

En el circuito de baja tensión de cada transformador según RU6302 se instalará un Cuadro de Distribución de 4 salidas con posibilidad de extensionamiento. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.4.

La descarga del trafo al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1kV 240 mm² Al unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 390 A.

Para el trafo 1, cuya potencia es de 1250 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 5 conductores por fase y 3 para el neutro.

Para el trafo 2, cuya potencia es de 400 kVA y cuya intensidad en Baja Tensión se ha calculado en el apartado 2, se emplearán 2 conductores por fase y 1 para el neutro.

6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para el cálculo de la superficie mínima de las rejillas de entrada de aire en el edificio del centro de transformación, se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = (W_{cu} + W_{fe}) / (0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}), \text{ siendo:}$$

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

k = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, en m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m².

No obstante, puesto que se utilizan edificios prefabricados de Orma-mn éstos han sufrido ensayos de homologación en cuanto al dimensionado de la ventilación del centro de transformación.

7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador, y así es dimensionado por el fabricante al tratarse de un edificio prefabricado.

8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

8.1. 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 de 150 Ωm .

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

En instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

Tipo de neutro.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o a través de impedancia (resistencia o reactancia), lo cual producirá una limitación de las corrientes de falta a tierra.

Tipo de protecciones en el origen de la línea.

Cuando se produce un defecto, éste es eliminado mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un relé de intensidad, el cual puede actuar en un tiempo fijo (relé a tiempo independiente), o según una curva de tipo inverso (relé a tiempo dependiente).

Asimismo pueden existir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a 0,5 s.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, se tiene:

- Intensidad máxima de defecto a tierra (Inicial), $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 300.

- Duración de la falta.

Desconexión inicial:

Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.7.

8.3. Diseño de la instalación de tierra.

Para los cálculos a realizar se emplearán los procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

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

TIERRA DE SERVICIO.

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

Para la puesta a tierra de servicio se utilizarán picas en hilera de diámetro 14 mm. y longitud 2 m., unidas mediante conductor desnudo de Cu de 50 mm² de sección. El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, U = 13200 V.
- Puesta a tierra del neutro:
 - Desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, U_{bt} = 10000 V.
- Características del terreno:
 - ρ terreno (Ωxm): 150.
 - ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d, U_E), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t:

$$R_t = K_r \cdot \rho \ (\Omega)$$

- Intensidad de defecto, I_d:

$$I_d = I_{d\text{máx}} \ (A)$$

- Aumento del potencial de tierra, U_E:

$$U_E = R_t \cdot I_d \ (V)$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/5/00.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 0.
- Longitud de las picas (m): 0.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, K_r (Ω/Ωxm) = 0.088.
- De la tensión de paso, K_p (V/((Ωxm)A)) = 0.0169.
- De la tensión de contacto exterior, K_c (V/((Ωxm)A)) = 0.0508.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega.$$

$$I_d = I_{d\max} = 300 \text{ A.}$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 13.2 \cdot 300 = 3960 \text{ V.}$$

TIERRA DE SERVICIO.

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/32.
- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 3.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{t\text{NEUTRO}} = K_r \cdot \rho = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega.$$

8.5. 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 rejillas 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.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0.0169 \cdot 150 \cdot 300 = 760.5 \text{ V.}$$

8.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro.

Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior.

$$U'_p (\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0.0508 \cdot 150 \cdot 300 = 2286 \text{ V.}$$

8.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las siguientes expresiones:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)].$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)].$$

$$t = t' + t'' \text{ s.}$$

Siendo:

U_p = Tensión de paso admisible en el exterior, en voltios.

$U_p(\text{acc})$ = Tensión en el acceso admisible, en voltios.

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible según ITC-RAT 13 (Tabla 1), en voltios.

R_{ac} = Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento de la torre, etc, en Ω .

C_s = Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo.

C_H = Coeficiente reductor de la resistencia del hormigón.

h_s = Espesor de la capa superficial del terreno, en m.

h_H = Espesor de la capa de hormigón, en m.

ρ = Resistividad natural del terreno, en Ωm .

ρ_s = Resistividad superficial del suelo, en Ωm .

ρ_H = Resistividad del hormigón, 3000 Ωm .

t = Tiempo de duración de la falta, en segundos.

t' = Tiempo de desconexión inicial, en segundos.

t'' = Tiempo de la segunda desconexión, en segundos.

Según el punto 8.2. el tiempo de duración de la falta es:

$$t' = 0.7 \text{ s.}$$

$$t = t' = 0.7 \text{ s.}$$

Sustituyendo valores:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 6 \cdot \rho_s \cdot C_s) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150 \cdot 1) / 1000) = 9746.8 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acc}) = 10 \cdot U_{ca} \cdot (1 + (2 \cdot R_{ac} + 3 \cdot \rho_s \cdot C_s + 3 \cdot \rho_H \cdot C_H) / 1000) = 10 \cdot 165.2 \cdot (1 + (2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000 \cdot 0.67) / 1000) = 18978.56 \text{ V.}$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_s) / (2 \cdot h_s + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 150) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 1$$

$$C_H = 1 - 0,106 \cdot [(1 - \rho / \rho_H) / (2 \cdot h_H + 0,106)] = 1 - 0,106 \cdot [(1 - 150 / 3000) / (2 \cdot 0.1 + 0,106)] = 0.67$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U_p = 760.5 \text{ V.}$	\leq	$U_p = 9746.8 \text{ V.}$
Tensión de paso en el acceso	$U_p(\text{acc}) = 2286 \text{ V.}$	\leq	$U_p(\text{acc}) = 18978.56 \text{ V.}$

Tensión e intensidad de defecto.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Aumento del potencial de tierra	$U_E = 3960 \text{ V.}$	\leq	$U_{bt} = 10000 \text{ V.}$
Intensidad de defecto	$I_d = 300 \text{ A.}$	$>$	

8.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su

reducción o eliminación.

No obstante, para 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 (Dn-p), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$Dn-p \geq (\rho \cdot I_d) / (2000 \cdot \pi) = (150 \cdot 300) / (2000 \cdot \pi) = 7.16 \text{ m.}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm .

I_d = Intensidad de defecto en A.

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de 7 como mínimo.

8.9. Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en las tablas del punto 8.7.

2.3.- PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones Generales

1. OBJETO.
2. CAMPO DE APLICACIÓN.
3. DISPOSICIONES GENERALES.
 - 3.1. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES.
 - 3.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO.
 - 3.3. SEGURIDAD PÚBLICA.
4. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.
 - 4.1. DATOS DE LA OBRA.
 - 4.2. REPLANTEO DE LA OBRA.
 - 4.3. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO.
 - 4.4. RECEPCIÓN DEL MATERIAL.
 - 4.5. ORGANIZACIÓN.
 - 4.6. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.
 - 4.7. SUBCONTRATACIÓN DE OBRAS.
 - 4.8. PLAZO DE EJECUCIÓN.
 - 4.9. RECEPCIÓN PROVISIONAL.
 - 4.10. PERIODOS DE GARANTÍA.
 - 4.11. RECEPCIÓN DEFINITIVA.
 - 4.12. PAGO DE OBRAS.
 - 4.13. ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS.
5. DISPOSICIÓN FINAL.

Condiciones para la Obra Civil y Montaje de líneas eléctricas de Alta Tensión con conductores aislados

1. PREPARACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA OBRA.
2. ZANJAS.
 - 2.1. ZANJAS EN TIERRA.

- 2.2. ZANJAS EN ROCA.
- 2.3. ZANJAS ANORMALES Y ESPECIALES.
- 2.4. ROTURA DE PAVIMENTOS.
- 2.5. REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS.
- 3. GALERÍAS.
 - 3.1. GALERÍAS VISITABLES.
 - 3.2. GALERÍAS O ZANJAS REGISTRABLES.
- 4. ATARJEAS O CANALES REVISABLES.
- 5. BANDEJAS, SOPORTES, PALOMILLAS O SUJECIONES DIRECTAS A LA PARED.
- 6. CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS.
 - 6.1. MATERIALES.
 - 6.2. DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE EJECUCIÓN.
 - 6.3. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE EJECUCIÓN DE CRUZAMIENTO Y PARALELISMO CON DETERMINADO TIPO DE INSTALACIONES.
- 7. TENDIDO DE CABLES.
 - 7.1. TENDIDO DE CABLES EN ZANJA ABIERTA.
 - 7.2. TENDIDO DE CABLES EN GALERÍA O TUBULARES.
- 8. MONTAJES.
 - 8.1. EMPALMES.
 - 8.2. BOTELLAS TERMINALES.
 - 8.3. AUTOVÁLVULAS Y SECCIONADOR.
 - 8.4. HERRAJES Y CONEXIÓN.
 - 8.5. COLOCACIÓN DE SOPORTES Y PALOMILLAS.
- 9. CONVERSIONES AÉREO-SUBTERRÁNEAS.
- 10. TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES.
- 11. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.
- 12. ENSAYOS ELÉCTRICOS DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN.

PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones Generales.

1. OBJETO.

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto.

2. CAMPO DE APLICACIÓN.

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes subterráneas de alta tensión.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

3. DISPOSICIONES GENERALES.

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda.

3.1. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES.

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- a) Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- b) Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- c) Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- d) Decreto de 12 de marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el suministro de energía.
- e) Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- f) Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

3.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado "f" del párrafo 3.1. de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc. pudiendo el director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

3.3. SEGURIDAD PÚBLICA.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

4. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

4.1. DATOS DE LA OBRA.

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los

trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del director de Obra.

4.2. REPLANTEO DE LA OBRA.

El director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

4.3. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO.

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

4.4. RECEPCIÓN DEL MATERIAL.

El director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

4.5. ORGANIZACIÓN.

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le dé éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

4.6. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el director de Obra a tenor de lo dispuesto en el último párrafo del apartado 4.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 4.3.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del director de Obra.

4.7. SUBCONTRATACIÓN DE LAS OBRAS.

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

a) Que se dé conocimiento por escrito al director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.

b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no excedan del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

4.8. PLAZO DE EJECUCIÓN.

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante, lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

4.9. RECEPCIÓN PROVISIONAL.

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

4.10. PERIODOS DE GARANTÍA.

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

4.11. RECEPCIÓN DEFINITIVA.

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

4.12. PAGO DE OBRAS.

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al director de Obra oportunamente para su medición.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

4.13. ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS.

Cuando a juicio del director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

5. DISPOSICIÓN FINAL.

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

Condiciones para la Obra Civil y Montaje de las líneas eléctricas de Alta Tensión con conductores aislados

1. PREPARACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA OBRA.

Para la buena marcha de la ejecución de un proyecto de línea eléctrica de alta tensión, conviene hacer un análisis de los distintos pasos que hay que seguir y de la forma de realizarlos.

Inicialmente y antes de comenzar su ejecución, se harán las siguientes comprobaciones y reconocimientos:

- Comprobar que se dispone de todos los permisos, tanto oficiales como particulares, para la ejecución del mismo (Licencia Municipal de apertura y cierre de zanjas, Condicionados de Organismos, etc.).
- Hacer un reconocimiento, sobre el terreno, del trazado de la canalización, fijándose en la existencia de bocas de riego, servicios telefónicos, de agua, alumbrado público, etc. que normalmente se puedan apreciar por registros en vía pública.
- Una vez realizado dicho reconocimiento se establecerá contacto con los Servicios Técnicos de las Compañías Distribuidoras afectadas (Agua, Gas, Teléfonos, Energía Eléctrica, etc.), para que señalen sobre el plano de planta del proyecto, las instalaciones más próximas que puedan resultar afectadas.
- Es también interesante, de una manera aproximada, fijar las acometidas a las viviendas existentes de agua y de gas, con el fin de evitar, en lo posible, el deterioro de las mismas al hacer las zanjas.
- El Contratista, antes de empezar los trabajos de apertura de zanjas hará un estudio de la canalización, de acuerdo con las normas municipales, así como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos, etc.

Todos los elementos de protección y señalización los tendrá que tener dispuestos el contratista de la obra antes de dar comienzo a la misma.

2. ZANJAS.

2.1. ZANJAS EN TIERRA.

2.1.1. Ejecución.

Su ejecución comprende:

- a) Apertura de las zanjas.
- b) Suministro y colocación de protección de arena (cables directamente enterrados).
- c) Suministro y colocación de protección de rasillas y ladrillo (cables directamente enterrados).

- d) Suministro y colocación de tubos (cables en canalización entubada).
- e) Colocación de la cinta de "atención al cable".
- f) Tapado y apisonado de las zanjas.
- g) Carga y transporte de las tierras sobrantes.
- h) Utilización de los dispositivos de balizamiento apropiados.

a) Apertura de las zanjas.

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público en suelo urbano o en curso de urbanización que tenga las cotas de nivel previstas en el proyecto de urbanización (alineaciones y rasantes), preferentemente bajo las aceras y se evitarán los ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, a poder ser paralelo en toda su longitud a las fachadas de los edificios principales o, en su defecto, a los bordillos.

Antes de proceder al comienzo de los trabajos, se marcarán, en el pavimento de las aceras, las zonas donde se abrirán las zanjas marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejarán puentes para la contención del terreno.

Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas se indicarán sus situaciones, con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto. La apertura de calas de reconocimiento se podrá sustituir por el empleo de equipos de detección, como el georadar, que permitan contrastar los planos aportados por las compañías de servicio y al mismo tiempo prevenir situaciones de riesgo.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar, de forma que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable.

Las zanjas se ejecutarán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso (siempre conforme a la normativa de riesgos laborales).

Se dejará un paso de 50 cm entre las tierras extraídas y la zanja, todo a lo largo de la misma, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierra registros de gas, teléfonos, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.

En los pasos de carruajes, entradas de garajes, etc., tanto existentes como futuros, los cruces serán ejecutados con tubos, de acuerdo con las recomendaciones del apartado correspondiente y previa autorización del Supervisor de Obra.

b) Suministro y colocación de protección de arena (cables directamente enterrados).

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta, áspera, crujiente al tacto; exenta de substancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual, si fuese necesario, se tamizará o lavará convenientemente.

Se utilizará indistintamente de cantera o de río, siempre que reúna las condiciones

señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de dos o tres milímetros como máximo.

Cuando se emplee la procedente de la zanja, además de necesitar la aprobación del Supervisor de la Obra, será necesario su cribado.

En el lecho de la zanja irá una capa de 10 cm. de espesor de arena, sobre la que se situará el cable. Por encima del cable irá otra capa de 15 cm. de arena. Ambas capas de arena ocuparán la anchura total de la zanja.

c) Suministro y colocación de protección de rasilla y ladrillo (cables directamente enterrados).

Encima de la segunda capa de arena se colocará una capa protectora de rasilla o ladrillo, siendo su anchura de un pie (25 cm.) cuando se trate de proteger un solo cable o terna de cables en mazos. La anchura se incrementará en medio pie (12,5 cm.) por cada cable o terna de cables en mazos que se añada en la misma capa horizontal.

Los ladrillos o rasillas serán cerámicos, duros y fabricados con buenas arcillas. Su cocción será perfecta, tendrá sonido campanil y su fractura será uniforme, sin caliches ni cuerpos extraños. Tanto los ladrillos huecos como las rasillas estarán fabricados con barro fino y presentará caras planas con estrías. En cualquier caso, la protección mecánica soportará un impacto puntual de una energía de 20 J y cubrirá la proyección en planta de los cables.

Cuando se tiendan dos o más cables tripolares de M.T. o una o varias ternas de cables unipolares, entonces se colocará, a todo lo largo de la zanja, un ladrillo en posición de canto para separar los cables cuando no se pueda conseguir una separación de 25 cm. entre ellos.

d) Suministro y colocación de tubos (cables en canalización entubada).

Las canalizaciones estarán construidas por tubos de material sintético, de cemento y derivados, o metálicos, hormigonadas en la zanja o no, con tal que presenten suficiente resistencia mecánica.

El diámetro interior de los tubos no será inferior a vez y media el diámetro exterior del cable o del diámetro aparente del circuito en el caso de varios cables instalados en el mismo tubo. El interior de los tubos será liso para facilitar la instalación o sustitución del cable o circuito averiado.

Antes del tendido se eliminará de su interior la suciedad o tierra garantizándose el paso de los cables mediante mandrilado acorde a la sección interior del tubo o sistema equivalente. Durante el tendido se deberán embocar correctamente para evitar la entrada de tierra o de hormigón.

A la entrada de las arquetas, las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas en sus extremos.

e) Colocación de la cinta de "Atención al cable".

En las canalizaciones de cables de media tensión se colocará una cinta de cloruro de polivinilo, que denominaremos "Atención a la existencia del cable", tipo UNESA. Se colocará a lo largo de la canalización una tira por cada cable de media tensión tripolar o terna de unipolares en mazos y en la vertical del mismo a una distancia mínima a la parte superior del cable de 30 cm. La distancia mínima de la cinta a la parte inferior del pavimento será de 10 cm.

f) Tapado y apisonado de las zanjas.

Una vez colocadas las protecciones del cable, señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de la excavación (previa eliminación de piedras gruesas, cortantes o escombros que puedan llevar), apisonada, debiendo realizarse los 20 primeros cm. de forma

manual, y para el resto es conveniente apisonar mecánicamente.

El tapado de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de diez centímetros de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas, si fuese necesario, con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno. La cinta de "Atención a la existencia del cable", se colocará entre dos de estas capas, tal como se ha indicado en d). El contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiencia de esta operación y por lo tanto serán de su cuenta posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

g) Carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes.

Las tierras sobrantes de la zanja, debido al volumen introducido en cables, arenas, rasillas, así como el esponje normal del terreno serán retiradas por el contratista y llevadas a vertedero.

El lugar de trabajo quedará libre de dichas tierras y completamente limpio.

h) Utilización de los dispositivos de balizamiento apropiados.

Durante la ejecución de las obras, éstas estarán debidamente señalizadas de acuerdo con los condicionamientos de los Organismos afectados y Ordenanzas Municipales.

2.1.2. Dimensiones y Condiciones Generales de Ejecución.

2.1.2.1. Zanja normal para media tensión.

Se considera como zanja normal para cables de media tensión la que tiene 0,60 m. de anchura media y profundidad 1,10 m., tanto en aceras como en calzada. Esta profundidad podrá aumentarse por criterio exclusivo del Supervisor de Obras.

2.1.2.2. Zanja para media tensión en terreno con servicios.

Cuando al abrir calas de reconocimiento o zanjas para el tendido de nuevos cables aparezcan otros servicios se cumplirán los siguientes requisitos.

a) Se avisará a la empresa propietaria de los mismos. El encargado de la obra tomará las medidas necesarias, en el caso de que estos servicios queden al aire, para sujetarlos con seguridad de forma que no sufran ningún deterioro. Y en el caso en que haya que correrlos, para poder ejecutar los trabajos, se hará siempre de acuerdo con la empresa propietaria de las canalizaciones. Nunca se deben dejar los cables suspendidos, por necesidad de la canalización, de forma que estén en tracción, con el fin de evitar que las piezas de conexión, tanto en empalmes como en derivaciones, puedan sufrir.

b) Se establecerán los nuevos cables de forma que no se entrecrucen con los servicios establecidos, guardando, a ser posible, paralelismo con ellos.

c) Cuando en la proximidad de una canalización existan soportes de líneas aéreas de transporte público, telecomunicación, alumbrado público, etc., el cable se colocará a una distancia mínima de 50 cm. de los bordes extremos de los soportes o de las fundaciones. Esta distancia pasará a 150 cm. cuando el soporte esté sometido a un esfuerzo de vuelco permanente hacia la zanja. En el caso en que esta precaución no se pueda tomar, se utilizará una protección mecánica resistente a lo largo de la fundación del soporte, prolongada una longitud de 50 cm. a un lado y a otro de los bordes extremos de aquella con la aprobación del Supervisor de la Obra.

2.1.2.3. Zanja con más de una banda horizontal.

Cuando en una misma zanja se coloquen cables de baja tensión y media tensión directamente enterrados, cada uno de ellos deberá situarse a la profundidad que le corresponda y llevará su correspondiente protección de arena y rasilla.

Se procurará que los cables de media tensión vayan colocados en el lado de la zanja más alejada de las viviendas y los de baja tensión en el lado de la zanja más próximo a las mismas.

De este modo se logrará prácticamente una independencia casi total entre ambas canalizaciones.

La distancia que se recomienda guardar en la proyección vertical entre ejes de ambas bandas debe ser de 25 cm.

Los cruces en este caso, cuando los haya, se realizarán de acuerdo con lo indicado en los planos del proyecto.

2.2. ZANJAS EN ROCA.

Se tendrá en cuenta todo lo dicho en el apartado de zanjas en tierra. La profundidad mínima será de 2/3 de los indicados anteriormente en cada caso. En estos casos se atenderá a las indicaciones del Supervisor de Obra sobre la necesidad de colocar o no protección adicional.

2.3. ZANJAS ANORMALES Y ESPECIALES.

Si los cables van directamente enterrados, la separación mínima entre ejes de cables multipolares o mazos de cables unipolares, componentes del mismo circuito, deberá ser de 0,20 m. separados por un ladrillo o de 0,25 m. entre caras sin ladrillo y la separación entre los ejes de los cables extremos y la pared de la zanja de 0,10 m.; por tanto, la anchura de la zanja se hará con arreglo a estas distancias mínimas y de acuerdo con lo ya indicado cuando, además, haya que colocar tubos.

También en algunos casos se pueden presentar dificultades anormales (galerías, pozos, cloacas, etc.). Entonces los trabajos se realizarán con precauciones y normas pertinentes al caso y las generales dadas para zanjas de tierra.

2.4. ROTURA DE PAVIMENTOS.

Además de las disposiciones dadas por la Entidad propietaria de los pavimentos, para la rotura, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

a) La rotura del pavimento con maza (Almádena) está rigurosamente prohibida, debiendo hacer el corte del mismo de una manera limpia, con lajadera.

b) En el caso en que el pavimento esté formado por losas, adoquines, bordillos de granito u otros materiales, de posible posterior utilización, se quitarán éstos con la precaución debida para no ser dañados, colocándose luego de forma que no sufran deterioro y en el lugar que molesten menos a la circulación.

2.5. REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS.

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos.

Deberá lograrse una homogeneidad, de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción con piezas nuevas si está compuesto por losas, losetas, etc. En general serán utilizados materiales nuevos salvo las losas de piedra, bordillo de granito y otros similares.

3. GALERÍAS.

Pueden utilizarse dos tipos de galería, la galería visitable, de dimensiones interiores

suficientes para la circulación de personal, y la galería o zanja registrable, en la que no está prevista la circulación de personal y las tapas de registro precisan medios mecánicos para su manipulación.

Las galerías serán de hormigón armado o de otros materiales de rigidez, estanqueidad y duración equivalentes. Se dimensionarán para soportar la carga de tierras y pavimentos situados por encima y las cargas de tráfico que corresponda.

Las paredes han de permitir una sujeción segura de las estructuras soportes de los cables, así como permitir en caso necesario la fijación de los medios de tendido del cable.

3.1. GALERÍAS VISITABLES.

- Limitación de servicios existentes.

Las galerías visitables se usarán preferentemente sólo para instalaciones eléctricas de potencia y cables de control y comunicaciones. En ningún caso podrán coexistir en la misma galería instalaciones eléctricas e instalaciones de gas o líquidos inflamables.

En caso de existir, las canalizaciones de agua se situarán preferentemente en un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable que la galería tenga un desagüe situado por encima de la cota de alcantarillado o de la canalización de saneamiento que evacua.

- Condiciones generales.

Las galerías visitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,90 m de anchura mínima y 2 m de altura mínima, debiéndose justificar las excepciones puntuales.

Los accesos a la galería deben quedar cerrados de forma que se impida la entrada de personas ajenas al servicio, pero que permita la salida al personal que esté en su interior. Para evitar la existencia de tramos de galería con una sola salida, deben disponerse accesos en las zonas extremas de las galerías.

La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueva, a fin de evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad y contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40 °C. Cuando la temperatura ambiente no permita cumplir este requisito, la temperatura en el interior de la galería no será superior a 50 °C, lo cual se tendrá en cuenta para determinar la intensidad máxima admisible en servicio permanente del cable.

Los suelos de las galerías deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos.

- Galerías de longitud superior a 400 m.

Dispondrán de iluminación fija, de instalaciones fijas de detección de gas (con sensibilidad mínima de 300 ppm), de accesos de personal cada 400 m como máximo, alumbrado de señalización interior para informar de las salidas y referencias exteriores, tabiques de sectorización contra incendios (RF120) con puertas cortafuegos (RF90) cada 1.000 m como máximo y las medidas oportunas para la prevención contra incendios.

- Disposición e identificación de los cables.

Es aconsejable disponer los cables de distintos servicios y de distintos propietarios sobre soportes diferentes y mantener entre ellos unas distancias que permitan su correcta instalación y mantenimiento. Dentro de un mismo servicio debe procurarse agruparlos por tensiones (por ejemplo, todos los cables de A.T. en uno de los laterales, reservando el otro para B.T., control, señalización, etc.).

Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto y procurando conservar su posición relativa con los demás. Todos los cables deberán estar debidamente señalizados e identificados, de forma que se indique la empresa a quien pertenecen, la designación del circuito, la tensión y la sección de los cables.

- Sujeción de los cables.

Los cables deberán estar fijados a las paredes o a estructuras de la galería mediante elementos de sujeción (regletas, ménsulas, bandejas, bridas, etc.) para evitar que los esfuerzos térmicos, electrodinámicos debidos a las distintas condiciones que puedan presentarse durante la explotación de las redes de A.T. puedan moverlos o deformarlos.

- Equipotencialidad de masas metálicas accesibles.

Todos los elementos metálicos para sujeción de los cables (bandejas, soportes, bridas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles al personal que circula por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente a la red de tierra de la galería.

- Aislamiento de pantalla y armadura de un cable respecto a su soporte metálico.

El proyectista debe calcular el valor máximo de la tensión a que puede quedar sometida la pantalla y armadura de un cable dentro de la galería respecto a su red de tierras en las condiciones más desfavorables previsibles. Si dimensionará el aislamiento entre la pantalla y la armadura del cable respecto al elemento metálico de soporte para evitar una perforación que establezca un camino conductor, ya que esto podría dar origen a un defecto local en el cable.

- Previsión de defectos conducidos por la tierra de la galería.

En el caso que aparezca un defecto iniciado en un cable dentro de la galería, si el proyectista no prevé medidas especiales, considerará que las tierras de la galería deben poder evacuar las corrientes de defecto de dicho cable (defecto fase-tierra). Por consiguiente, dichas corrientes no deberán superar la máxima corriente de defecto para la cual se ha dimensionado la red de tierras de la galería.

- Previsión de defectos en cables no evacuados a la tierra de la galería.

El proyectista puede prever la instalación de cables cuya corriente de defecto fase-tierra supere la máxima corriente de defecto para la cual se ha dimensionado la red de tierra de la galería. En ese caso, las pantallas y armaduras de tales cables deberán estar aisladas, protegidas y separadas respecto a los elementos metálicos de soporte, de forma que se asegure razonablemente la imposibilidad de que esos defectos puedan drenar a la red de tierra de la galería, incluso en el caso de defecto en un punto del cable cercano a un elemento de sujeción.

3.2. GALERÍAS O ZANJAS REGISTRABLES.

En tales galerías se admite la instalación de cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación. No se admite la existencia de canalizaciones de gas. Sólo se admite la existencia de canalizaciones de agua si se puede asegurar que en caso de fuga no afecte a los demás servicios.

Las condiciones de seguridad más destacables que deben cumplir este tipo de instalación son:

- Estanqueidad de los cierres.
- Buena renovación de aire en el cuerpo ocupado por los cables eléctricos, para evitar acumulaciones de gas y condensación de humedades, y mejorar la disipación de calor.

4. ATARJEAS O CANALES REVISABLES.

En ciertas ubicaciones con acceso restringido al personal autorizado, como puede ser en el interior de industrias o de recintos destinados exclusivamente a contener instalaciones eléctricas, podrán utilizarse canales de obra con tapas prefabricadas de hormigón o de cualquier otro material sintético de elevada resistencia mecánica (que normalmente enrasan con el nivel del suelo) manipulables a mano.

Es aconsejable separar los cables de distintas tensiones (aprovechando el fondo y las dos paredes). Incluso, puede ser preferible destinar canales distintos. El canal debe permitir la renovación del aire.

5. BANDEJAS, SOPORTES, PALOMILLAS O SUJECIONES DIRECTAS A LA PARED.

Normalmente, este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas de alta tensión (de interior o exterior) en las que el acceso quede restringido al personal autorizado. Cuando las zonas por las que discurre el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

En instalaciones frecuentadas por personal no autorizado se podrá utilizar como sistema de instalación bandejas, tubos o canales protectoras, cuya tapa sólo se pueda retirar con la ayuda de un útil. Las bandejas se dispondrán adosadas a la pared o en montaje aéreo, siempre a una altura mayor de 4 m para garantizar su inaccesibilidad. Para montajes situados a una altura inferior a 4 m se utilizarán tubos o canales protectoras, cuya tapa sólo se pueda retirar con la ayuda de un útil.

En el caso de instalaciones a la intemperie, los cables serán adecuados a las condiciones ambientales a las que estén sometidos (acción solar, frío, lluvia, etc.), y las protecciones mecánicas y sujeciones del cable evitarán la acumulación de agua en contacto con los cables.

Se deberán colocar, asimismo, las correspondientes señalizaciones e identificaciones.

Todos los elementos metálicos para sujeción de los cables (bandejas, soportes, palomillas, bridas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles al personal (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente a la red de tierra de la instalación. Las canalizaciones conductoras se conectarán a tierra cada 10 m como máximo y siempre al principio y al final de la canalización.

6. CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS.

Se prohíbe la plantación de árboles y construcción de edificios e instalaciones industriales en la franja definida por la zanja donde van alojados los conductores, incrementada a cada lado en una distancia mínima de seguridad igual a la mitad de la anchura de la canalización.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras "topo" de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena. En estos casos se prescindirá del diseño de zanja prescrito puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado.

El cable deberá ir en el interior de canalizaciones entubadas hormigonadas en los casos siguientes:

- A) Para el cruce de calles, caminos o carreteras con tráfico rodado.
- B) Para el cruce de ferrocarriles.

- C) En las entradas de carruajes o garajes públicos.
- D) En los lugares en donde por diversas causas no debe dejarse tiempo la zanja abierta.
- E) En los sitios en donde esto se crea necesario por indicación del Proyecto o del Supervisor de la Obra.

6.1. MATERIALES.

Los materiales a utilizar en los cruces normales serán de las siguientes cualidades y condiciones:

a) Los tubos podrán ser de cemento, fibrocemento, plástico, fundición de hierro, etc. provenientes de fábricas de garantía, siendo el diámetro que se señala en estas normas el correspondiente al interior del tubo y su longitud la más apropiada para el cruce de que se trate. La superficie será lisa.

Los tubos se colocarán de modo que en sus empalmes la boca hembra esté situada antes que la boca macho siguiendo la dirección del tendido probable, del cable, con objeto de no dañar a éste en la citada operación.

b) El cemento será Portland o artificial y de marca acreditada y deberá reunir en sus ensayos y análisis químicos, mecánicos y de fraguado, las condiciones de la vigente instrucción española del Ministerio de Obras Públicas. Deberá estar envasado y almacenado convenientemente para que no pierda las condiciones precisas. La dirección técnica podrá realizar, cuando lo crea conveniente, los análisis y ensayos de laboratorio que considere oportunos. En general se utilizará como mínimo el de calidad P-250 de fraguado lento.

c) La arena será limpia, suelta, áspera, crujendo al tacto y exenta de sustancias orgánicas o partículas terrosas, para lo cual, si fuese necesario, se tamizará y lavará convenientemente. Podrá ser de río o miga y la dimensión de sus granos será de hasta 2 ó 3 mm.

d) Los áridos y gruesos serán procedentes de piedra dura silíceo, compacta, resistente, limpia de tierra y detritus y, a ser posible, que sea canto rodado. Las dimensiones serán de 10 a 60 mm. con granulometría apropiada.

Se prohíbe el empleo del llamado revoltón, o sea piedra y arena unida, sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos.

e) AGUA - Se empleará el agua de río o manantial, quedando prohibido el empleo de aguas procedentes de ciénagas.

f) MEZCLA - La dosificación a emplear será la normal en este tipo de hormigones para fundaciones, recomendándose la utilización de hormigones preparados en plantas especializadas en ello.

6.2. DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE EJECUCIÓN.

Los trabajos de cruces, teniendo en cuenta que su duración es mayor que los de apertura de zanjas, empezarán antes, para tener toda la zanja a la vez, dispuesta para el tendido del cable.

Estos cruces serán siempre rectos, y en general, perpendiculares a la dirección de la calzada. Sobresaldrán en la acera, hacia el interior, unos 20 cm. del bordillo (debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación).

El diámetro de los tubos será de 20 cm. Su colocación y la sección mínima de hormigonado responderá a lo indicado en los planos. Estarán recibidos con cemento y hormigonados en toda su longitud.

Cuando por imposibilidad de hacer la zanja a la profundidad normal los cables estén situados a menos de 80 cm. de profundidad, se dispondrán en vez de tubos de fibrocemento ligero, tubos metálicos o de resistencia análoga para el paso de cables por esa zona, previa conformidad del Supervisor de Obra.

Los tubos vacíos, ya sea mientras se ejecuta la canalización o que al terminarse la misma se quedan de reserva, deberán taparse con rasilla y yeso, dejando en su interior un alambre galvanizado para guiar posteriormente los cables en su tendido.

Los cruces de vías férreas, cursos de agua, etc. deberán proyectarse con todo detalle.

Se debe evitar posible acumulación de agua o de gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

En los tramos rectos, cada 15 ó 20 m., según el tipo de cable, para facilitar su tendido se dejarán calas abiertas de una longitud mínima de 3 m. en las que se interrumpirá la continuidad del tubo. Una vez tendido el cable estas calas se taparán cubriendo previamente el cable con canales o medios tubos, recibiendo sus uniones con cemento o dejando arquetas fácilmente localizables para ulteriores intervenciones, según indicaciones del Supervisor de Obras.

Para hormigonar los tubos se procederá del modo siguiente:

Se hecha previamente una solera de hormigón bien nivelada de unos 8 cm. de espesor sobre la que se asienta la primera capa de tubos separados entre sí unos 4 cm. procediéndose a continuación a hormigonarlos hasta cubrirlos enteramente. Sobre esta nueva solera se coloca la segunda capa de tubos, en las condiciones ya citadas, que se hormigona igualmente en forma de capa. Si hay más tubos se procede como ya se ha dicho, teniendo en cuenta que, en la última capa, el hormigón se vierte hasta el nivel total que deba tener.

En los cambios de dirección se construirán arquetas de hormigón o ladrillo, siendo sus dimensiones las necesarias para que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable. No se admitirán ángulos inferiores a 90° y aún éstos se limitarán a los indispensables. En general los cambios de dirección se harán con ángulos grandes. Como norma general, en alineaciones superiores a 40 m. serán necesarias las arquetas intermedias que promedien los tramos de tendido y que no estén distantes entre sí más de 40 m.

Las arquetas sólo estarán permitidas en aceras o lugares por las que normalmente no debe haber tránsito rodado; si esto excepcionalmente fuera imposible, se reforzarán marcos y tapas.

En la arqueta, los tubos quedarán a unos 25 cm. por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable los tubos se taponarán con yeso de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La arqueta se rellenará con arena hasta cubrir el cable como mínimo.

La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Las arquetas podrán ser registrables o cerradas. En el primer caso deberán tener tapas metálicas o de hormigón provistas de argollas o ganchos que faciliten su apertura. El fondo de estas arquetas será permeable de forma que permita la filtración del agua de lluvia.

Si las arquetas no son registrables se cubrirán con los materiales necesarios para evitar su hundimiento. Sobre esta cubierta se echará una capa de tierra y sobre ella se reconstruirá el pavimento.

6.3. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE EJECUCIÓN DE CRUZAMIENTO Y PARALELISMO CON DETERMINADO TIPO DE INSTALACIONES.

6.3.1. Cruzamientos.

El cruce de líneas eléctricas subterráneas con calles y carreteras deberá realizarse siempre bajo tubo hormigonado en toda su longitud. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 0,6 m.

El cruce de líneas eléctricas subterráneas con ferrocarriles o vías férreas deberá realizarse siempre bajo tubo hormigonado, de forma perpendicular a la vía siempre que sea posible. Dicho tubo rebasará las instalaciones de servicio en una distancia de 1,50 m., quedando la parte superior del tubo más próximo a la superficie a una profundidad mínima de 1,10 m. con respecto a la cara inferior de las traviesas. En cualquier caso, se seguirán las instrucciones del condicionado del organismo competente.

En el caso de cruzamientos entre dos líneas eléctricas subterráneas directamente enterradas, la distancia mínima a respetar será de 0,25 m. La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los cables de telecomunicación o canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes o juntas será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable o canalización instalada más recientemente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual a 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm. También se empleará este tipo de tubos, conductos o divisorias en los cruzamientos con depósitos de carburante, no obstante, en este caso, los tubos distarán como mínimo 1,20 m del depósito y los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 2 m por cada extremo.

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por los mismos materiales reflejados en el párrafo anterior.

En los cruces de líneas subterráneas de A.T. directamente enterradas y canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias mínimas siguientes:

- Canalizaciones y acometidas en alta, media y baja presión: 0,40 m.
- Acometidas interiores en alta presión: 0,40 m.
- Acometidas interiores en media y baja presión: 0,20 m.

Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias se dispondrá una protección suplementaria, en cuyo caso la separación mínima será:

- Canalizaciones y acometidas en alta, media y baja presión: 0,25 m.
- Acometidas interiores en alta presión: 0,25 m.
- Acometidas interiores en media y baja presión: 0,10 m.

La protección suplementaria garantizará una mínima cobertura longitudinal de 0,45 m a ambos lados del cruce y 0,30 m de anchura centrada con la instalación que se pretende proteger. Estará constituida preferentemente por materiales cerámicos (baldosas, rasillas, ladrillos, etc.). En el caso de línea A.T. entubada, se considerará como protección suplementaria el propio tubo, que será de las características mecánicas definidas en los cruzamientos anteriores.

6.3.2. Proximidades y paralelismos.

Los cables de alta tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,25 m. En el caso que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de A.T. del mismo nivel de tensiones, podrá instalarlos a menor distancia. Si el paralelismo se realiza respecto a cables de telecomunicación o canalizaciones de agua la distancia mínima será de 0,20 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable o canalización instalada más recientemente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro

exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual a 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

La distancia mínima entre empalmes de cables y juntas de canalizaciones de agua será de 1 m. Se procurará que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias importantes de agua se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables de alta tensión.

En los paralelismos de líneas subterráneas de A.T. directamente enterradas y canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias mínimas siguientes:

- Canalizaciones y acometidas en alta presión: 0,40 m.
- Canalizaciones y acometidas en media y baja presión: 0,25 m.
- Acometidas interiores en alta presión: 0,40 m.
- Acometidas interiores en media y baja presión: 0,20 m.

Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias se dispondrá una protección suplementaria, en cuyo caso la separación mínima será:

- Canalizaciones y acometidas en alta presión: 0,25 m.
- Canalizaciones y acometidas en media y baja presión: 0,15 m.
- Acometidas interiores en alta presión: 0,25 m.
- Acometidas interiores en media y baja presión: 0,10 m.

La protección suplementaria estará constituida preferentemente por materiales cerámicos (baldosas, rasillas, ladrillos, etc.) o por tubos de adecuada resistencia mecánica, de las mismas características que las especificadas en el primer párrafo de este apartado. La distancia mínima entre empalmes de cables y juntas de canalizaciones de gas será de 1 m.

6.3.3. Acometidas (conexiones de servicio).

En el caso de que alguno de los servicios que se cruzan o discurren paralelos sea una acometida o conexión de servicio a un edificio, deberá mantenerse entre ambos una distancia mínima de 0,30 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias, la conducción más recientemente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual a 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

La entrada de las acometidas o conexiones de servicio a los edificios, tanto cables de B.T. como de A.T. en el caso de acometidas eléctricas, deberá taponarse hasta conseguir su estanqueidad.

7. TENDIDO DE CABLES.

7.1. TENDIDO DE CABLES EN ZANJA ABIERTA.

7.1.1. Manejo y preparación de bobinas.

Cuando se desplace la bobina en tierra rodándola, hay que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado en ella con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

La bobina no debe almacenarse sobre un suelo blando.

Antes de comenzar el tendido del cable se estudiará el punto más apropiado para situar la bobina, generalmente por facilidad de tendido: en el caso de suelos con pendiente suele ser conveniente el canalizar cuesta abajo. También hay que tener en cuenta que, si hay muchos pasos con tubos, se debe procurar colocar la bobina en la parte más alejada de los mismos, con

el fin de evitar que pase la mayor parte del cable por los tubos.

En el caso del cable trifásico no se canalizará desde el mismo punto en dos direcciones opuestas con el fin de que las espirales de los tramos se correspondan.

Para el tendido, la bobina estará siempre elevada y sujeta por un barrón y gatos de potencia apropiada al peso de la misma.

7.1.2. Tendido de cables.

Los cables deben ser siempre desarrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. y teniendo siempre pendiente que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido, y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.

Cuando los cables se tiendan a mano, los hombres estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede canalizar mediante cabrestantes, tirando del extremo del cable, al que se habrá adoptado una cabeza apropiada, y con un esfuerzo de tracción por mm de conductor que no debe sobrepasar el que indique el fabricante del mismo. En cualquier caso, el esfuerzo no será superior a 4 kg/mm² en cables trifásicos y a 5 kg/mm² para cables unipolares, ambos casos con conductores de cobre. Cuando se trate de aluminio deben reducirse a la mitad. Será imprescindible la colocación de dinamómetro para medir dicha tracción mientras se tiende.

El tendido se hará obligatoriamente sobre rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no puedan dañar el cable. Se colocarán en las curvas los rodillos de curva precisos de forma que el radio de curvatura no sea menor de veinte veces el diámetro del cable.

Durante el tendido del cable se tomarán precauciones para evitar al cable esfuerzos importantes, así como que sufra golpes o rozaduras.

No se permitirá desplazar el cable, lateralmente, por medio de palancas u otros útiles, sino que se deberá hacer siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, en casos muy específicos y siempre bajo la vigilancia del Supervisor de la Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0 grados centígrados no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

La zanja, en toda su longitud, deberá estar cubierta con una capa de 10 cm. de arena fina en el fondo, antes de proceder al tendido del cable.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta, sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con la capa de 15 cm. de arena fina y la protección de rasilla.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando dos cables se canalicen para ser empalmados, si están aislados con papel impregnado, se cruzarán por lo menos un metro, con objeto de sanear las puntas y si tienen aislamiento de plástico el cruzamiento será como mínimo de 50 cm.

Las zanjas, una vez abiertas y antes de tender el cable, se recorrerán con detenimiento para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas, al terminar los trabajos, en la misma forma en que se encontraban primitivamente. Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia a la oficina de control de obras y a la empresa correspondiente, con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte de la Contrata tendrá las señas de los servicios públicos, así como su número de teléfono, por si tuviera, el mismo, que llamar comunicando la avería producida.

Si las pendientes son muy pronunciadas, y el terreno es rocoso e impermeable, se está expuesto a que la zanja de canalización sirva de drenaje, con lo que se originaría un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso, si es un talud, se deberá hacer la zanja al bies, para disminuir la pendiente, y de no ser posible, conviene que en esa zona se lleve la canalización entubada y recibida con cemento.

Cuando dos o más cables de M.T. discurren paralelos entre dos subestaciones, centros de reparto, centros de transformación, etc., deberán señalizarse debidamente, para facilitar su identificación en futuras aperturas de la zanja utilizando para ello cada metro y medio, cintas adhesivas de colores distintos para cada circuito, y en fajas de anchos diferentes para cada fase si son unipolares. De todos modos, al ir separados sus ejes 20 cm. mediante un ladrillo o rasilla colocado de canto a lo largo de toda la zanja, se facilitará el reconocimiento de estos cables que además no deben cruzarse en todo el recorrido entre dos C.T.

En el caso de canalizaciones con cables unipolares de media tensión formando ternas, la identificación es más dificultosa y por ello es muy importante el que los cables o mazos de cables no cambien de posición en todo su recorrido como acabamos de indicar.

Además, se tendrá en cuenta lo siguiente:

a) Cada metro y medio serán colocados por fase una vuelta de cinta adhesiva y permanente, indicativo de la fase 1, fase 2 y fase 3 utilizando para ello los colores normalizados cuando se trate de cables unipolares.

Por otro lado, cada metro y medio envolviendo las tres fases, se colocarán unas vueltas de cinta adhesiva que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos, salvo indicación en contra del Supervisor de Obras. En el caso de varias ternas de cables en mazos, las vueltas de cinta citadas deberán ser de colores distintos que permitan distinguir un circuito de otro.

b) Cada metro y medio, envolviendo cada conductor de MT tripolar, serán colocadas unas vueltas de cinta adhesivas y permanente de un color distinto para cada circuito, procurando además que el ancho de la faja sea distinto en cada uno.

7.2. TENDIDO DE CABLES EN GALERÍA O TUBULARES.

7.2.1. Tendido de cables en tubulares.

Cuando el cable se tienda a mano o con cabrestantes y dinamómetro, y haya que pasar el mismo por un tubo, se facilitará esta operación mediante una cuerda, unida a la extremidad del cable, que llevará incorporado un dispositivo de manga tiracables, teniendo cuidado de que el esfuerzo de tracción sea lo más débil posible, con el fin de evitar alargamiento de la funda de plomo, según se ha indicado anteriormente.

Se situará un hombre en la embocadura de cada cruce de tubo, para guiar el cable y evitar el deterioro del mismo o rozaduras en el tramo del cruce.

Los cables de media tensión unipolares de un mismo circuito, pasarán todos juntos por un mismo tubo dejándolos sin encintar dentro del mismo.

Nunca se deberán pasar dos cables trifásicos de media tensión por un tubo.

En aquellos casos especiales que a juicio del Supervisor de la Obra se instalen los cables unipolares por separado, cada fase pasará por un tubo y en estas circunstancias los tubos no podrán ser nunca metálicos.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si esto no fuera posible se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el proyecto, o en su defecto donde indique el Supervisor de Obra (según se indica en el apartado CRUZAMIENTOS).

Una vez tendido el cable, los tubos se tapanán perfectamente con cinta de yute Pirelli Tupir o similar, para evitar el arrastre de tierras, roedores, etc., por su interior y servir a la vez de almohadilla del cable. Para ello se sierra el rollo de cinta en sentido radial y se ajusta a los diámetros del cable y del tubo quitando las vueltas que sobren.

7.2.2. Tendido de cables en galería.

Los cables en galería se colocarán en palomillas, ganchos u otros soportes adecuados, que serán colocados previamente de acuerdo con lo indicado en el apartado de "Colocación de Soportes y Palomillas".

Antes de empezar el tendido se decidirá el sitio donde va a colocarse el nuevo cable para que no se interfiera con los servicios ya establecidos.

En los tendidos en galería serán colocadas las cintas de señalización ya indicadas y las palomillas o soportes deberán distribuirse de modo que puedan aguantar los esfuerzos electrodinámicos que posteriormente pudieran presentarse.

8. MONTAJES.

8.1. EMPALMES.

Se ejecutarán los tipos denominados reconstruidos indicados en el proyecto, cualquiera que sea su aislamiento: papel impregnado, polímero o plástico.

Para su confección se seguirán las normas dadas por el director de Obra o en su defecto las indicadas por el fabricante del cable o el de los empalmes.

En los cables de papel impregnado se tendrá especial cuidado en no romper el papel al doblar las venas del cable, así como en realizar los baños de aceite con la frecuencia necesaria para evitar coqueas. El corte de los rollos de papel se hará por rasgado y no con tijera, navaja, etc.

En los cables de aislamiento seco, se prestará especial atención a la limpieza de las trazas de cinta semiconductoras pues ofrecen dificultades a la vista y los efectos de una deficiencia en este sentido pueden originar el fallo del cable en servicio.

8.2. BOTELLAS TERMINALES.

Se utilizará el tipo indicado en el proyecto, siguiendo para su confección las normas que dicte el director de Obra o en su defecto el fabricante del cable o el de las botellas terminales.

En los cables de papel impregnado se tendrá especial cuidado en las soldaduras, de forma que no queden poros por donde pueda pasar humedad, así como en el relleno de las botellas, realizándose éste con calentamiento previo de la botella terminal y de forma que la pasta rebase por la parte superior.

Asimismo, se tendrá especial cuidado en el doblado de los cables de papel impregnado, para no rozar el papel, así como en la confección del cono difusor de flujos en los cables de campo radial, prestando atención especial a la continuidad de la pantalla.

Se recuerdan las mismas normas sobre el corte de los rollos de papel, y la limpieza de los trozos de cinta semiconductoras dadas en el apartado anterior de Empalmes.

8.3. AUTOVÁLVULAS Y SECCIONADOR.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico serán pararrayos autovalvulares tal y como se indica en la memoria del proyecto, colocados sobre el apoyo de entronque A/S, inmediatamente después del Seccionador según el sentido de la corriente. El conductor de tierra del pararrayo se colocará por el interior del apoyo resguardado por las caras del angular del montaje y hasta tres metros del suelo e irá protegido mecánicamente por un tubo de material no ferromagnético.

El conductor de tierra a emplear será de cobre aislado para la tensión de servicio, de 50 mm² de sección y se unirá a los electrodos de barra necesarios para alcanzar una resistencia de tierra inferior a 20 Ω.

La separación de ambas tomas de tierra será como mínimo de 5 m.

Se pondrá especial cuidado en dejar regulado perfectamente el accionamiento del mando del seccionador.

Los conductores de tierra atravesarán la cimentación del apoyo mediante tubos de fibrocemento de 6 cm. ϕ inclinados de manera que partiendo de una profundidad mínima de 0,60 m. emerjan lo más recto posible de la peana en los puntos de bajada de sus respectivos conductores.

8.4. HERRAJES Y CONEXIONES.

Se procurará que los soportes de las botellas terminales queden fijos tanto en las paredes de los centros de transformación como en las torres metálicas y tengan la debida resistencia mecánica para soportar el peso de los soportes, botellas terminales y cable.

Asimismo, se procurará que queden completamente horizontales.

8.5. COLOCACIÓN DE SOPORTES Y PALOMILLAS.

8.5.1. Soportes y palomillas para cables sobre muros de hormigón.

Antes de proceder a la ejecución de taladros, se comprobará la buena resistencia mecánica de las paredes, se realizará asimismo el replanteo para que una vez colocados los cables queden bien sujetos sin estar forzados.

El material de agarre que se utilice será el apropiado para que las paredes no queden debilitadas y las palomillas soporten el esfuerzo necesario para cumplir la misión para la que se colocan.

8.5.2. Soportes y palomillas para cables sobre muros de ladrillo.

Igual al apartado anterior, pero sobre paredes de ladrillo.

9. CONVERSIONES AÉREO-SUBTERRÁNEAS.

Tanto en el caso de un cable subterráneo intercalado en una línea aérea, como de un cable subterráneo de unión entre una línea aérea y una instalación transformadora se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cuando el cable subterráneo esté destinado a alimentar un centro de transformación de cliente se instalará un seccionador ubicado en el propio poste de la conversión aéreo-subterránea, en

uno próximo o en el centro de transformación siempre que el seccionador sea una unidad funcional y de transporte separada del transformador. En cualquier caso, el seccionador quedará a menos de 50 m de la conexión aéreo-subterránea.

- Cuando el cable esté intercalado en una línea aérea, no será necesario instalar un seccionador.

- El cable subterráneo en el tramo aéreo de subida hasta la línea aérea irá protegido por un tubo o canal cerrado de material sintético, de cemento y derivados, o metálicos con la suficiente resistencia mecánica. El interior de los tubos o canales será liso para facilitar la instalación o sustitución del cable o circuito averiado. El tubo o canal se obturará por la parte superior para evitar la entrada de agua (taponado hermético mediante capuchón de protección de neopreno, cinta adhesiva o de relleno o pasta taponadora adecuada), y se empotrará en la cimentación del apoyo, sobresaliendo 2,5 m por encima del nivel del terreno.

El diámetro del tubo será como mínimo 1,5 veces el diámetro del cable o el de la terna de cables si son unipolares y, en el caso de canal cerrado su anchura mínima será de 1,8 veces el diámetro del cable.

- Si se instala un solo cable unipolar por tubo o canal, éstos deberán ser de plástico o metálico de material no ferromagnético, a fin de evitar el calentamiento producido por las corrientes inducidas.

- Cuando deban instalarse protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos autoválvulas o descargadores, la conexión será lo más corta posible y sin curvas pronunciadas, garantizándose el nivel de aislamiento del elemento a proteger.

10. TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES.

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado, asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde un camión o remolque.

11. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.

Durante el diseño y la ejecución de la línea, las disposiciones de aseguramiento de la calidad deben seguir los principios descritos en la norma UNE-EN ISO 9001. Los sistemas y procedimientos, que el proyectista y/o contratista de la instalación utilizarán, para garantizar que los trabajos del proyecto cumplan con los requisitos del mismo, deben ser definidos en el plan de calidad del proyectista y/o del contratista de la instalación para los trabajos del proyecto.

Cada plan de calidad debe presentar las actividades en una secuencia lógica, teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) Una descripción del trabajo propuesto y del orden del programa.
- b) La estructura de la organización para el contrato, así como la oficina principal y cualquier otro centro responsable de una parte del trabajo.
- c) Las obligaciones y responsabilidades asignadas al personal de control de calidad del trabajo.
- d) Puntos de control de ejecución y notificación.
- e) Presentación de los documentos de ingeniería requeridos por las especificaciones del proyecto.
- f) La inspección de los materiales y sus componentes a su recepción.
- g) La referencia a los procedimientos de aseguramiento de la calidad para cada actividad.
- h) Inspección durante la fabricación / construcción.
- i) Inspección final y ensayos.

El plan de garantía de aseguramiento de la calidad es parte del plan de ejecución de un

proyecto o una fase del mismo.

12. ENSAYOS ELÉCTRICOS DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN.

Una vez que la instalación ha sido concluida, es necesario comprobar que el tendido del cable y el montaje de los accesorios (empalmes, terminales, etc.) se ha realizado correctamente, para lo cual serán de aplicación los ensayos especificados al efecto en las normas correspondientes y según se establece en la ITC-LAT 05.

2.4.- MEDICIONES

MEDICION DEL PROYECTO

LSMT1

MEDICION DE CABLES

Sección(mm ²)	Metal Pu(Euros)	Designación Ptotal(Euros)	Polaridad	Total(m)
95	Al	RHZ1 12/20 H16	Unipolar	15.288
150	Al	RHZ1 12/20 H16	Unipolar	573
240	Al	RHZ1 12/20 H16	Unipolar	168

MEDICION DE TUBOS.

Diámetro interior(mm)	Total metros	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
150	5.096		
175	191		
200	56		

LSMT2

MEDICION DE CABLES

Sección(mm ²)	Metal Pu(Euros)	Designación Ptotal(Euros)	Polaridad	Total(m)
95	Al	RHZ1 12/20 H16	Unipolar	6.711
150	Al	RHZ1 12/20 H16	Unipolar	57

MEDICION DE TUBOS.

Diámetro interior(mm)	Total metros	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
150	2.237		
175	19		

LSMT3

MEDICION DE CABLES

Sección(mm ²)	Metal Pu(Euros)	Designación Ptotal(Euros)	Polaridad	Total(m)
---------------------------	--------------------	------------------------------	-----------	----------

95 AI RHZ1 12/20 H16 Unipolar 2.094

MEDICION DE TUBOS.

<u>Diámetro interior(mm)</u>	<u>Total metros</u>	<u>Pu(Euros)</u>	<u>Ptotal(Euros)</u>
150	698		

MEDICION DE CTS

CR1

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
3.28x2.38x2.58 m.	1		

CELDA A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
Línea	400	3		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	0		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	0		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal</u>
<u>(Euros)</u> Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

CR2

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
3.28x2.38x2.58 m.	1		

CELDA A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>

Línea 400 3

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	0		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	0		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

CR3

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
3.28x2.38x2.58 m.	1		

CELDAS A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
Línea	400	3		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	0		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	0		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

CR4

OBRA CIVIL

Proyecto de urbanización del "Sector Golf" en Pego (Alicante)

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
3.28x2.38x2.58 m.	1		

CELDAS A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
Línea	400	3		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	0		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	0		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

CT1

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
8.08x2.38x2.79 m.	1		

CELDAS A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
Línea	400	2		
Protección con fusibles	400	2		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	2		

EQUIPOS DE POTENCIA

<u>Denominación</u>	<u>Potencia (kVA)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Trafo aisl. aceite	1250	2		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	2		

EQUIPOS DE B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cuadro B.T.	3		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u> <u>(Euros)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal</u>
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

VARIOS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		
Rejillas protección	2		

CT2

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
8.08x2.38x2.79 m.	1		

CELDAS A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
Línea	400	2		
Protección con fusibles	400	2		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	2		

EQUIPOS DE POTENCIA

<u>Denominación</u>	<u>Potencia (kVA)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Trafo aisl. aceite	1250	2		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	2		

EQUIPOS DE B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cuadro B.T.	4		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u> <u>(Euros)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal</u>
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

VARIOS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		
Rejillas protección	2		

CT3

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
8.08x2.38x2.79 m.	1		

CELDAS A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
Línea	400	2		
Protección con fusibles	400	2		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	2		

EQUIPOS DE POTENCIA

<u>Denominación</u>	<u>Potencia (kVA)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Trafo aisl. aceite	630	2		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	2		

EQUIPOS DE B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cuadro B.T.	4		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u> <u>(Euros)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal</u>
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

VARIOS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		
Rejillas protección	2		

CT4

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
8.08x2.38x2.79 m.	1		

CELDAS A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
Línea	400	2		
Protección con fusibles	400	2		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	2		

EQUIPOS DE POTENCIA

<u>Denominación</u>	<u>Potencia (kVA)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Trafo aisl. aceite	400	1		
Trafo aisl. aceite	630	1		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	2		

EQUIPOS DE B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cuadro B.T.	4		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

VARIOS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		
Rejillas protección	2		

CT5.1

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
8.08x2.38x2.79 m.	1		

CELDAS A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
Línea	400	2		
Protección con fusibles	400	2		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	2		

EQUIPOS DE POTENCIA

<u>Denominación</u>	<u>Potencia (kVA)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Trafo aisl. aceite	1250	2		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	2		

EQUIPOS DE B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cuadro B.T.	4		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

VARIOS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		
Rejillas protección	2		

CT5.2

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
8.08x2.38x2.79 m.	1		

CELDAS A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
Línea	400	2		
Protección con fusibles	400	2		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	2		

EQUIPOS DE POTENCIA

<u>Denominación</u>	<u>Potencia (kVA)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Trafo aisl. aceite	1250	2		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	2		

EQUIPOS DE B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cuadro B.T.	4		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

VARIOS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		
Rejillas protección	2		

CT6

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
8.08x2.38x2.79 m.	1		

CELDAS A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
---------------------	--------------------	-----------------	-------------------	----------------

Línea	400	2
Protección con fusibles	400	2

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	2		

EQUIPOS DE POTENCIA

<u>Denominación</u>	<u>Potencia (kVA)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Trafo aisl. aceite	400	1		
Trafo aisl. aceite	1250	1		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	2		

EQUIPOS DE B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cuadro B.T.	4		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

VARIOS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		
Rejillas protección	2		

CT7

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
8.08x2.38x2.79 m.	1		

CELDAS A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
Línea	400	2		
Protección con fusibles	400	2		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	2		

EQUIPOS DE POTENCIA

<u>Denominación</u>	<u>Potencia (kVA)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Trafo aisl. aceite	630	1		
Trafo aisl. aceite	1250	1		

INTERCONEXIÓN TRAFOS Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	2		

EQUIPOS DE B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cuadro B.T.	4		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

VARIOS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		
Rejillas protección	2		

CT8

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
4.46x2.38x2.58 m.	1		

CELDAS A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
Línea	400	2		
Protección con fusibles	400	1		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAFOS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	1		

EQUIPOS DE POTENCIA

<u>Denominación</u>	<u>Potencia (kVA)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Trafo aisl. aceite	630	1		

INTERCONEXIÓN TRAFOS Y CUADROS B.T.

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Cables B.T. 0,6/1 kV	1		

EQUIPOS DE B.T.

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Cuadro B.T.	2		

RED DE TIERRAS

Denominación	Cantidad	m.	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

VARIOS

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		
Rejillas protección	1		

CT9

OBRA CIVIL

Envolvente prefabricada	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
8.08x2.38x2.79 m.	1		

CELDAS A.T.

Denominación	I.Asig. (A)	Cantidad	Pu (Euros)	(Euros)
Línea	400	2		
Protección con fusibles	400	2		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Cables A.T. aisl. seco	2		

EQUIPOS DE POTENCIA

Denominación	Potencia (kVA)	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Trafo aisl. aceite	1250	2		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Cables B.T. 0,6/1 kV	2		

EQUIPOS DE B.T.

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Cuadro B.T.	4		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u> <u>(Euros)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal</u>
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

VARIOS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		
Rejillas protección	2		

CT10

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
8.08x2.38x2.79 m.	1		

CELDAS A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
Línea	400	2		
Protección con fusibles	400	2		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	2		

EQUIPOS DE POTENCIA

<u>Denominación</u>	<u>Potencia (kVA)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Trafo aisl. aceite	1250	2		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	2		

EQUIPOS DE B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cuadro B.T.	4		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u> <u>(Euros)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal</u>
Picas 14 mm ϕ	3			

Conductor desnudo Cu 50 mm² 6

VARIOS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		
Rejillas protección	2		

CT11

OBRA CIVIL

<u>Envolvente prefabricada</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
8.08x2.38x2.79 m.	1		

CELDAS A.T.

<u>Denominación</u>	<u>I.Asig. (A)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>(Euros)</u>
Línea	400	2		
Protección con fusibles	400	2		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAF0

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables A.T. aisl. seco	2		

EQUIPOS DE POTENCIA

<u>Denominación</u>	<u>Potencia (kVA)</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Trafo aisl. aceite	1250	2		

INTERCONEXIÓN TRAF0 Y CUADROS B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cables B.T. 0,6/1 kV	2		

EQUIPOS DE B.T.

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Cuadro B.T.	4		

RED DE TIERRAS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>m.</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

VARIOS

<u>Denominación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Pu (Euros)</u>	<u>Ptotal (Euros)</u>
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		

Rejillas protección 2

CT12

OBRA CIVIL

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Envolvente prefabricada 4.46x2.38x2.58 m.	1		

CELDAS A.T.

Denominación	I.Asig. (A)	Cantidad	Pu (Euros)	(Euros)
Línea	400	2		
Protección con fusibles	400	1		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAFIO

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Cables A.T. aisl. seco	1		

EQUIPOS DE POTENCIA

Denominación	Potencia (kVA)	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Trafo aisl. aceite	1250	1		

INTERCONEXIÓN TRAFIO Y CUADROS B.T.

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Cables B.T. 0,6/1 kV	1		

EQUIPOS DE B.T.

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Cuadro B.T.	2		

RED DE TIERRAS

Denominación	Cantidad	m.	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

VARIOS

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		
Rejillas protección	1		

CT13

OBRA CIVIL

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Envolvente prefabricada			

8.08x2.38x2.79 m.

1

CELDA A.T.

Denominación	I.Asig. (A)	Cantidad	Pu (Euros)	(Euros)
Línea	400	2		
Protección con fusibles	400	2		

INTERCONEXIÓN CELDAS A.T. Y TRAFIO

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Cables A.T. aisl. seco	2		

EQUIPOS DE POTENCIA

Denominación	Potencia (kVA)	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Trafo aisl. aceite	400	1		
Trafo aisl. aceite	1250	1		

INTERCONEXIÓN TRAFIO Y CUADROS B.T.

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Cables B.T. 0,6/1 kV	2		

EQUIPOS DE B.T.

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Cuadro B.T.	4		

RED DE TIERRAS

Denominación	Cantidad	m.	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Picas 14 mm ϕ	3			
Conductor desnudo Cu 50 mm ²		6		

VARIOS

Denominación	Cantidad	Pu (Euros)	Ptotal (Euros)
Equipo iluminación	1		
Equipo seguridad y maniobra	1		
Rejillas protección	2		

3.- RED DE ALUMBRADO PÚBLICO

3.1.- MEMORIA DESCRIPTIVA

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES.
2. OBJETO DEL PROYECTO.
3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.
4. EMPLAZAMIENTO.
5. USO AL QUE SE DESTINA LA INSTALACIÓN.
6. SUMINISTRO DE LA ENERGÍA.
7. CLASIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y REQUISITOS FOTOMÉTRICOS.
 - 7.1. ALUMBRADO VIAL.
 - 7.2. ALUMBRADOS ESPECÍFICOS.
 - 7.3. ALUMBRADO ORNAMENTAL.
 - 7.4. ALUMBRADO PARA VIGILANCIA Y SEGURIDAD NOCTURNA.
 - 7.5. ALUMBRADO DE SEÑALES Y ANUNCIOS LUMINOSOS.
 - 7.6. ALUMBRADO FESTIVO Y NAVIDEÑO.
8. ILUMINANCIAS Y UNIFORMIDADES DE LOS VIALES.
9. RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO.
10. LIMITACIÓN DE LA LUZ INTRUSA O MOLESTA.
11. EFICIENCIA ENERGÉTICA.
 - 11.1. REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (ϵ).
 - 11.2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO.
12. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.
 - 12.1. LÁMPARAS.
 - 12.2. LUMINARIAS.
 - 12.3. EQUIPOS AUXILIARES.
13. DISPOSICIÓN DE VIALES Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ADOPTADO.
14. RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO PREVISTO Y DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO Y DE REGULACIÓN DE NIVEL LUMINOSO.

15. SOPORTES.

16. CANALIZACIONES.

16.1. REDES SUBTERRÁNEAS.

16.2. REDES AÉREAS.

17. CONDUCTORES.

18. SISTEMAS DE PROTECCIÓN.

19. COMPOSICIÓN DEL CUADRO DE MANIOBRA Y CONTROL.

20. PLANOS.

21. CONCLUSIÓN.

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES.

Se redacta el presente proyecto de "ALUMBRADO PUBLICO" a petición de CONSTRUCCIONES HISPANO GERMANAS, S.A.U. , con C.I.F.: A03032182 y domicilio social en AV. PICASSO , nº 1 – CC OLIVA NOVA EDIF CHG PLAYA de OLIVA (VALENCIA)

2. OBJETO DEL PROYECTO.

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

3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.

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

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).
- Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones de Alumbrado Exterior e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre de 2008).
- Instrucciones para Alumbrado Público Urbano editadas por la Gerencia de Urbanismo del Ministerio de la Vivienda en el año 1.965.
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IEE – Alumbrado Exterior (B.O.E. 12.8.78).
- Norma UNE-EN 60921 sobre Balastos para lámparas fluorescentes.
- Norma UNE-EN 60923 sobre Balastos para lámparas de descarga, excluidas las fluorescentes.
- Norma UNE-EN 60929 sobre Balastos electrónicos alimentados por c.a. para lámparas fluorescentes.
- Normas UNE-EN 60529 y UNE-EN 50.102 referentes a Cuadros de Protección, Medida y Control.
- Normas UNE-EN 60.598-2-3 y UNE-EN 60.598-2-5 referentes a luminarias y proyectores para alumbrado exterior.
- Real Decreto 2642/1985 de 18 de diciembre (B.O.E. de 24-1-86) sobre Homologación de columnas y báculos.
- Real Decreto 401/1989 de 14 de abril, por el que se modifican determinados artículos del Real Decreto anterior (B.O.E. de 26-4-89).
- Orden de 16 de mayo de 1989, que contiene las especificaciones técnicas sobre columnas y báculos (B.O.E. de 15-7-89).
- Orden de 12 de junio de 1989 (B.O.E. de 7-7-89), por la que se establece la certificación de conformidad a normas como alternativa de la homologación de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico).
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

4. EMPLAZAMIENTO.

El emplazamiento del Alumbrado Público objeto de este proyecto es en URBANIZACIÓN SECTOR GOLF EN PEGO (ALICANTE)

5. USO AL QUE SE DESTINA LA INSTALACIÓN.

La instalación de Alumbrado Público en proyecto estará destinada al alumbrado de

6. SUMINISTRO DE LA ENERGÍA.

La energía se le suministrará a la tensión de V., procedente de la red de distribución en B.T. existente en la zona, propiedad de la Cia., empresa productora y distribuidora de energía eléctrica en la provincia.

7. CLASIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y REQUISITOS FOTOMÉTRICOS.

7.1. ALUMBRADO VIAL.

7.1.1. Clasificación de las vías y selección de las clases de alumbrado.

El criterio principal de clasificación de las vías es la velocidad de circulación, según se establece a continuación:

<u>Clasificación</u>	<u>Tipo de vía</u>	<u>Velocidad del tráfico rodado (km/h)</u>
A	Alta velocidad	$v > 60$
B	Moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	Carriles bici	----
D	Baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	Vías peatonales	$v \leq 5$

Mediante otros criterios, tales como el tipo de vía y la intensidad media de tráfico diario (IMD), se establecen subgrupos dentro de la clasificación anterior. En las tablas siguientes se definen las clases de alumbrado para las diferentes situaciones de proyecto.

Clases de alumbrado para vías tipo A

<u>Situaciones de proyecto</u>	<u>Tipos de vías</u>	<u>Clase de alumbrado</u>
A1	Autopistas y autovías:	
	IMD ≥ 25.000	ME1
	IMD ≥ 15.000 y < 25.000	ME2
	IMD < 15.000	ME3a
	Vías rápidas:	
	IMD > 15.000	ME1
IMD < 15.000	M2	

A2	Interurbanas sin separac. aceras: Ctras. locales zonas rurales: IMD \geq 7.000 IMD < 7.000	ME1/ME2 ME3a/ME4a
A3	Colectoras y rondas circunvalación: Interurbanas accesos no restringidos: Urbanas tráfico importante: Principales ciudad y travesías poblac: IMD \geq 25.000 IMD \geq 15.000 y < 25.000 IMD \geq 7.000 y < 15.000 IMD < 7.000	ME1 ME2 ME3b ME4a/ME4b

Clases de alumbrado para vías tipo B

<u>Situaciones de proyecto</u>	<u>Tipos de vías</u>	<u>Clase de alumbrado</u>
B1	Urbanas secund. conex. urb. traf. imp.: Distrib. locales y accesos resid. y fincas: IMD \geq 7.000 IMD < 7.000	ME2/ME3c ME4b/ME5/ME6
B2	Locales áreas rurales: IMD \geq 7.000 IMD < 7.000	ME2/ME3b ME4b/ME5

Clases de alumbrado para vías tipo C y D

<u>Situaciones de proyecto</u>	<u>Tipos de vías</u>	<u>Clase de alumbrado</u>
C1	Carriles bici independientes: Flujo ciclistas Alto Flujo ciclistas Normal	S1/S2 S3/S4
D1 - D2	Áreas aparcam. autopistas y autovías: Aparcamientos en general: Estaciones de autobuses: Flujo peatones Alto Flujo peatones Normal	CE1A/CE2 CE3/CE4
D3 - D4	Resid. suburb. con aceras para peatones: Zonas velocidad muy limitada: Flujo peatones y ciclistas Alto Flujo peatones y ciclistas Normal	CE2/S1/S2 S3/S4

Clases de alumbrado para vías tipo E

<u>Situaciones de proyecto</u>	<u>Tipos de vías</u>	<u>Clase de alumbrado</u>
E1	Peatonales y aceras: Paradas de autobús: Áreas comerciales peatonales: Flujo peatones Alto Flujo peatones Normal	CE1A/CE2/S1 S2/S3/S4
E2	Zonas comerc. acceso restringido Flujo peatones Alto Flujo peatones Normal	CE1A/CE2/S1 S2/S3/S4

7.1.2. Niveles de Iluminación de los viales.

A continuación, se reflejan los requisitos fotométricos aplicables a las vías correspondientes a las diferentes clases de alumbrado.

Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipos A y B *

Clase de Alumbrado SR	Luminancia	Uniformidad	Uniformidad	Incremento	Relación	Entorno
	Media Lm (cd/m ²)	Global Uo	Longitudinal UI	Umbral TI (%)		
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50	
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50	
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50	
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50	
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50	
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50	
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50	
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50	
ME6	0,30	0,35	0,40	15	--	

Series MEW de clase de alumbrado para viales húmedos tipos A y B *

Clase de Alumbrado Ent. SR	Calz. seca	Calz. seca	Calz. seca	C.húm.	Incremento	Relación
	Luminancia	Uniformidad	Uniformidad	Uniform.		
	Media Lm (cd/m ²)	Global Uo	Longitudinal UI	Glob. Uo Umbral TI (%)		
MEW1	2,00	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW2	1,50	0,40	0,60	0,15	10	0,50
MEW3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,50
MEW4	0,75	0,40	--	0,15	15	0,50
MEW5	0,50	0,35	--	0,15	15	0,50

Series S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E *

Clase de Alumbrado	Ilumin. horiz. Media	Ilumin. horiz. mínima
	Em (lux)	Emin (lux)
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

Series CE de clase de alumbrado para viales tipos D y E *

Clase de Alumbrado	Ilumin. horiz. Media	Uniformidad
	Em (lux)	Media (Um)
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

* Los valores indicados son mínimos de servicio con mantenimiento, excepto TI que son valores máximos iniciales.

7.2. ALUMBRADOS ESPECÍFICOS.

7.2.1. Alumbrado de Pasarelas Peatonales, Escaleras y Rampas.

La clase de alumbrado será CE2 y, en caso de riesgo de inseguridad ciudadana, podrá adoptarse la clase CE1. Cuando existan escaleras y rampas de acceso, la iluminancia en el plano vertical no será inferior al 50 % del valor en el plano horizontal de forma que se asegure una buena percepción de los peldaños.

7.2.2. Alumbrado de Pasos Subterráneos Peatonales.

La clase de alumbrado será CE1, con una uniformidad media de 0,5 pudiendo elevarse, en el caso de que se estime un riesgo de inseguridad alto, a CE0 y la misma uniformidad. Asimismo, en el supuesto de que la longitud del paso subterráneo peatonal así lo exija, deberá preverse un alumbrado diurno con un nivel luminoso de 100 lux y una uniformidad media de 0,5.

7.2.3. Alumbrado Adicional de Pasos de Peatones.

En el alumbrado adicional de los pasos de peatones, cuya instalación será prioritaria en aquellos pasos sin semáforo, la iluminancia de referencia mínima en el plano vertical será de 40 lux, y una limitación en el deslumbramiento G2 en la dirección de circulación de vehículos y G3 en la dirección del peatón. La clase de alumbrado será CE1 en áreas comerciales e industriales y CE2 en zonas residenciales.

7.2.4. Alumbrado de Parques y Jardines.

Los viales principales, tales como accesos al parque o jardín, sus paseos y glorietas, áreas de estancia y escaleras, que estén abiertos al público durante las horas nocturnas, deberán iluminarse como las vías de tipo E.

7.2.5. Alumbrado de Pasos a Nivel de Ferrocarril.

El nivel de iluminación sobre la zona de cruce, comenzando a una distancia mínima de 40 m y finalizando 40 m después, será CE2, recomendándose una clase de alumbrado CE1.

7.2.6. Alumbrado de Fondos de Saco.

El alumbrado de una calzada en fondo de saco se ejecutará de forma que se señalen con exactitud a los conductores los límites de la calzada. El nivel de iluminación de referencia será CE2.

7.2.7. Alumbrado de Glorietas.

Además de la iluminación de la glorieta el alumbrado deberá extenderse a las vías de acceso a la misma, en una longitud adecuada de al menos 200 m en ambos sentidos.

Los niveles de iluminación para glorietas serán un 50 % mayores que los niveles de los accesos o entradas, con los valores de referencia siguientes:

- Iluminancia media horizontal: $E_m \geq 40$ lux
- Uniformidad media: $U_m \geq 0,5$
- Deslumbramiento máximo: $GR \leq 45$

7.2.8. Alumbrado de Túneles y Pasos Inferiores.

Se considerarán como valores de referencia, los niveles de iluminación especificados en la Publicación CIE 88:2004 "Guía para alumbrado de túneles de carretera y pasos inferiores".

7.2.9. Aparcamientos de vehículos al aire libre.

El alumbrado de aparcamientos al aire libre cumplirá con los requisitos fotométricos de las clases de alumbrado correspondientes a la situación de proyecto D1-D2.

7.2.10. Alumbrado de Áreas de Trabajos Exteriores.

Se considerarán como valores de referencia, los niveles de iluminación especificados en la norma EN 12464-2007.

7.3. ALUMBRADO ORNAMENTAL.

Los valores de referencia de los niveles de iluminancia media en servicio, con mantenimiento de la instalación, del alumbrado ornamental serán los establecidos en la ITC-EA-02.

7.4. ALUMBRADO PARA VIGILANCIA Y SEGURIDAD NOCTURNA.

Los valores de referencia de los niveles de iluminancia media vertical en fachada del edificio y horizontal en las inmediaciones del mismo, en función de la reflectancia o factor de reflexión de la fachada, serán:

Factor de reflexión Fachada Edificio	Iluminancia Media Em (lux)	
	Vertical en Fachada	Horizontal en Inmediaciones
Muy clara	1	1
Normal	2	2
Oscura	4	2
Muy oscura	8	4

* Los valores indicados son mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado.

En las áreas destinadas a actividades industriales, comerciales, de servicios, deportivas, recreativas, etc. los niveles de referencia medios de iluminancia serán los siguientes:

- Áreas de riesgo normal: 5 lux.
- Áreas de riesgo elevado: 20 lux.
- Áreas de alto riesgo: 50 lux.

7.5. ALUMBRADO DE SEÑALES Y ANUNCIOS LUMINOSOS.

Los valores de referencia de niveles máximos de luminancia, para señales y anuncios luminosos e iluminados en función de la superficie, serán:

Superficie (m ²)	Luminancia Máxima (cd/m ²)
S ≤ 0,5	1.000
0,5 < S ≤ 2	800
2 < S ≤ 10	600
S > 10	400

7.6. ALUMBRADO FESTIVO Y NAVIDEÑO.

La potencia máxima instalada, en función de la anchura de la calle y del número de horas de funcionamiento por año del alumbrado festivo o navideño, no sobrepasarán los valores siguientes:

Anchura calle	Potencia máx. instalada (W/m ²)	
	Nº horas año > 200	Entre 100 y 200 horas año
Hasta 10 m ²	10	15
Entre 10 y 20 m	8	12
Más de 20 m	6	9

No se establece límite de potencia cuando el periodo de funcionamiento sea inferior a 100 horas anuales.

8. ILUMINANCIAS Y UNIFORMIDADES DE LOS VIALES.

En cuanto a iluminancias y uniformidades de iluminación, los valores aconsejados para viales de ámbito municipal (en España) se indican en la publicación sobre Alumbrado Público del Ministerio de la Vivienda (1965), y que figuran en la siguiente tabla:

TIPO DE VÍA	VALORES MÍNIMOS		VALORES NORMALES	
	Iluminación Media lx	Factor de Uniformidad	Iluminación Media lx	Factor de Uniformidad
Carreteras de las redes básica o afluyente	15	0.25	22	0.30
Vías principales o de penetración continuación				

de carreteras de las redes básica o afluente	15	0.25	22	0.30
Vías principales o de penetración continuación de carreteras de la red comarcal	10	0.25	15	0.25
Vías principales o de penetración continuación de carreteras de las redes local o vecinal	7	0.20	10	0.25
Vías industriales	4	0.15	7	0.20
Vías comerciales de lujo con tráfico rodado	15	0.25	22	0.30
Vías comerciales con tráfico rodado, en general	7	0.20	15	0.25
Vías comerciales sin tráfico rodado	4	0.15	10	0.25
Vías residenciales con tráfico rodado	7	0.15	10	0.25
Vías residenciales con poco tráfico rodado	4	0.15	7	0.20
Grandes plazas	15	0.25	20	0.30
Plazas en general	7	0.20	10	0.25
Paseos	10	0.25	15	0.25

9. RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO.

La clasificación de las diferentes zonas en función de su protección contra la contaminación luminosa, según el tipo de actividad a desarrollar, será:

<u>Clasificación de zonas</u>	<u>Descripción</u>
E1	Áreas con entornos o paisajes oscuros
E2	Áreas de brillo o luminosidad baja
E3	Áreas de brillo o luminosidad media
E4	Áreas de brillo o luminosidad alta

Se limitarán las emisiones luminosas hacia el cielo, con excepción del alumbrado festivo y navideño. Se iluminará solamente la superficie que se quiera dotar de alumbrado.

El flujo hemisférico superior instalado FHSinst o emisión directa de las luminarias a implantar en cada zona no superará los límites siguientes:

<u>Zona</u>	<u>FHSinst</u>
E1	≤ 1 %
E2	≤ 5 %
E3	≤ 15 %
E4	≤ 25 %

En la zona E1 se utilizarán lámparas de vapor de sodio. Cuando no sea posible, se procederá a filtrar la radiación de longitudes de onda inferiores a 440 nm.

10. LIMITACIÓN DE LA LUZ INTRUSA O MOLESTA.

Con objeto de minimizar los efectos de la luz intrusa o molesta sobre residentes y ciudadanos en general, con excepción del alumbrado festivo y navideño, las instalaciones de

alumbrado exterior se diseñarán para cumplir los valores máximos siguientes:

<u>Parámetros luminotécnicos</u>	<u>Zona E1</u>	<u>Zona E2</u>	<u>Zona E3</u>	<u>Zona E4</u>
Iluminación vertical	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
Intensidad luminosa emitida luminarias	2.500 cd	7.500 cd	10.000 cd	25.000 cd
Luminancia media fachadas	5 cd/m ²	5 cd/m ²	10 cd/m ²	25 cd/m ²
Luminancia máxima fachadas	10 cd/m ²	10 cd/m ²	60 cd/m ²	150 cd/m ²
Luminancia máxima señales y anuncios cd/m ²	50 cd/m ²	400 cd/m ²	800 cd/m ²	1.000
Incremento de umbral de contraste	Sin iluminac. TI = 15 % para adaptación a L = 0,1 cd/m ²	ME5 TI = 15 % para adaptación a L = 1 cd/m ²	ME3 / ME4 TI = 15 % para adaptación a L = 2 cd/m ²	ME1 / ME2 TI = 15 % para adaptación a L = 5 cd/m ²

11. EFICIENCIA ENERGÉTICA.

11.1. REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (ε).

A/ Instalaciones de alumbrado vial funcional (vías clasificadas como A o B).

Las instalaciones de alumbrado vial funcional, con independencia del tipo de lámpara, pavimento y de las características o geometría de la instalación, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan a continuación:

<u>Iluminación media en servicio Em (lux)</u>	<u>Eficiencia energética mínima (m²-lux / W)</u>
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
≤ 7,5	9,5

B/ Instalaciones de alumbrado vial ambiental (vías clasificadas como C, D o E).

Las instalaciones de alumbrado vial ambiental, con independencia del tipo de lámpara y de las características o geometría de la instalación, así como disposición de las luminarias, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan a continuación:

<u>Iluminación media en servicio Em (lux)</u>	<u>Eficiencia energética mínima (m²-lux / W)</u>
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5

C/ Instalaciones de alumbrado festivo y navideño.

La potencia asignada de las lámparas incandescentes utilizadas será igual o inferior a 15 W.

D/ Otras instalaciones de alumbrado.

Se iluminará únicamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado, instalando

lámparas de elevada eficacia luminosa y equipos auxiliares de pérdidas mínimas. Las luminarias y proyectores dispondrán de un rendimiento luminoso elevado.

El factor de utilización y mantenimiento de la instalación será el más elevado posible.

11.2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO.

Las instalaciones de alumbrado exterior, excepto las de alumbrados de señales y anuncios luminosos y festivo y navideño, se calificarán en función de su índice de eficiencia energética.

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía).

La calificación energética de la instalación, en función del índice de eficiencia energética (I_E) o del índice de consumo energético ICE, será:

<u>Calificación Energética</u>	<u>Índice de consumo energético</u>	<u>Índice de Eficiencia</u>
A	$ICE < 0,91$	$I_E > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_E > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_E > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_E > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_E > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_E > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$I_E > 0,20$

12. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.

En lo referente a los métodos de medida y presentación de las características fotométricas de lámparas y luminarias, se seguirá lo establecido en las normas relevantes de la serie UNE-EN 13032 "Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias".

El flujo hemisférico superior instalado, rendimiento de la luminaria, factor de utilización, grado de protección IP, eficacia de la lámpara y demás características relevantes para cada tipo de luminaria, lámpara o equipos auxiliares, deberán ser garantizados por el fabricante, mediante una declaración expresa o certificación de un laboratorio acreditativo.

12.1. LÁMPARAS.

Con excepción de las iluminaciones navideñas y festivas, las lámparas utilizadas en la instalación tendrán una eficacia luminosa superior a:

- 40 lum/W, para alumbrados de vigilancia y seguridad nocturna y de señales y anuncios luminosos.
- 65 lum/W, para alumbrados vial, específico y ornamental.

Cada punto de luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,90.

12.2. LUMINARIAS.

Las luminarias y proyectores que se instalen, excepto en alumbrado festivo y navideño, deberán cumplir los requisitos siguientes:

Alumbrado vial

Resto alumbrados

Parámetros	Funcional	Ambiental	Proyectores	Luminarias
Rendimiento	≥ 65 %	≥ 55 %	≥ 55 %	≥ 60 %
Factor utilización	(1)	(1)	≥ 0,25	≥ 0,30

(1) Alcanzarán los valores que permitan cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética.

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes a la norma UNE-EN 60.598-2-3 y la UNE-EN 60.598-2-5 en el caso de proyectores de exterior.

La conexión se realizará mediante cables flexibles, que penetren en la luminaria con la holgura suficiente para evitar que las oscilaciones de ésta provoquen esfuerzos perjudiciales en los cables y en los terminales de conexión, utilizándose dispositivos que no disminuyan el grado de protección de luminaria IP X3 según UNE-EN 60529.

Los equipos eléctricos de los puntos de luz para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54 según UNE-EN 60529, e IK 8 según UNE-EN 50.102, montados a una altura mínima de 2,5 m sobre el nivel del suelo.

12.3. EQUIPOS AUXILIARES.

La potencia eléctrica máxima consumida por el conjunto del equipo auxiliar y lámpara de descarga no superará los valores siguientes:

Potencia nominal lámpara (W)	Potencia total conjunto (W)			
	SAP	HM	SBP	VM
18	-	-	23	-
35	-	-	42	-
50	62	-	-	60
55	-	-	65	-
70	84	84	-	-
80	-	-	-	92
90	-	-	112	-
100	116	116	-	-
125	-	-	-	139
135	-	-	163	-
150	171	171	-	-
180	-	-	215	-
250	277	270/277	-	270
400	435	425/435	-	425

13. DISPOSICIÓN DE VIALES Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ADOPTADO.

Los viales existentes tienen la siguiente configuración:

- Anchura cada calzada:
- Anchura cada acera:
- Anchura mediana central:
- Clasificación de la vía en función de la velocidad de tráfico rodado:
- Clasificación de la zona en función de su protección contra la contaminación luminosa:

El sistema de iluminación adoptado, para dar cumplimiento a lo señalado en los apartados anteriores, tendrá las siguientes características:

- Disposición:
- Altura soportes (m):
- Separación puntos de luz sobre calzada (m):
- Relación de luminarias:
 - Tipo:

- Modelo:
- Rendimiento (%):
- Flujo hemisférico superior instalado (%):

- Relación de lámparas:
 - Tipo:
 - Potencia nominal (W):
 - Potencia del conjunto lámpara y equipo auxiliar (W):
 - Eficiencia:
 - Flujo luminoso (lumen):

- Factor de utilización de la instalación:

- Factor de mantenimiento de la instalación:

- Eficiencia energética de la instalación ($m^2 \cdot lux/W$):

- Calificación energética de la instalación en función del índice de eficiencia energética:

14. RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO PREVISTO Y DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO Y DE REGULACIÓN DE NIVEL LUMINOSO.

Las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de túneles y pasos inferiores, estarán en funcionamiento como máximo durante el periodo comprendido entre la puesta de sol y su salida o cuando la luminosidad ambiente lo requiera.

Con la finalidad de ahorrar energía, disminuir el resplandor luminoso nocturno y limitar la luz molesta, a ciertas horas de la noche, deberá reducirse el nivel de iluminación en las instalaciones de alumbrado vial, alumbrado específico, alumbrado ornamental y alumbrado de señales y anuncios luminosos, con potencia instalada superior a 5 kW.

Cuando se reduzca el nivel de iluminación, es decir, se varíe la clase de alumbrado a una hora determinada, deberán mantenerse los criterios de uniformidad de luminancia/iluminancia y deslumbramiento establecidos. La regulación del nivel luminoso se podrá realizar por medio de alguno de los siguientes sistemas: balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia, reguladores-estabilizadores en cabecera de línea o balastos electrónicos para doble nivel de potencia.

Se podrá variar el régimen de funcionamiento de los alumbrados ornamentales, estableciéndose condiciones especiales, en épocas tales como festividades y temporada alta de afluencia turística.

Se podrá ajustar un régimen especial de alumbrado para los acontecimientos nocturnos singulares, festivos, feriales, deportivos o culturales, que compatibilicen el ahorro con las necesidades derivadas de los acontecimientos mencionados.

Los sistemas de accionamiento deberán garantizar que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión a las horas previstas cuando la luminosidad ambiente lo requiera, al objeto de ahorrar energía.

Toda instalación de alumbrado exterior con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superiores a 5 kW deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido centralizado, mientras que en aquellas con una potencia en lámparas y equipos auxiliares inferior o igual a 5 kW también podrá incorporarse un sistema de accionamiento mediante fotocélula. Además de los sistemas de encendido automáticos, es recomendable instalar un sistema de accionamiento manual, para poder maniobrar la instalación en caso de avería o reposición de los citados elementos.

Para obtener ahorro energético en casos tales como instalaciones de alumbrado

ornamental, anuncios luminosos, espacios deportivos y áreas de trabajos exteriores, se establecerán los correspondientes ciclos de funcionamiento (encendido y apagado) de dichas instalaciones, para lo que se dispondrá de relojes astronómicos o sistemas equivalentes, capaces de ser programados por ciclos diarios, semanales, mensuales y anuales.

15. SOPORTES.

Las luminarias descritas en el apartado anterior irán sujetas sobre columnas-soporte de forma troncocónica de m. de altura, que se ajustarán a la normativa vigente (en el caso de que sean de acero deberán cumplir el RD 2642/85, RD 401/89 y OM de 16/5/89). Serán de materiales resistentes a las acciones de la intemperie o estarán debidamente protegidas contra éstas, no debiendo permitir la entrada de agua de lluvia ni la acumulación del agua de condensación. Los soportes, sus anclajes y cimentaciones, se dimensionarán de forma que resistan las sollicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5.

Las columnas irán provistas de puertas de registro de acceso para la manipulación de sus elementos de protección y maniobra, por lo menos a 0,30 m. del suelo, dotada de una puerta o trampilla con grado de protección IP 44 según UNE-EN 60529 e IK10 según UNE-EN 50.102, que sólo se pueda abrir mediante el empleo de útiles especiales. En su interior se ubicará una tabla de conexiones de material aislante, provista de alojamiento para los fusibles y de fichas para la conexión de los cables.

La sujeción a la cimentación se hará mediante placa de base a la que se unirán los pernos anclados en la cimentación, mediante arandela, tuerca y contratuerca.

16. CANALIZACIONES.

16.1. REDES SUBTERRÁNEAS.

Se emplearán sistemas y materiales análogos a los de las redes subterráneas de distribución reguladas en la ITC-BT-07. Los cables se dispondrán en canalización enterrada bajo tubo, a una profundidad mínima de 0,4 m del nivel del suelo, medidos desde la cota inferior del tubo, y su diámetro no será inferior a 60 mm.

No se instalará más de un circuito por tubo. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y sección de los conductores se obtendrá de la tabla 9, ITC-BT-21.

Los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 61386-24. Las características mínimas serán las indicadas a continuación.

- Resistencia a la compresión: 250 N para tubos embebidos en hormigón; 450 N para tubos en suelo ligero; 750 N para tubos en suelo pesado.
- Resistencia al impacto: Grado Ligero para tubos embebidos en hormigón; Grado Normal para tubos en suelo ligero o suelo pesado.
- Resistencia a la penetración de objetos sólidos: Protegido contra objetos $D > 1$ mm.
- Resistencia a la penetración del agua: Protegido contra el agua en forma de lluvia.
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos: Protección interior y exterior media.

Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado exterior, situada a una distancia mínima del nivel del suelo de 0,10 m y a 0,25 m por encima del tubo.

En los cruzamientos de calzadas, la canalización, además de entubada, irá hormigonada y se instalará como mínimo un tubo de reserva.

A fin de hacer completamente registrable la instalación, cada uno de los soportes llevará

adosada una arqueta de fábrica de ladrillo cerámico macizo (cítara) enfoscada interiormente, con tapa de fundición de 37x37 cm.; estas arquetas se ubicarán también en cada uno de los cruces, derivaciones o cambios de dirección.

La cimentación de las columnas se realizará con dados de hormigón en masa de resistencia característica $R_k = 175 \text{ Kg/cm}^2$, con pernos embebidos para anclaje y con comunicación a columna por medio de codo.

16.2. REDES AÉREAS.

Se emplearán los sistemas y materiales adecuados para las redes aéreas aisladas descritas en ITC-BT-06.

Podrán estar constituidas por cables posados sobre fachadas o tensados sobre apoyos. En este último caso, los cables serán autoportantes con neutro fiador o con fiador de acero.

Las acometidas podrán ser subterráneas o aéreas con cables aislados, realizándose de acuerdo con las prescripciones particulares de la compañía suministradora. La acometida finalizará en la caja general de protección y a continuación de la misma se dispondrá el equipo de medida.

17. CONDUCTORES.

Los conductores a emplear en la instalación serán de Cu, multiconductores o unipolares, tensión asignada 0,6/1 KV, enterrados bajo tubo o instalados al aire.

La sección mínima a emplear en redes subterráneas, incluido el neutro, será de 6 mm^2 . En distribuciones trifásicas tetrapolares, para conductores de fase de sección superior a 6 mm^2 , la sección del neutro será conforme a lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-07. Los empalmes y derivaciones deberán realizarse en cajas de bornes adecuadas, situadas dentro de los soportes de las luminarias, y a una altura mínima de 0,3 m sobre el nivel del suelo o en una arqueta registrable, que garanticen, en ambos casos, la continuidad, el aislamiento y la estanqueidad del conductor.

La sección mínima a emplear en redes aéreas, para todos los conductores incluido el neutro, será de 4 mm^2 . En distribuciones trifásicas tetrapolares con conductores de fase de sección superior a 10 mm^2 , la sección del neutro será como mínimo la mitad de la sección de fase.

La instalación de los conductores de alimentación a las lámparas se realizará en Cu, bipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, de $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$ de sección, protegidos por c/c fusibles calibrados de 6 A. El circuito encargado de la alimentación al equipo reductor de flujo, compuesto por Balasto especial, Condensador, Arrancador electrónico y Unidad de conmutación, se realizará con conductores de Cu, bipolares, tensión asignada 0,6/1 kV, de $2,5 \text{ mm}^2$ de sección mínima.

Las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto será menor o igual que el 3 %.

18. SISTEMAS DE PROTECCIÓN.

En primer lugar, la red de alumbrado público estará protegida contra los efectos de las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos) que puedan presentarse en la misma (ITC-BT-

09, apdo. 4), por lo tanto, se utilizarán los siguientes sistemas de protección:

- Protección a sobrecargas: Se utilizará un interruptor automático ubicado en el cuadro de mando, desde donde parte la red eléctrica (según figura en anexo de cálculo). La reducción de sección para los circuitos de alimentación a luminarias (2,5 mm²) se protegerá con los fusibles de 6 A existentes en cada columna.
- Protección a cortocircuitos: Se utilizará un interruptor automático ubicado en el cuadro de mando, desde donde parte la red eléctrica (según figura en anexo de cálculo). La reducción de sección para los circuitos de alimentación a luminarias (2,5 mm²) se protegerá con los fusibles de 6 A existentes en cada columna.

En segundo lugar, para la protección contra contactos directos e indirectos (ITC-BT-09, apdos. 9 y 10) se han tomado las medidas siguientes:

- Instalación de luminarias Clase I o Clase II. Cuando las luminarias sean de Clase I, deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra, mediante cable unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V con recubrimiento de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm² en cobre.
- Ubicación del circuito eléctrico enterrado bajo tubo en una zanja practicada al efecto, con el fin de resultar imposible un contacto fortuito con las manos por parte de las personas que habitualmente circulan por el acerado.
- Aislamiento de todos los conductores, con el fin de recubrir las partes activas de la instalación.
- Alojamiento de los sistemas de protección y control de la red eléctrica, así como todas las conexiones pertinentes, en cajas o cuadros eléctricos aislantes, los cuales necesitarán de útiles especiales para proceder a su apertura (cuadro de protección, medida y control, registro de columnas, y luminarias que estén instaladas a una altura inferior a 3 m sobre el suelo o en un espacio accesible al público).
- Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias y del cuadro de protección, medida y control estarán conectadas a tierra, así como las partes metálicas de los quioscos, marquesinas, cabinas telefónicas, paneles de anuncios y demás elementos de mobiliario urbano, que estén a una distancia inferior a 2 m de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior y que sean susceptibles de ser tocadas simultáneamente.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ohm. También se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5 Ohm y a 1 Ohm, respectivamente. En cualquier caso, la máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc.).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control. En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea. Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm² de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.
- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm² para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el

interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm² de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

En tercer lugar, cuando la instalación se alimente por, o incluya, una línea aérea con conductores desnudos o aislados será necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico (ITC-BT-09, apdo. 4) en el origen de la instalación (situación controlada).

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro, y la tierra de la instalación.

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla siguiente, según su categoría.

<u>Tensión nominal de la instalación (V)</u>		<u>Tensión soportada a impulsos 1,2/50 (kV)</u>							
Sistemas III	/	Sistemas II	Cat. IV	/	Cat. III	/	Cat. II	/	Cat. I
230/400		230	6		4		2,5		1,5

Categoría I: Equipos muy sensibles a sobretensiones destinados a conectarse a una instalación fija (equipos electrónicos, etc.).

Categoría II: Equipos destinados a conectarse a una instalación fija (electrodomésticos y equipos similares).

Categoría III: Equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija (armarios, embarrados, protecciones, canalizaciones, etc).

Categoría IV: Equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución (contadores, aparatos de teledistribución, etc.).

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla anterior se pueden utilizar, no obstante:

- en situación natural (bajo riesgo de sobretensiones, debido a que la instalación está alimentada por una red subterránea en su totalidad), cuando el riesgo sea aceptable.
- en situación controlada, si la protección a sobretensiones es adecuada.

19. COMPOSICIÓN DEL CUADRO DE PROTECCIÓN, MEDIDA Y CONTROL.

La envolvente del cuadro proporcionará un grado de protección mínima IP55, según UNE-EN 60529 e IK10 según UNE-EN 50.102, y dispondrá de un sistema de cierre que permita el acceso exclusivo al mismo, del personal autorizado, con su puerta de acceso situada a una altura comprendida entre 2 m y 0,3 m.

El cuadro estará compuesto por los siguientes elementos.

- 1 Ud. armario de poliéster prensado, protección IP-669, de 1250x750x300 mm., con departamento separado para equipo de medida.
- 4 Ud. base fusible de A. con fusibles de A.
- 1 Ud. contactor A.
- 1 Ud. interruptor diferencial IV, A., 30 mA.

- 1 Ud. célula fotoeléctrica.
- 1 Ud. interruptor horario.
- 1 Ud. interruptor magnetotérmico IV, A.
- C/c fusibles para protección de circuitos a células y contactores de 6 A.

20. PLANOS

En el documento correspondiente de este proyecto, se adjuntan cuantos planos se han estimado necesarios con los detalles suficientes de las instalaciones que se han proyectado, con claridad y objetividad.

21. CONCLUSIÓN

Expuesto el objeto y la utilidad del presente proyecto, esperamos que el mismo merezca la aprobación de la Administración y el Ayuntamiento, dándonos las autorizaciones pertinentes para su tramitación y puesta en servicio.

3.2.- CALCULOS JUSTIFICATIVOS

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

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

$$e = 1,732 \times I [(L \times \cos\varphi / k \times S \times n) + (X_u \times L \times \sin\varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

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

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

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

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

S = Sección del conductor en mm².

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

n = Nº de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

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

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

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T .

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T .

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

$$C_u = 0.017241 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$A_l = 0.028264 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$C_u = 0.003929$$

$$A_l = 0.004032$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T_0 = Temperatura ambiente (°C):

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

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

T_{\max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

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

$$\text{PVC} = 70^\circ\text{C}$$

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

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

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b : intensidad utilizada en el circuito.

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

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

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

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 In como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 In).

Fórmulas Resistencia Tierra

Placa enterrada

$$R_t = 0,8 \cdot \rho / P$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)
 ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)
 P: Perímetro de la placa (m)

Pica vertical

$$R_t = \rho / L$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)
 ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)
 L: Longitud de la pica (m)

Conductor enterrado horizontalmente

$$R_t = 2 \cdot \rho / L$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)
 ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)
 L: Longitud del conductor (m)

Asociación en paralelo de varios electrodos

$$R_t = 1 / (L_c/2\rho + L_p/\rho + P/0,8\rho)$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)
 ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)
 L_c: Longitud total del conductor (m)
 L_p: Longitud total de las picas (m)
 P: Perímetro de las placas (m)

AP1

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9
 C.d.t. máx.(%): 3
 Cos φ : 1

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálc. (R S T) (A)	In/Ireg (A)	In/Sens. Dif(A/mA)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	CM1	2	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	17,54 18,71 17,54			4x50	155/1	110
2	2	3	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	17,54 17,54 17,54			4x50	155/1	110
3	3	4	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	17,54 17,54 16,37			4x50	155/1	110
4	4	5	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	16,37 17,54 16,37			4x50	155/1	110
5	5	6	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	16,37 16,37 16,37			4x50	155/1	110

19-R	3,332		1,443	(-270 W)
19-S	3,407		1,475	
19-T	3,24		1,403	
20-R	3,509		1,519	
20-S	3,601		1,559	(-270 W)
20-T	3,416		1,479	
21-R	3,685		1,596	
21-S	3,777		1,636	
21-T	3,593		1,556	(-270 W)
22-R	3,862		1,672	(-270 W)
22-S	3,954		1,712	
22-T	3,752		1,624	
23-R	4,02		1,741	
23-S	4,131		1,789	(-270 W)
23-T	3,91		1,693	
24-R	4,179		1,81	
24-S	4,289		1,857	
24-T	4,069		1,762	(-270 W)
25-R	4,338		1,878	(-270 W)
25-S	4,448		1,926	
25-T	4,21		1,823	
26-R	4,479		1,94	
26-S	4,607		1,995	(-270 W)
26-T	4,351		1,884	
27-R	4,62		2,001	
27-S	4,748		2,056	
27-T	4,493		1,945	(-270 W)
28-R	4,761		2,062	(-270 W)
28-S	4,889		2,117	
28-T	4,616		1,999	
29-R	4,885		2,115	
29-S	5,03		2,178	(-270 W)
29-T	4,739		2,052	
30-R	5,008		2,169	
30-S	5,154		2,232	
30-T	4,863		2,106	(-270 W)
31-R	5,132		2,222	(-270 W)
31-S	5,277		2,285	
31-T	4,969		2,151	
32-R	5,238		2,268	
32-S	5,401		2,339	(-270 W)
32-T	5,074		2,197	
33-R	5,343		2,314	
33-S	5,506		2,384	
33-T	5,18		2,243	(-270 W)
34-R	5,449		2,36	(-270 W)
34-S	5,612		2,43	
34-T	5,268		2,281	
35-R	5,537		2,398	
35-S	5,718		2,476	(-270 W)
35-T	5,356		2,319	
36-R	5,661		2,451	
36-S	5,841		2,529	
36-T	5,48		2,373	(-270 W)
37-R	5,784		2,505	(-270 W)
37-S	5,965		2,583	
37-T	5,579		2,416	
38-R	5,883		2,547	
38-S	6,088		2,636	(-270 W)
38-T	5,677		2,458	
39-R	5,981		2,59	
39-S	6,187		2,679	
39-T	5,776		2,501	(-270 W)
40-R	6,08		2,633	(-270 W)
40-S	6,286		2,722	
40-T	5,85		2,533	
41-R	6,154		2,665	
41-S	6,384		2,764	(-270 W)
41-T	5,924		2,565	
42-R	6,228		2,697	

42-S	6,458		2,797	
42-T	5,998		2,597	(-270 W)
43-R	6,302		2,729	(-270 W)
43-S	6,532		2,829	
43-T	6,047		2,619	
44-R	6,352		2,75	
44-S	6,606		2,861	(-270 W)
44-T	6,097		2,64	
45-R	6,429		2,784	
45-S	6,683		2,894	
45-T	6,174		2,673	(-270 W)
46-R	6,506		2,817	(-270 W)
46-S	6,761		2,927	
46-T	6,174		2,673	
47-R	6,506		2,817	
47-S	6,884		2,981*	(-270 W)
47-T	6,174		2,673	
48	0	230,94	0	(12.690 W)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

48-CM1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47 = 0 %

AP2

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 3

Cos φ : 1

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálc. (R S T) (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	25	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	14,03 12,86 12,86	4x25	105/1	90
2	2	3	25	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,86 12,86 12,86	4x25	105/1	90
3	3	4	25	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,86 11,69 12,86	4x25	105/1	90
4	4	5	25	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,86 11,69 11,69	4x25	105/1	90
5	5	6	25	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 11,69 11,69	4x25	105/1	90
6	6	7	25	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 10,52 11,69	4x25	105/1	90
7	7	8	25	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 10,52 10,52	4x25	105/1	90
8	8	9	25	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,52 10,52 10,52	4x25	105/1	90
9	9	10	25	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,52 9,35 10,52	4x25	105/1	90
10	10	11	25	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,52 9,35 9,35	4x25	105/1	90
11	11	12	23	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,35 9,35 9,35	4x25	105/1	90
12	12	13	25	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,35 9,35 9,35	4x25	105/1	90
13	13	14	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,35 8,18 9,35	4x25	105/1	90
14	14	15	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,35 8,18 8,18	4x25	105/1	90
15	15	16	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,18 8,18 8,18	4x25	105/1	90
16	16	17	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,18 7,01 8,18	4x25	105/1	90
17	17	18	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,18 7,01 7,01	4x25	105/1	90
18	18	19	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,01 7,01 7,01	4x25	105/1	90
19	19	20	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,01 5,85 7,01	4x25	105/1	90
20	20	21	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,01 5,85 5,85	4x25	105/1	90
21	21	22	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 5,85	4x16	82/1	90
22	22	23	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 4,68 5,85	4x16	82/1	90
23	23	24	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 4,68 4,68	4x16	82/1	90
24	24	25	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,68 4,68 4,68	4x16	82/1	90
25	25	26	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,68 3,51 4,68	4x16	82/1	90
26	26	27	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,68 3,51 3,51	4x16	82/1	90
27	27	28	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,51 3,51 3,51	4x16	82/1	90
28	28	29	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,51 2,34 3,51	4x16	82/1	90

29	29	30	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,51 2,34 2,34	4x16	82/1	90
30	30	31	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,34 2,34 2,34	4x16	82/1	90
31	31	32	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,34 1,17 2,34	4x16	82/1	90
32	32	33	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,34 1,17 1,17	4x16	82/1	90
33	33	34	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,17 1,17 1,17	4x10	76/1	90
34	34	35	31	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,17 0 1,17	4x10	76/1	90
35	35	36	29	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,17 0 0	4x6	57/1	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	230,94	0	(9.180 W)
2-R	0,269		0,116	(-270 W)
2-S	0,248		0,107	
2-T	0,248		0,107	
3-R	0,516		0,224	
3-S	0,495		0,215	(-270 W)
3-T	0,495		0,215	
4-R	0,764		0,331	
4-S	0,722		0,313	
4-T	0,743		0,322	(-270 W)
5-R	1,012		0,438	(-270 W)
5-S	0,949		0,411	
5-T	0,97		0,42	
6-R	1,239		0,536	
6-S	1,176		0,509	(-270 W)
6-T	1,197		0,518	
7-R	1,466		0,635	
7-S	1,382		0,599	
7-T	1,424		0,617	(-270 W)
8-R	1,693		0,733	(-270 W)
8-S	1,589		0,688	
8-T	1,63		0,706	
9-R	1,899		0,822	
9-S	1,795		0,777	(-270 W)
9-T	1,836		0,795	
10-R	2,105		0,911	
10-S	1,98		0,857	
10-T	2,043		0,884	(-270 W)
11-R	2,311		1,001	(-270 W)
11-S	2,166		0,938	
11-T	2,228		0,965	
12-R	2,482		1,075	
12-S	2,336		1,012	
12-T	2,399		1,039	
13-R	2,667		1,155	
13-S	2,522		1,092	(-270 W)
13-T	2,584		1,119	
14-R	2,89		1,251	
14-S	2,719		1,178	
14-T	2,807		1,215	(-270 W)
15-R	3,112		1,348	(-270 W)
15-S	2,917		1,263	
15-T	3,004		1,301	
16-R	3,31		1,433	
16-S	3,115		1,349	(-270 W)
16-T	3,202		1,386	
17-R	3,508		1,519	
17-S	3,288		1,424	
17-T	3,4		1,472	(-270 W)
18-R	3,705		1,604	(-270 W)
18-S	3,461		1,498	
18-T	3,573		1,547	
19-R	3,878		1,679	
19-S	3,634		1,573	(-270 W)
19-T	3,745		1,622	
20-R	4,051		1,754	
20-S	3,782		1,638	
20-T	3,918		1,697	(-270 W)
21-R	4,224		1,829	(-270 W)

21-S	3,93		1,702	
21-T	4,067		1,761	
22-R	4,456		1,929	
22-S	4,161		1,802	(-270 W)
22-T	4,298		1,861	
23-R	4,687		2,03	
23-S	4,354		1,886	
23-T	4,53		1,961	(-270 W)
24-R	4,919		2,13	(-270 W)
24-S	4,547		1,969	
24-T	4,723		2,045	
25-R	5,112		2,214	
25-S	4,74		2,053	(-270 W)
25-T	4,916		2,129	
26-R	5,305		2,297	
26-S	4,895		2,119	
26-T	5,109		2,212	(-270 W)
27-R	5,498		2,381	(-270 W)
27-S	5,049		2,186	
27-T	5,263		2,279	
28-R	5,652		2,447	
28-S	5,203		2,253	(-270 W)
28-T	5,417		2,346	
29-R	5,806		2,514	
29-S	5,319		2,303	
29-T	5,571		2,412	(-270 W)
30-R	5,961		2,581	(-270 W)
30-S	5,434		2,353	
30-T	5,687		2,463	
31-R	6,076		2,631	
31-S	5,55		2,403	(-270 W)
31-T	5,803		2,513	
32-R	6,192		2,681	
32-S	5,627		2,437	
32-T	5,918		2,563	(-270 W)
33-R	6,308		2,731	(-270 W)
33-S	5,704		2,47	
33-T	5,996		2,596	
34-R	6,431		2,785	
34-S	5,828		2,523	(-270 W)
34-T	6,119		2,65	
35-R	6,558		2,84	
35-S	5,828		2,523	
35-T	6,246		2,705	(-270 W)
36-R	6,757		2,926*	(-270 W)
36-S	5,828		2,523	
36-T	6,246		2,705	

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36 = 2.7 %

AP3

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 3

Cos φ : 1

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo	Nudo	Long.	Metal/	Canal./Design./Polar.	I.Cálc. (R S T) (A)	Sección	I. Admisi.	D.tubo
-------	------	------	-------	--------	-----------------------	---------------------	---------	------------	--------

	Orig.	Dest.	(m)	Xu(mΩ/m)			(mm ²)	(A)/Fc	(mm)
1	1	2	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 9,74 8,77	4x10	76/1	90
2	2	3	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,77 9,74 8,77	4x10	76/1	90
3	3	4	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,77 8,77 8,77	4x10	76/1	90
4	4	5	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,77 8,77 7,79	4x10	76/1	90
5	5	6	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 8,77 7,79	4x10	76/1	90
6	6	7	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 7,79 7,79	4x10	76/1	90
7	7	8	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 7,79 6,82	4x10	76/1	90
8	8	9	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	6,82 7,79 6,82	4x10	76/1	90
9	9	10	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	6,82 6,82 6,82	4x6	57/1	90
10	10	11	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	6,82 6,82 5,85	4x6	57/1	90
11	11	12	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 6,82 5,85	4x6	57/1	90
12	12	13	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 5,85	4x6	57/1	90
13	13	14	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 4,87	4x6	57/1	90
14	14	15	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,87 5,85 4,87	4x6	57/1	90
15	15	16	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,87 4,87 4,87	4x6	57/1	90
16	16	17	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,87 4,87 3,9	4x6	57/1	90
17	17	18	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 4,87 3,9	4x6	57/1	90
18	18	19	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 3,9	4x6	57/1	90
19	19	20	12	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 2,92	4x6	57/1	90
20	20	21	14	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 2,92	4x6	57/1	90
21	21	22	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 3,9 2,92	4x6	57/1	90
22	22	23	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 2,92 2,92	4x6	57/1	90
23	23	24	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 2,92 1,95	4x6	57/1	90
24	24	25	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 2,92 1,95	4x6	57/1	90
25	25	26	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 1,95	4x6	57/1	90
26	26	27	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 0,97	4x6	57/1	90
27	27	28	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 1,95 0,97	4x6	57/1	90
28	28	29	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 0,97 0,97	4x6	57/1	90
29	29	30	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 0,97 0	4x6	57/1	90
30	30	31	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 0,97 0	4x6	57/1	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	230,94	0	(6.525 W)
2-R	0,284		0,123	(-225 W)
2-S	0,284		0,123	
2-T	0,258		0,112	
3-R	0,542		0,235	
3-S	0,568		0,246	(-225 W)
3-T	0,516		0,223	
4-R	0,8		0,346	
4-S	0,826		0,358	
4-T	0,774		0,335	(-225 W)
5-R	1,058		0,458	(-225 W)
5-S	1,084		0,469	
5-T	1,006		0,436	
6-R	1,29		0,559	
6-S	1,342		0,581	(-225 W)
6-T	1,238		0,536	
7-R	1,522		0,659	
7-S	1,574		0,682	
7-T	1,47		0,636	(-225 W)
8-R	1,754		0,759	(-225 W)
8-S	1,806		0,782	
8-T	1,676		0,726	
9-R	1,96		0,849	
9-S	2,038		0,882	(-225 W)
9-T	1,882		0,815	
10-R	2,304		0,998	
10-S	2,382		1,031	
10-T	2,226		0,964	(-225 W)
11-R	2,648		1,147	(-225 W)
11-S	2,726		1,18	
11-T	2,527		1,094	
12-R	2,949		1,277	
12-S	3,07		1,33	(-225 W)
12-T	2,828		1,224	
13-R	3,25		1,407	
13-S	3,371		1,46	

13-T	3,129		1,355	(-225 W)
14-R	3,551		1,537	(-225 W)
14-S	3,672		1,59	
14-T	3,386		1,466	
15-R	3,808		1,649	
15-S	3,973		1,72	(-225 W)
15-T	3,644		1,578	
16-R	4,066		1,761	
16-S	4,23		1,832	
16-T	3,901		1,689	(-225 W)
17-R	4,323		1,872	(-225 W)
17-S	4,488		1,943	
17-T	4,116		1,782	
18-R	4,538		1,965	
18-S	4,746		2,055	(-225 W)
18-T	4,33		1,875	
19-R	4,752		2,058	
19-S	4,96		2,148	
19-T	4,545		1,968	(-225 W)
20-R	4,924		2,132	
20-S	5,132		2,222	
20-T	4,682		2,027	
21-R	5,124		2,219	(-225 W)
21-S	5,332		2,309	
21-T	4,842		2,097	
22-R	5,296		2,293	
22-S	5,546		2,402	(-225 W)
22-T	5,014		2,171	
23-R	5,467		2,367	
23-S	5,718		2,476	
23-T	5,185		2,245	(-225 W)
24-R	5,639		2,442	(-225 W)
24-S	5,889		2,55	
24-T	5,314		2,301	
25-R	5,767		2,497	
25-S	6,061		2,624	(-225 W)
25-T	5,442		2,356	
26-R	5,896		2,553	
26-S	6,189		2,68	
26-T	5,571		2,412	(-225 W)
27-R	6,024		2,609	(-225 W)
27-S	6,318		2,736	
27-T	5,656		2,449	
28-R	6,11		2,646	
28-S	6,446		2,791	(-225 W)
28-T	5,742		2,486	
29-R	6,196		2,683	
29-S	6,532		2,828	
29-T	5,828		2,523	(-225 W)
30-R	6,281		2,72	(-225 W)
30-S	6,618		2,866	
30-T	5,828		2,523	
31-R	6,281		2,72	
31-S	6,703		2,903*	(-225 W)
31-T	5,828		2,523	

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31 = 2.52 %

AP5

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 3
Cos φ : 1

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálc. (R S T) (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	15,2 15,2 15,2	4x35	130/1	90
2	2	3	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	14,81 15,2 15,2	4x35	130/1	90
3	3	4	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	14,81 14,81 15,2	4x35	130/1	90
4	4	5	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	14,81 14,81 14,81	4x35	130/1	90
5	5	6	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	14,42 14,81 14,81	4x35	130/1	90
6	6	7	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	14,42 14,42 14,81	4x35	130/1	90
7	7	8	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	14,42 14,42 14,42	4x35	130/1	90
8	8	9	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	14,03 14,42 14,42	4x35	130/1	90
9	9	10	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	14,03 14,03 14,42	4x35	130/1	90
10	10	11	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	14,03 14,03 14,03	4x35	130/1	90
11	11	12	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	13,64 14,03 14,03	4x35	130/1	90
12	12	13	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	13,64 13,64 14,03	4x35	130/1	90
13	13	14	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	13,64 13,64 13,64	4x35	130/1	90
14	14	15	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	13,25 13,64 13,64	4x35	130/1	90
15	15	16	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	13,25 13,25 13,64	4x35	130/1	90
16	16	17	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	13,25 13,25 13,25	4x35	130/1	90
17	17	18	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,86 13,25 13,25	4x35	130/1	90
18	18	19	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,86 12,86 13,25	4x35	130/1	90
19	19	20	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,86 12,86 12,86	4x25	105/1	90
20	20	21	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,47 12,86 12,86	4x25	105/1	90
21	21	22	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,47 12,47 12,86	4x25	105/1	90
22	22	23	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,47 12,47 12,47	4x25	105/1	90
23	23	24	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,08 12,47 12,47	4x25	105/1	90
24	24	25	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,08 12,08 12,47	4x25	105/1	90
25	25	26	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,08 12,08 12,08	4x25	105/1	90
26	26	27	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 12,08 12,08	4x25	105/1	90
27	27	28	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 11,69 12,08	4x25	105/1	90
28	28	29	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 11,69 11,69	4x25	105/1	90
29	29	30	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,3 11,69 11,69	4x25	105/1	90
30	30	31	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,3 11,3 11,69	4x25	105/1	90
31	31	32	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,3 11,3 11,3	4x25	105/1	90
32	32	33	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,91 11,3 11,3	4x25	105/1	90
33	33	34	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,91 10,91 11,3	4x25	105/1	90
34	34	35	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,91 10,91 10,91	4x25	105/1	90
35	35	36	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,52 10,91 10,91	4x25	105/1	90
36	36	37	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,52 10,52 10,91	4x25	105/1	90
37	37	38	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,52 10,52 10,52	4x25	105/1	90
38	38	39	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,13 10,52 10,52	4x25	105/1	90
39	39	40	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,13 10,13 10,52	4x25	105/1	90
40	40	41	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,13 10,13 10,13	4x25	105/1	90
41	41	42	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 10,13 10,13	4x25	105/1	90
42	42	43	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 9,74 10,13	4x25	105/1	90
43	43	44	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 9,74 9,74	4x25	105/1	90
44	44	45	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,35 9,74 9,74	4x25	105/1	90
45	45	46	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,35 9,35 9,74	4x25	105/1	90
46	46	47	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,35 9,35 9,35	4x25	105/1	90
47	47	48	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,96 9,35 9,35	4x25	105/1	90
48	48	49	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,96 8,96 9,35	4x25	105/1	90
49	49	50	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,96 8,96 8,96	4x25	105/1	90
50	50	51	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,57 8,96 8,96	4x25	105/1	90
51	51	52	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,57 8,57 8,96	4x25	105/1	90
52	52	53	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,57 8,57 8,57	4x25	105/1	90
53	53	54	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,18 8,57 8,57	4x25	105/1	90
54	54	55	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,18 8,18 8,57	4x25	105/1	90
55	55	56	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,18 8,18 8,18	4x25	105/1	90
56	56	57	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 8,18 8,18	4x25	105/1	90
57	57	58	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 7,79 8,18	4x25	105/1	90
58	58	59	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 7,79 7,79	4x25	105/1	90
59	59	60	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,4 7,79 7,79	4x25	105/1	90
60	60	61	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,4 7,4 7,79	4x25	105/1	90
61	61	62	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,4 7,4 7,4	4x25	105/1	90
62	62	63	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,01 7,4 7,4	4x25	105/1	90
63	63	64	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,01 7,01 7,4	4x25	105/1	90

64	64	65	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,01 7,01 7,01	4x25	105/1	90
65	65	66	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	6,63 7,01 7,01	4x25	105/1	90
66	66	67	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	6,63 6,63 7,01	4x25	105/1	90
67	67	68	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	6,63 6,63 6,63	4x25	105/1	90
68	68	69	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	6,24 6,63 6,63	4x25	105/1	90
69	69	70	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	6,24 6,24 6,63	4x25	105/1	90
70	70	71	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	6,24 6,24 6,24	4x25	105/1	90
71	71	72	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 6,24 6,24	4x25	105/1	90
72	72	73	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 6,24	4x25	105/1	90
73	73	74	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 5,85	4x16	82/1	90
74	74	75	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,46 5,85 5,85	4x16	82/1	90
75	75	76	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,46 5,46 5,85	4x16	82/1	90
76	76	77	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,46 5,46 5,46	4x16	82/1	90
77	77	78	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,07 5,46 5,46	4x16	82/1	90
78	78	79	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,07 5,07 5,46	4x16	82/1	90
79	79	80	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,07 5,07 5,07	4x16	82/1	90
80	80	81	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,68 5,07 5,07	4x16	82/1	90
81	81	82	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,68 4,68 5,07	4x16	82/1	90
82	82	83	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,68 4,68 4,68	4x16	82/1	90
83	83	84	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,29 4,68 4,68	4x16	82/1	90
84	84	85	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,29 4,29 4,68	4x16	82/1	90
85	85	86	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,29 4,29 4,29	4x16	82/1	90
86	86	87	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 4,29 4,29	4x16	82/1	90
87	87	88	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 4,29	4x16	82/1	90
88	88	89	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 3,9	4x16	82/1	90
89	89	90	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,51 3,9 3,9	4x16	82/1	90
90	90	91	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,51 3,51 3,9	4x16	82/1	90
91	91	92	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,51 3,51 3,51	4x16	82/1	90
92	92	93	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,12 3,51 3,51	4x16	82/1	90
93	93	94	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,12 3,12 3,51	4x16	82/1	90
94	94	95	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,12 3,12 3,12	4x16	82/1	90
95	95	96	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,73 3,12 3,12	4x16	82/1	90
96	96	97	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,73 2,73 3,12	4x16	82/1	90
97	97	98	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,73 2,73 2,73	4x16	82/1	90
98	98	99	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,34 2,73 2,73	4x16	82/1	90
99	99	100	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,34 2,34 2,73	4x16	82/1	90
100	100	101	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,34 2,34 2,34	4x16	82/1	90
101	101	102	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 2,34 2,34	4x16	82/1	90
102	102	103	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 2,34	4x16	82/1	90
103	103	104	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 1,95	4x10	76/1	90
104	104	105	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,56 1,95 1,95	4x10	76/1	90
105	105	106	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,56 1,56 1,95	4x10	76/1	90
106	106	107	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,56 1,56 1,56	4x10	76/1	90
107	107	108	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,17 1,56 1,56	4x10	76/1	90
108	108	109	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,17 1,17 1,56	4x10	76/1	90
109	109	110	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,17 1,17 1,17	4x10	76/1	90
110	110	111	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,78 1,17 1,17	4x10	76/1	90
111	111	112	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,78 0,78 1,17	4x10	76/1	90
112	112	113	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,78 0,78 0,78	4x10	76/1	90
113	113	114	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,39 0,78 0,78	4x10	76/1	90
114	114	115	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,39 0,39 0,78	4x10	76/1	90
115	115	116	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,39 0,39 0,39	4x6	57/1	90
116	116	117	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 0,39 0,39	4x6	57/1	90
117	117	118	10	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 0 0,39	4x6	57/1	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	230,94	0	(10.530 W)
2-R	0,078		0,034	(-90 W)
2-S	0,078		0,034	
2-T	0,078		0,034	
3-R	0,154		0,067	
3-S	0,156		0,067	(-90 W)
3-T	0,156		0,067	
4-R	0,23		0,1	
4-S	0,232		0,1	
4-T	0,234		0,101	(-90 W)
5-R	0,306		0,132	(-90 W)
5-S	0,308		0,133	
5-T	0,31		0,134	

6-R	0,38	0,164	
6-S	0,384	0,166	(-90 W)
6-T	0,386	0,167	
7-R	0,454	0,196	
7-S	0,458	0,198	
7-T	0,462	0,2	(-90 W)
8-R	0,528	0,228	(-90 W)
8-S	0,532	0,23	
8-T	0,536	0,232	
9-R	0,6	0,26	
9-S	0,606	0,262	(-90 W)
9-T	0,61	0,264	
10-R	0,672	0,291	
10-S	0,678	0,293	
10-T	0,683	0,296	(-90 W)
11-R	0,744	0,322	(-90 W)
11-S	0,75	0,325	
11-T	0,755	0,327	
12-R	0,814	0,352	
12-S	0,822	0,356	(-90 W)
12-T	0,827	0,358	
13-R	0,884	0,383	
13-S	0,892	0,386	
13-T	0,899	0,389	(-90 W)
14-R	0,954	0,413	(-90 W)
14-S	0,962	0,416	
14-T	0,969	0,42	
15-R	1,022	0,442	
15-S	1,032	0,447	(-90 W)
15-T	1,039	0,45	
16-R	1,09	0,472	
16-S	1,1	0,476	
16-T	1,109	0,48	(-90 W)
17-R	1,158	0,501	(-90 W)
17-S	1,168	0,506	
17-T	1,178	0,51	
18-R	1,224	0,53	
18-S	1,236	0,535	(-90 W)
18-T	1,246	0,539	
19-R	1,29	0,559	
19-S	1,302	0,564	
19-T	1,314	0,569	(-90 W)
20-R	1,383	0,599	(-90 W)
20-S	1,394	0,604	
20-T	1,406	0,609	
21-R	1,472	0,638	
21-S	1,487	0,644	(-90 W)
21-T	1,499	0,649	
22-R	1,562	0,676	
22-S	1,577	0,683	
22-T	1,591	0,689	(-90 W)
23-R	1,652	0,715	(-90 W)
23-S	1,667	0,722	
23-T	1,681	0,728	
24-R	1,739	0,753	
24-S	1,757	0,761	(-90 W)
24-T	1,771	0,767	
25-R	1,826	0,791	
25-S	1,844	0,798	
25-T	1,861	0,806	(-90 W)
26-R	1,913	0,828	(-90 W)
26-S	1,931	0,836	
26-T	1,948	0,844	
27-R	1,998	0,865	
27-S	2,018	0,874	(-90 W)
27-T	2,035	0,881	
28-R	2,082	0,902	
28-S	2,102	0,91	
28-T	2,122	0,919	(-90 W)
29-R	2,166	0,938	(-90 W)

29-S	2,186		0,947	
29-T	2,207		0,955	
30-R	2,248		0,973	
30-S	2,271		0,983	(-90 W)
30-T	2,291		0,992	
31-R	2,329		1,009	
31-S	2,352		1,019	
31-T	2,375		1,028	(-90 W)
32-R	2,411		1,044	(-90 W)
32-S	2,434		1,054	
32-T	2,457		1,064	
33-R	2,49		1,078	
33-S	2,515		1,089	(-90 W)
33-T	2,538		1,099	
34-R	2,568		1,112	
34-S	2,594		1,123	
34-T	2,62		1,134	(-90 W)
35-R	2,647		1,146	(-90 W)
35-S	2,673		1,157	
35-T	2,699		1,169	
36-R	2,723		1,179	
36-S	2,752		1,192	(-90 W)
36-T	2,777		1,203	
37-R	2,799		1,212	
37-S	2,828		1,224	
37-T	2,856		1,237	(-90 W)
38-R	2,875		1,245	(-90 W)
38-S	2,904		1,257	
38-T	2,932		1,27	
39-R	2,949		1,277	
39-S	2,98		1,29	(-90 W)
39-T	3,008		1,303	
40-R	3,022		1,308	
40-S	3,053		1,322	
40-T	3,084		1,336	(-90 W)
41-R	3,095		1,34	(-90 W)
41-S	3,126		1,354	
41-T	3,157		1,367	
42-R	3,166		1,371	
42-S	3,2		1,385	(-90 W)
42-T	3,231		1,399	
43-R	3,236		1,401	
43-S	3,27		1,416	
43-T	3,304		1,431	(-90 W)
44-R	3,307		1,432	(-90 W)
44-S	3,341		1,446	
44-T	3,375		1,461	
45-R	3,374		1,461	
45-S	3,411		1,477	(-90 W)
45-T	3,445		1,492	
46-R	3,442		1,49	
46-S	3,479		1,506	
46-T	3,516		1,522	(-90 W)
47-R	3,51		1,52	(-90 W)
47-S	3,547		1,536	
47-T	3,583		1,552	
48-R	3,575		1,548	
48-S	3,614		1,565	(-90 W)
48-T	3,651		1,581	
49-R	3,64		1,576	
49-S	3,679		1,593	
49-T	3,719		1,61	(-90 W)
50-R	3,705		1,604	(-90 W)
50-S	3,744		1,621	
50-T	3,784		1,638	
51-R	3,767		1,631	
51-S	3,809		1,649	(-90 W)
51-T	3,849		1,667	
52-R	3,829		1,658	
52-S	3,871		1,676	

52-T	3,914		1,695	(-90 W)
53-R	3,891		1,685	(-90 W)
53-S	3,934		1,703	
53-T	3,976		1,722	
54-R	3,951		1,711	
54-S	3,996		1,73	(-90 W)
54-T	4,038		1,749	
55-R	4,01		1,737	
55-S	4,055		1,756	
55-T	4,1		1,775	(-90 W)
56-R	4,07		1,762	(-90 W)
56-S	4,115		1,782	
56-T	4,16		1,801	
57-R	4,127		1,787	
57-S	4,174		1,808	(-90 W)
57-T	4,219		1,827	
58-R	4,183		1,811	
58-S	4,231		1,832	
58-T	4,279		1,853	(-90 W)
59-R	4,24		1,836	(-90 W)
59-S	4,288		1,857	
59-T	4,335		1,877	
60-R	4,294		1,859	
60-S	4,344		1,881	(-90 W)
60-T	4,392		1,902	
61-R	4,348		1,883	
61-S	4,398		1,905	
61-T	4,449		1,926	(-90 W)
62-R	4,402		1,906	(-90 W)
62-S	4,452		1,928	
62-T	4,503		1,95	
63-R	4,453		1,928	
63-S	4,506		1,951	(-90 W)
63-T	4,557		1,973	
64-R	4,504		1,95	
64-S	4,558		1,973	
64-T	4,611		1,997	(-90 W)
65-R	4,556		1,973	(-90 W)
65-S	4,609		1,996	
65-T	4,662		2,019	
66-R	4,604		1,994	
66-S	4,66		2,018	(-90 W)
66-T	4,713		2,041	
67-R	4,652		2,015	
67-S	4,708		2,039	
67-T	4,764		2,063	(-90 W)
68-R	4,701		2,036	(-90 W)
68-S	4,757		2,06	
68-T	4,813		2,084	
69-R	4,747		2,055	
69-S	4,805		2,081	(-90 W)
69-T	4,861		2,105	
70-R	4,792		2,075	
70-S	4,851		2,101	
70-T	4,91		2,126	(-90 W)
71-R	4,838		2,095	(-90 W)
71-S	4,897		2,12	
71-T	4,956		2,146	
72-R	4,881		2,114	
72-S	4,943		2,14	(-90 W)
72-T	5,001		2,166	
73-R	4,924		2,132	
73-S	4,986		2,159	
73-T	5,047		2,185	(-90 W)
74-R	4,991		2,161	(-90 W)
74-S	5,053		2,188	
74-T	5,114		2,215	
75-R	5,054		2,188	
75-S	5,12		2,217	(-90 W)
75-T	5,181		2,244	

76-R	5,117		2,216	
76-S	5,183		2,244	
76-T	5,249		2,273	(-90 W)
77-R	5,18		2,243	(-90 W)
77-S	5,246		2,271	
77-T	5,311		2,3	
78-R	5,238		2,268	
78-S	5,308		2,299	(-90 W)
78-T	5,374		2,327	
79-R	5,297		2,294	
79-S	5,367		2,324	
79-T	5,437		2,354	(-90 W)
80-R	5,356		2,319	(-90 W)
80-S	5,426		2,349	
80-T	5,496		2,38	
81-R	5,41		2,343	
81-S	5,484		2,375	(-90 W)
81-T	5,554		2,405	
82-R	5,464		2,366	
82-S	5,539		2,398	
82-T	5,613		2,43	(-90 W)
83-R	5,518		2,39	(-90 W)
83-S	5,593		2,422	
83-T	5,667		2,454	
84-R	5,568		2,411	
84-S	5,647		2,445	(-90 W)
84-T	5,721		2,477	
85-R	5,618		2,433	
85-S	5,697		2,467	
85-T	5,776		2,501	(-90 W)
86-R	5,668		2,454	(-90 W)
86-S	5,747		2,489	
86-T	5,826		2,523	
87-R	5,714		2,474	
87-S	5,797		2,51	(-90 W)
87-T	5,876		2,544	
88-R	5,76		2,494	
88-S	5,843		2,53	
88-T	5,926		2,566	(-90 W)
89-R	5,805		2,514	(-90 W)
89-S	5,888		2,55	
89-T	5,971		2,586	
90-R	5,847		2,532	
90-S	5,934		2,57	(-90 W)
90-T	6,017		2,606	
91-R	5,888		2,55	
91-S	5,976		2,588	
91-T	6,063		2,625	(-90 W)
92-R	5,93		2,568	(-90 W)
92-S	6,017		2,605	
92-T	6,104		2,643	
93-R	5,967		2,584	
93-S	6,058		2,623	(-90 W)
93-T	6,146		2,661	
94-R	6,004		2,6	
94-S	6,096		2,639	
94-T	6,187		2,679	(-90 W)
95-R	6,041		2,616	(-90 W)
95-S	6,133		2,656	
95-T	6,224		2,695	
96-R	6,074		2,63	
96-S	6,17		2,672	(-90 W)
96-T	6,261		2,711	
97-R	6,107		2,644	
97-S	6,203		2,686	
97-T	6,298		2,727	(-90 W)
98-R	6,14		2,659	(-90 W)
98-S	6,235		2,7	
98-T	6,331		2,742	
99-R	6,168		2,671	

99-S	6,268		2,714	(-90 W)
99-T	6,364		2,756	
100-R	6,197		2,683	
100-S	6,297		2,727	
100-T	6,397		2,77	(-90 W)
101-R	6,225		2,696	(-90 W)
101-S	6,325		2,739	
101-T	6,426		2,782	
102-R	6,25		2,706	
102-S	6,354		2,751	(-90 W)
102-T	6,454		2,795	
103-R	6,274		2,717	
103-S	6,378		2,762	
103-T	6,483		2,807	(-90 W)
104-R	6,313		2,733	(-90 W)
104-S	6,417		2,779	
104-T	6,521		2,824	
105-R	6,345		2,747	
105-S	6,456		2,795	(-90 W)
105-T	6,56		2,841	
106-R	6,377		2,761	
106-S	6,488		2,809	
106-T	6,599		2,858	(-90 W)
107-R	6,409		2,775	(-90 W)
107-S	6,52		2,823	
107-T	6,631		2,871	
108-R	6,434		2,786	
108-S	6,552		2,837	(-90 W)
108-T	6,663		2,885	
109-R	6,459		2,797	
109-S	6,577		2,848	
109-T	6,695		2,899	(-90 W)
110-R	6,484		2,808	(-90 W)
110-S	6,602		2,859	
110-T	6,72		2,91	
111-R	6,502		2,816	
111-S	6,627		2,87	(-90 W)
111-T	6,745		2,921	
112-R	6,52		2,823	
112-S	6,645		2,878	
112-T	6,77		2,932	(-90 W)
113-R	6,539		2,831	(-90 W)
113-S	6,664		2,885	
113-T	6,789		2,94	
114-R	6,55		2,836	
114-S	6,682		2,893	(-90 W)
114-T	6,807		2,948	
115-R	6,562		2,841	
115-S	6,693		2,898	
115-T	6,825		2,955	(-90 W)
116-R	6,581		2,849	(-90 W)
116-S	6,712		2,907	
116-T	6,844		2,964	
117-R	6,581		2,849	
117-S	6,731		2,915	(-90 W)
117-T	6,863		2,972	
118-R	6,581		2,849	
118-S	6,731		2,915	
118-T	6,882		2,98*	(-90 W)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118 = 2.98 %

AP6

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9
C.d.t. máx.(%): 3
Cos φ : 1

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálc. (R S T) (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 11,69 11,69	4x25	105/1	90
2	2	3	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,52 11,69 11,69	4x25	105/1	90
3	3	4	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,52 10,52 11,69	4x25	105/1	90
4	4	5	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,52 10,52 10,52	4x25	105/1	90
5	5	6	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,35 10,52 10,52	4x25	105/1	90
6	6	7	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,35 9,35 10,52	4x25	105/1	90
7	7	8	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,35 9,35 9,35	4x16	82/1	90
8	8	9	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,18 9,35 9,35	4x16	82/1	90
9	9	10	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,18 8,18 9,35	4x16	82/1	90
10	10	11	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,18 8,18 8,18	4x16	82/1	90
11	11	12	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,01 8,18 8,18	4x16	82/1	90
12	12	13	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,01 7,01 8,18	4x16	82/1	90
13	13	14	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,01 7,01 7,01	4x16	82/1	90
14	14	15	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 7,01 7,01	4x16	82/1	90
15	15	16	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 7,01	4x16	82/1	90
16	16	17	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 5,85	4x16	82/1	90
17	17	18	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,68 5,85 5,85	4x16	82/1	90
18	18	19	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,68 4,68 5,85	4x16	82/1	90
19	19	20	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,68 4,68 4,68	4x16	82/1	90
20	20	21	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,51 4,68 4,68	4x16	82/1	90
21	21	22	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,51 3,51 4,68	4x16	82/1	90
22	22	23	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,51 3,51 3,51	4x10	76/1	90
23	23	24	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,34 3,51 3,51	4x10	76/1	90
24	24	25	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,34 2,34 3,51	4x10	76/1	90
25	25	26	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,34 2,34 2,34	4x10	76/1	90
26	26	27	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,17 2,34 2,34	4x10	76/1	90
27	27	28	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,17 1,17 2,34	4x10	76/1	90
28	28	29	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,17 1,17 1,17	4x10	76/1	90
29	29	30	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 1,17 1,17	4x10	76/1	90
30	30	31	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 0 1,17	4x6	57/1	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	230,94	0	(8.100 W)
2-R	0,264		0,114	(-270 W)
2-S	0,264		0,114	
2-T	0,264		0,114	
3-R	0,503		0,218	
3-S	0,528		0,229	(-270 W)
3-T	0,528		0,229	
4-R	0,742		0,321	
4-S	0,767		0,332	
4-T	0,792		0,343	(-270 W)
5-R	0,981		0,425	(-270 W)
5-S	1,006		0,436	
5-T	1,031		0,446	
6-R	1,196		0,518	
6-S	1,245		0,539	(-270 W)
6-T	1,27		0,55	
7-R	1,41		0,61	
7-S	1,46		0,632	
7-T	1,509		0,654	(-270 W)
8-R	1,745		0,756	(-270 W)
8-S	1,795		0,777	
8-T	1,845		0,799	

9-R	2,041		0,884
9-S	2,13		0,922 (-270 W)
9-T	2,18		0,944
10-R	2,338		1,012
10-S	2,426		1,051
10-T	2,515		1,089 (-270 W)
11-R	2,634		1,141 (-270 W)
11-S	2,723		1,179
11-T	2,811		1,217
12-R	2,892		1,252
12-S	3,019		1,307 (-270 W)
12-T	3,108		1,346
13-R	3,149		1,364
13-S	3,277		1,419
13-T	3,404		1,474 (-270 W)
14-R	3,407		1,475 (-270 W)
14-S	3,534		1,53
14-T	3,662		1,586
15-R	3,625		1,57
15-S	3,792		1,642 (-270 W)
15-T	3,919		1,697
16-R	3,844		1,665
16-S	4,01		1,737
16-T	4,177		1,809 (-270 W)
17-R	4,063		1,759 (-270 W)
17-S	4,229		1,831
17-T	4,395		1,903
18-R	4,243		1,837
18-S	4,448		1,926 (-270 W)
18-T	4,614		1,998
19-R	4,423		1,915
19-S	4,628		2,004
19-T	4,833		2,093 (-270 W)
20-R	4,603		1,993 (-270 W)
20-S	4,808		2,082
20-T	5,013		2,171
21-R	4,744		2,054
21-S	4,988		2,16 (-270 W)
21-T	5,193		2,249
22-R	4,886		2,116
22-S	5,129		2,221
22-T	5,373		2,327 (-270 W)
23-R	5,112		2,214 (-270 W)
23-S	5,356		2,319
23-T	5,599		2,425
24-R	5,276		2,285
24-S	5,582		2,417 (-270 W)
24-T	5,825		2,522
25-R	5,441		2,356
25-S	5,746		2,488
25-T	6,052		2,62 (-270 W)
26-R	5,605		2,427 (-270 W)
26-S	5,911		2,559
26-T	6,216		2,692
27-R	5,708		2,472
27-S	6,075		2,631 (-270 W)
27-T	6,381		2,763
28-R	5,811		2,516
28-S	6,178		2,675
28-T	6,545		2,834 (-270 W)
29-R	5,914		2,561 (-270 W)
29-S	6,281		2,72
29-T	6,648		2,879
30-R	5,914		2,561
30-S	6,384		2,764 (-270 W)
30-T	6,751		2,923
31-R	5,914		2,561
31-S	6,384		2,764
31-T	6,922		2,997* (-270 W)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31 = 3 %

AP7

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 3

Cos ϕ : 1

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m Ω /m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálc. (R S T) (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	15,2 15,2 15,2	4x35	130/1	90
2	2	3	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	14,03 15,2 15,2	4x35	130/1	90
3	3	4	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	14,03 14,03 15,2	4x35	130/1	90
4	4	5	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	14,03 14,03 14,03	4x35	130/1	90
5	5	6	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,86 14,03 14,03	4x35	130/1	90
6	6	7	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,86 12,86 14,03	4x35	130/1	90
7	7	8	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	12,86 12,86 12,86	4x35	130/1	90
8	8	9	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 12,86 12,86	4x35	130/1	90
9	9	10	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 11,69 12,86	4x35	130/1	90
10	10	11	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 11,69 11,69	4x25	105/1	90
11	11	12	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	10,52 11,69 11,69	4x25	105/1	90
12	12	13	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,17 1,17 1,17	4x6	57/1	90
13	13	14	15	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 1,17 1,17	4x6	57/1	90
14	14	15	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 0 1,17	4x6	57/1	90
15	12	16	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,35 10,52 10,52	4x25	105/1	90
16	16	17	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,35 9,35 10,52	4x25	105/1	90
17	17	18	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,35 9,35 9,35	4x25	105/1	90
18	18	19	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,18 9,35 9,35	4x25	105/1	90
19	19	20	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,18 8,18 9,35	4x25	105/1	90
20	20	21	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	8,18 8,18 8,18	4x25	105/1	90
21	21	22	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,01 8,18 8,18	4x25	105/1	90
22	22	23	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,01 7,01 8,18	4x25	105/1	90
23	23	24	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,01 7,01 7,01	4x25	105/1	90
24	24	25	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 7,01 7,01	4x25	105/1	90
25	25	26	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 7,01	4x25	105/1	90
26	26	27	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 5,85	4x25	105/1	90
27	27	28	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,68 5,85 5,85	4x25	105/1	90
28	28	29	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,68 4,68 5,85	4x25	105/1	90
29	29	30	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,68 4,68 4,68	4x16	82/1	90
30	30	31	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,51 4,68 4,68	4x16	82/1	90
31	31	32	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,51 3,51 4,68	4x16	82/1	90
32	32	33	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,51 3,51 3,51	4x16	82/1	90
33	33	34	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,34 3,51 3,51	4x16	82/1	90
34	34	35	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,34 2,34 3,51	4x16	82/1	90
35	35	36	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,34 2,34 2,34	4x16	82/1	90
36	36	37	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,17 2,34 2,34	4x16	82/1	90
37	37	38	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,17 1,17 2,34	4x16	82/1	90
38	38	39	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,17 1,17 1,17	4x10	76/1	90
39	39	40	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 1,17 1,17	4x10	76/1	90
40	40	41	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 0 1,17	4x6	57/1	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	230,94	0	(10.530 W)
2-R	0,242		0,105	(-270 W)
2-S	0,242		0,105	
2-T	0,242		0,105	
3-R	0,466		0,202	

3-S	0,483		0,209	(-270 W)
3-T	0,483		0,209	
4-R	0,689		0,299	
4-S	0,707		0,306	
4-T	0,725		0,314	(-270 W)
5-R	0,913		0,395	(-270 W)
5-S	0,931		0,403	
5-T	0,949		0,411	
6-R	1,119		0,485	
6-S	1,155		0,5	(-270 W)
6-T	1,173		0,508	
7-R	1,325		0,574	
7-S	1,361		0,589	
7-T	1,397		0,605	(-270 W)
8-R	1,532		0,663	(-270 W)
8-S	1,567		0,679	
8-T	1,603		0,694	
9-R	1,72		0,745	
9-S	1,773		0,768	(-270 W)
9-T	1,809		0,783	
10-R	1,908		0,826	
10-S	1,962		0,849	
10-T	2,015		0,872	(-270 W)
11-R	2,172		0,941	(-270 W)
11-S	2,226		0,964	
11-T	2,279		0,987	
12-R	2,292		0,992	
12-S	2,358		1,021	
12-T	2,411		1,044	
13-R	2,378		1,029	(-270 W)
13-S	2,443		1,058	
13-T	2,497		1,081	
14-R	2,378		1,029	
14-S	2,529		1,095	(-270 W)
14-T	2,582		1,118	
15-R	2,378		1,029	
15-S	2,529		1,095	
15-T	2,754		1,192	(-270 W)
16-R	2,506		1,085	
16-S	2,597		1,124	(-270 W)
16-T	2,65		1,148	
17-R	2,72		1,178	
17-S	2,811		1,217	
17-T	2,889		1,251	(-270 W)
18-R	2,935		1,271	(-270 W)
18-S	3,025		1,31	
18-T	3,103		1,344	
19-R	3,124		1,353	
19-S	3,239		1,403	(-270 W)
19-T	3,318		1,437	
20-R	3,313		1,435	
20-S	3,429		1,485	
20-T	3,532		1,529	(-270 W)
21-R	3,503		1,517	(-270 W)
21-S	3,618		1,567	
21-T	3,721		1,611	
22-R	3,668		1,588	
22-S	3,808		1,649	(-270 W)
22-T	3,911		1,693	
23-R	3,832		1,659	
23-S	3,972		1,72	
23-T	4,1		1,775	(-270 W)
24-R	3,997		1,731	(-270 W)
24-S	4,137		1,791	
24-T	4,265		1,847	
25-R	4,137		1,791	
25-S	4,302		1,863	(-270 W)
25-T	4,43		1,918	
26-R	4,277		1,852	
26-S	4,442		1,923	

26-T	4,594		1,989	(-270 W)
27-R	4,417		1,912	(-270 W)
27-S	4,582		1,984	
27-T	4,734		2,05	
28-R	4,532		1,962	
28-S	4,721		2,044	(-270 W)
28-T	4,874		2,11	
29-R	4,647		2,012	
29-S	4,837		2,094	
29-T	5,014		2,171	(-270 W)
30-R	4,827		2,09	(-270 W)
30-S	5,017		2,172	
30-T	5,194		2,249	
31-R	4,968		2,151	
31-S	5,197		2,25	(-270 W)
31-T	5,374		2,327	
32-R	5,11		2,213	
32-S	5,338		2,311	
32-T	5,554		2,405	(-270 W)
33-R	5,251		2,274	(-270 W)
33-S	5,479		2,373	
33-T	5,695		2,466	
34-R	5,354		2,318	
34-S	5,621		2,434	(-270 W)
34-T	5,837		2,527	
35-R	5,457		2,363	
35-S	5,724		2,478	
35-T	5,978		2,589	(-270 W)
36-R	5,56		2,407	(-270 W)
36-S	5,826		2,523	
36-T	6,081		2,633	
37-R	5,624		2,435	
37-S	5,929		2,567	(-270 W)
37-T	6,184		2,678	
38-R	5,688		2,463	
38-S	5,994		2,595	
38-T	6,287		2,722	(-270 W)
39-R	5,791		2,507	(-270 W)
39-S	6,096		2,64	
39-T	6,389		2,767	
40-R	5,791		2,507	
40-S	6,199		2,684	(-270 W)
40-T	6,492		2,811	
41-R	5,791		2,507	
41-S	6,199		2,684	
41-T	6,663		2,885*	(-270 W)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15 = 1.19 %

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41 = 2.89 %

AP8

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 3

Cos φ : 1

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo	Nudo	Long.	Metal/	Canal./Design./Polar.	I.Cálc. (R S T) (A)	Sección	I. Admisi.	D.tubo
-------	------	------	-------	--------	-----------------------	---------------------	---------	------------	--------

	Orig.	Dest.	(m)	Xu(mΩ/m)			(mm ²)	(A)/Fc	(mm)
1	1	2	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	6,82 6,82 5,85	4x10	76/1	90
2	2	3	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 6,82 5,85	4x10	76/1	90
3	3	4	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 5,85	4x10	76/1	90
4	4	5	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 4,87	4x10	76/1	90
5	5	6	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,87 5,85 4,87	4x10	76/1	90
6	6	7	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,87 4,87 4,87	4x10	76/1	90
7	7	8	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	4,87 4,87 3,9	4x10	76/1	90
8	8	9	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 4,87 3,9	4x10	76/1	90
9	9	10	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 3,9	4x6	57/1	90
10	10	11	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 2,92	4x6	57/1	90
11	11	12	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 3,9 2,92	4x6	57/1	90
12	12	13	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 2,92 2,92	4x6	57/1	90
13	13	14	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 2,92 1,95	4x6	57/1	90
14	14	15	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 2,92 1,95	4x6	57/1	90
15	15	16	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 1,95	4x6	57/1	90
16	16	17	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 0,97	4x6	57/1	90
17	17	18	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 1,95 0,97	4x6	57/1	90
18	18	19	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 0,97 0,97	4x6	57/1	90
19	19	20	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 0,97 0	4x6	57/1	90
20	20	21	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 0,97 0	4x6	57/1	90
21	1	22	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 2,92 3,9	4x6	57/1	90
22	22	23	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 2,92 2,92	4x6	57/1	90
23	23	24	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 2,92 2,92	4x6	57/1	90
24	24	25	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 1,95 2,92	4x6	57/1	90
25	25	26	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 1,95 1,95	4x6	57/1	90
26	26	27	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 1,95	4x6	57/1	90
27	27	28	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 0,97 1,95	4x6	57/1	90
28	28	29	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 0,97 0,97	4x6	57/1	90
29	29	30	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 0,97 0,97	4x6	57/1	90
30	30	31	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 0 0,97	4x6	57/1	90
31	31	32	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 0 0	4x6	57/1	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	230,94	0	(6.975 W)
2-R	0,412		0,178	(-225 W)
2-S	0,412		0,178	
2-T	0,36		0,156	
3-R	0,773		0,335	
3-S	0,824		0,357	(-225 W)
3-T	0,721		0,312	
4-R	1,133		0,491	
4-S	1,185		0,513	
4-T	1,081		0,468	(-225 W)
5-R	1,493		0,647	(-225 W)
5-S	1,545		0,669	
5-T	1,39		0,602	
6-R	1,802		0,78	
6-S	1,905		0,825	(-225 W)
6-T	1,699		0,736	
7-R	2,111		0,914	
7-S	2,214		0,959	
7-T	2,007		0,869	(-225 W)
8-R	2,42		1,048	(-225 W)
8-S	2,523		1,092	
8-T	2,265		0,981	
9-R	2,677		1,159	
9-S	2,832		1,226	(-225 W)
9-T	2,522		1,092	
10-R	3,106		1,345	
10-S	3,261		1,412	
10-T	2,951		1,278	(-225 W)
11-R	3,535		1,531	(-225 W)
11-S	3,69		1,598	
11-T	3,294		1,426	
12-R	3,878		1,679	
12-S	4,119		1,783	(-225 W)
12-T	3,637		1,575	
13-R	4,221		1,828	

13-S	4,462		1,932	
13-T	3,98		1,723	(-225 W)
14-R	4,564		1,976	(-225 W)
14-S	4,805		2,08	
14-T	4,237		1,835	
15-R	4,821		2,087	
15-S	5,148		2,229	(-225 W)
15-T	4,494		1,946	
16-R	5,078		2,199	
16-S	5,405		2,34	
16-T	4,751		2,057	(-225 W)
17-R	5,335		2,31	(-225 W)
17-S	5,662		2,452	
17-T	4,922		2,131	
18-R	5,506		2,384	
18-S	5,919		2,563	(-225 W)
18-T	5,094		2,206	
19-R	5,677		2,458	
19-S	6,09		2,637	
19-T	5,265		2,28	(-225 W)
20-R	5,849		2,533	(-225 W)
20-S	6,261		2,711	
20-T	5,265		2,28	
21-R	5,849		2,533	
21-S	6,433		2,785*	(-225 W)
21-T	5,265		2,28	
22-R	0,429		0,186	
22-S	0,343		0,149	
22-T	0,429		0,186	(-225 W)
23-R	0,858		0,372	(-225 W)
23-S	0,686		0,297	
23-T	0,772		0,334	
24-R	1,201		0,52	
24-S	1,029		0,446	(-225 W)
24-T	1,115		0,483	
25-R	1,544		0,669	
25-S	1,286		0,557	
25-T	1,458		0,631	(-225 W)
26-R	1,887		0,817	(-225 W)
26-S	1,543		0,668	
26-T	1,715		0,743	
27-R	2,144		0,928	
27-S	1,8		0,779	(-225 W)
27-T	1,972		0,854	
28-R	2,401		1,04	
28-S	1,971		0,854	
28-T	2,229		0,965	(-225 W)
29-R	2,658		1,151	(-225 W)
29-S	2,143		0,928	
29-T	2,4		1,039	
30-R	2,829		1,225	
30-S	2,314		1,002	(-225 W)
30-T	2,572		1,114	
31-R	3,001		1,299	
31-S	2,314		1,002	
31-T	2,743		1,188	(-225 W)
32-R	3,172		1,374	(-225 W)
32-S	2,314		1,002	
32-T	2,743		1,188	

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21 = 2.28 %

1-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32 = 1.19 %

AP9

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9
C.d.t. máx.(%): 3
Cos ϕ : 1

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálc. (R S T) (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 2,92 2,92	4x6	57/1	90
2	2	3	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 2,92 2,92	4x6	57/1	90
3	3	4	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 1,95 2,92	4x6	57/1	90
4	4	5	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 1,95 1,95	4x6	57/1	90
5	5	6	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 1,95	4x6	57/1	90
6	6	7	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 0,97 1,95	4x6	57/1	90
7	7	8	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 0,97 0,97	4x6	57/1	90
8	8	9	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 0,97 0,97	4x6	57/1	90
9	9	10	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 0 0,97	4x6	57/1	90
10	10	11	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 0 0	4x6	57/1	90
11	1	12	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 3,9 2,92	4x6	57/1	90
12	12	13	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 2,92 2,92	4x6	57/1	90
13	13	14	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	2,92 2,92 1,95	4x6	57/1	90
14	14	15	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 2,92 1,95	4x6	57/1	90
15	15	16	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 1,95	4x6	57/1	90
16	16	17	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 0,97	4x6	57/1	90
17	17	18	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 1,95 0,97	4x6	57/1	90
18	18	19	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 0,97 0,97	4x6	57/1	90
19	19	20	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0,97 0,97 0	4x6	57/1	90
20	20	21	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 0,97 0	4x6	57/1	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	230,94	0	(4.500 W)
2-R	0,429		0,186	(-225 W)
2-S	0,343		0,149	
2-T	0,343		0,149	
3-R	0,772		0,334	
3-S	0,686		0,297	(-225 W)
3-T	0,686		0,297	
4-R	1,115		0,483	
4-S	0,943		0,408	
4-T	1,029		0,446	(-225 W)
5-R	1,458		0,631	(-225 W)
5-S	1,2		0,52	
5-T	1,286		0,557	
6-R	1,715		0,743	
6-S	1,457		0,631	(-225 W)
6-T	1,543		0,668	
7-R	1,972		0,854	
7-S	1,628		0,705	
7-T	1,8		0,779	(-225 W)
8-R	2,229		0,965	(-225 W)
8-S	1,8		0,779	
8-T	1,971		0,854	
9-R	2,4		1,039	
9-S	1,971		0,854	(-225 W)
9-T	2,143		0,928	
10-R	2,572		1,114	
10-S	1,971		0,854	
10-T	2,314		1,002	(-225 W)
11-R	2,743		1,188*	(-225 W)
11-S	1,971		0,854	
11-T	2,314		1,002	
12-R	0,343		0,149	
12-S	0,429		0,186	(-225 W)
12-T	0,343		0,149	

13-R	0,686		0,297	
13-S	0,772		0,334	
13-T	0,686		0,297	(-225 W)
14-R	1,029		0,446	(-225 W)
14-S	1,115		0,483	
14-T	0,943		0,408	
15-R	1,286		0,557	
15-S	1,458		0,631	(-225 W)
15-T	1,2		0,52	
16-R	1,543		0,668	
16-S	1,715		0,743	
16-T	1,457		0,631	(-225 W)
17-R	1,8		0,779	(-225 W)
17-S	1,972		0,854	
17-T	1,628		0,705	
18-R	1,971		0,854	
18-S	2,229		0,965	(-225 W)
18-T	1,8		0,779	
19-R	2,143		0,928	
19-S	2,4		1,039	
19-T	1,971		0,854	(-225 W)
20-R	2,314		1,002	(-225 W)
20-S	2,572		1,114	
20-T	1,971		0,854	
21-R	2,314		1,002	
21-S	2,743		1,188	(-225 W)
21-T	1,971		0,854	

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11 = 1 %

1-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21 = 0.85 %

AP10

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 3

Cos φ : 1

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálc. (R S T) (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	13,64 11,69 11,69	4x16	82/1	90
2	2	3	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 11,69 11,69	4x16	82/1	90
3	3	4	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 9,74 11,69	4x16	82/1	90
4	4	5	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 9,74 9,74	4x16	82/1	90
5	5	6	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 9,74 9,74	4x16	82/1	90
6	6	7	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 7,79 9,74	4x16	82/1	90
7	7	8	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 7,79 7,79	4x16	82/1	90
8	8	9	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 7,79 7,79	4x16	82/1	90
9	9	10	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 5,85 7,79	4x16	82/1	90
10	10	11	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 5,85 5,85	4x16	82/1	90
11	11	12	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 5,85	4x10	76/1	90
12	12	13	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 3,9 5,85	4x10	76/1	90
13	13	14	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 3,9 3,9	4x10	76/1	90
14	14	15	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 3,9	4x10	76/1	90
15	15	16	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 1,95 3,9	4x10	76/1	90
16	16	17	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 1,95 1,95	4x10	76/1	90
17	17	18	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 1,95	4x10	76/1	90
18	18	19	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 0 1,95	4x10	76/1	90
19	19	20	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 0 0	4x6	57/1	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	230,94	0	(8.550 W)
2-R	0,518		0,225	(-450 W)
2-S	0,453		0,196	
2-T	0,453		0,196	
3-R	0,971		0,421	
3-S	0,905		0,392	(-450 W)
3-T	0,905		0,392	
4-R	1,424		0,617	
4-S	1,293		0,56	
4-T	1,358		0,588	(-450 W)
5-R	1,877		0,813	(-450 W)
5-S	1,68		0,727	
5-T	1,745		0,756	
6-R	2,264		0,98	
6-S	2,067		0,895	(-450 W)
6-T	2,133		0,924	
7-R	2,651		1,148	
7-S	2,39		1,035	
7-T	2,52		1,091	(-450 W)
8-R	3,039		1,316	(-450 W)
8-S	2,712		1,174	
8-T	2,842		1,231	
9-R	3,361		1,455	
9-S	3,034		1,314	(-450 W)
9-T	3,165		1,37	
10-R	3,683		1,595	
10-S	3,292		1,425	
10-T	3,487		1,51	(-450 W)
11-R	4,005		1,734	(-450 W)
11-S	3,549		1,537	
11-T	3,744		1,621	
12-R	4,418		1,913	
12-S	3,961		1,715	(-450 W)
12-T	4,157		1,8	
13-R	4,83		2,091	
13-S	4,27		1,849	
13-T	4,569		1,978	(-450 W)
14-R	5,242		2,27	(-450 W)
14-S	4,579		1,983	
14-T	4,877		2,112	
15-R	5,551		2,403	
15-S	4,888		2,116	(-450 W)
15-T	5,186		2,246	
16-R	5,859		2,537	
16-S	5,093		2,205	
16-T	5,495		2,379	(-450 W)
17-R	6,168		2,671	(-450 W)
17-S	5,299		2,295	
17-T	5,701		2,468	
18-R	6,374		2,76	
18-S	5,505		2,384	(-450 W)
18-T	5,906		2,558	
19-R	6,579		2,849	
19-S	5,505		2,384	
19-T	6,112		2,647	(-450 W)
20-R	6,922		2,997*	(-450 W)
20-S	5,505		2,384	
20-T	6,112		2,647	

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20 = 2.65 %

AP11

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 3

Cos φ : 1

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(m Ω /m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálc. (R S T) (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 7,79 5,85	4x6	57/1	90
2	2	3	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 7,79 5,85	4x6	57/1	90
3	3	4	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 5,85	4x6	57/1	90
4	4	5	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 3,9	4x6	57/1	90
5	5	6	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 5,85 3,9	4x6	57/1	90
6	6	7	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 3,9	4x6	57/1	90
7	7	8	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 1,95	4x6	57/1	90
8	8	9	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 3,9 1,95	4x6	57/1	90
9	9	10	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 1,95	4x6	57/1	90
10	10	11	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 0	4x6	57/1	90
11	11	12	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 1,95 0	4x6	57/1	90
12	1	13	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 7,79	4x6	57/1	90
13	13	14	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 5,85	4x6	57/1	90
14	14	15	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 5,85 5,85	4x6	57/1	90
15	15	16	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 5,85	4x6	57/1	90
16	16	17	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 3,9	4x6	57/1	90
17	17	18	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 3,9 3,9	4x6	57/1	90
18	18	19	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 3,9	4x6	57/1	90
19	19	20	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 1,95	4x6	57/1	90
20	20	21	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 1,95 1,95	4x6	57/1	90
21	21	22	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 0 1,95	4x6	57/1	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	230,94	0	(9.450 W)
2-R	0,863		0,374	(-450 W)
2-S	0,863		0,374	
2-T	0,688		0,298	
3-R	1,551		0,672	
3-S	1,725		0,747	(-450 W)
3-T	1,377		0,596	
4-R	2,239		0,97	
4-S	2,414		1,045	
4-T	2,065		0,894	(-450 W)
5-R	2,928		1,268	(-450 W)
5-S	3,102		1,343	
5-T	2,58		1,117	
6-R	3,443		1,491	
6-S	3,79		1,641	(-450 W)
6-T	3,095		1,34	
7-R	3,958		1,714	
7-S	4,305		1,864	
7-T	3,61		1,563	(-450 W)
8-R	4,473		1,937	(-450 W)
8-S	4,821		2,087	
8-T	3,953		1,712	
9-R	4,816		2,085	
9-S	5,336		2,31	(-450 W)
9-T	4,296		1,86	
10-R	5,159		2,234	
10-S	5,679		2,459	
10-T	4,639		2,009	(-450 W)
11-R	5,502		2,382	(-450 W)
11-S	6,022		2,607	
11-T	4,639		2,009	
12-R	5,502		2,382	
12-S	6,365		2,756*	(-450 W)

12-T	4,639		2,009	
13-R	0,688		0,298	
13-S	0,688		0,298	
13-T	0,863		0,374	(-450 W)
14-R	1,377		0,596	(-450 W)
14-S	1,377		0,596	
14-T	1,551		0,672	
15-R	1,892		0,819	
15-S	2,065		0,894	(-450 W)
15-T	2,239		0,97	
16-R	2,407		1,042	
16-S	2,58		1,117	
16-T	2,928		1,268	(-450 W)
17-R	2,922		1,265	(-450 W)
17-S	3,095		1,34	
17-T	3,443		1,491	
18-R	3,265		1,414	
18-S	3,61		1,563	(-450 W)
18-T	3,958		1,714	
19-R	3,608		1,562	
19-S	3,953		1,712	
19-T	4,473		1,937	(-450 W)
20-R	3,951		1,711	(-450 W)
20-S	4,296		1,86	
20-T	4,816		2,085	
21-R	3,951		1,711	
21-S	4,639		2,009	(-450 W)
21-T	5,159		2,234	
22-R	3,951		1,711	
22-S	4,639		2,009	
22-T	5,502		2,382	(-450 W)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12 = 2.01 %

1-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22 = 2.38 %

AP12

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 3

Cos φ : 1

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálc. (R S T) (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	13,64 11,69 11,69	4x16	82/1	90
2	2	3	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 11,69 11,69	4x16	82/1	90
3	3	4	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 9,74 11,69	4x16	82/1	90
4	4	5	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 9,74 9,74	4x16	82/1	90
5	5	6	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 9,74 9,74	4x16	82/1	90
6	6	7	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 7,79 9,74	4x16	82/1	90
7	7	8	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 7,79 7,79	4x16	82/1	90
8	8	9	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 7,79 7,79	4x16	82/1	90
9	9	10	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 5,85 7,79	4x16	82/1	90
10	10	11	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 5,85 5,85	4x16	82/1	90
11	11	12	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 5,85	4x10	76/1	90
12	12	13	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 3,9 5,85	4x10	76/1	90
13	13	14	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 3,9 3,9	4x10	76/1	90
14	14	15	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 3,9	4x10	76/1	90
15	15	16	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 1,95 3,9	4x10	76/1	90

16	16	17	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 1,95 1,95	4x10	76/1	90
17	17	18	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 1,95	4x10	76/1	90
18	18	19	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 0 1,95	4x10	76/1	90
19	19	20	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 0 0	4x6	57/1	90
20	1	21	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 5,85	4x6	57/1	90
21	21	22	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 3,9 5,85	4x6	57/1	90
22	22	23	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 3,9 3,9	4x6	57/1	90
23	23	24	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 3,9	4x6	57/1	90
24	24	25	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 1,95 3,9	4x6	57/1	90
25	25	26	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 1,95 1,95	4x6	57/1	90
26	26	27	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 1,95	4x6	57/1	90
27	27	28	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 0 1,95	4x6	57/1	90
28	28	29	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 0 0	4x6	57/1	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	230,94	0	(12.600 W)
2-R	0,518		0,225	(-450 W)
2-S	0,453		0,196	
2-T	0,453		0,196	
3-R	0,971		0,421	
3-S	0,905		0,392	(-450 W)
3-T	0,905		0,392	
4-R	1,424		0,617	
4-S	1,293		0,56	
4-T	1,358		0,588	(-450 W)
5-R	1,877		0,813	(-450 W)
5-S	1,68		0,727	
5-T	1,745		0,756	
6-R	2,264		0,98	
6-S	2,067		0,895	(-450 W)
6-T	2,133		0,924	
7-R	2,651		1,148	
7-S	2,39		1,035	
7-T	2,52		1,091	(-450 W)
8-R	3,039		1,316	(-450 W)
8-S	2,712		1,174	
8-T	2,842		1,231	
9-R	3,361		1,455	
9-S	3,034		1,314	(-450 W)
9-T	3,165		1,37	
10-R	3,683		1,595	
10-S	3,292		1,425	
10-T	3,487		1,51	(-450 W)
11-R	4,005		1,734	(-450 W)
11-S	3,549		1,537	
11-T	3,744		1,621	
12-R	4,418		1,913	
12-S	3,961		1,715	(-450 W)
12-T	4,157		1,8	
13-R	4,83		2,091	
13-S	4,27		1,849	
13-T	4,569		1,978	(-450 W)
14-R	5,242		2,27	(-450 W)
14-S	4,579		1,983	
14-T	4,877		2,112	
15-R	5,551		2,403	
15-S	4,888		2,116	(-450 W)
15-T	5,186		2,246	
16-R	5,859		2,537	
16-S	5,093		2,205	
16-T	5,495		2,379	(-450 W)
17-R	6,168		2,671	(-450 W)
17-S	5,299		2,295	
17-T	5,701		2,468	
18-R	6,374		2,76	
18-S	5,505		2,384	(-450 W)
18-T	5,906		2,558	
19-R	6,579		2,849	
19-S	5,505		2,384	

19-T	6,112		2,647	(-450 W)
20-R	6,922		2,997*	(-450 W)
20-S	5,505		2,384	
20-T	6,112		2,647	
21-R	0,63		0,273	
21-S	0,63		0,273	(-450 W)
21-T	0,63		0,273	
22-R	1,261		0,546	
22-S	1,088		0,471	
22-T	1,261		0,546	(-450 W)
23-R	1,891		0,819	(-450 W)
23-S	1,546		0,669	
23-T	1,719		0,744	
24-R	2,349		1,017	
24-S	2,004		0,868	(-450 W)
24-T	2,176		0,942	
25-R	2,807		1,215	
25-S	2,289		0,991	
25-T	2,634		1,141	(-450 W)
26-R	3,264		1,414	(-450 W)
26-S	2,575		1,115	
26-T	2,92		1,264	
27-R	3,55		1,537	
27-S	2,861		1,239	(-450 W)
27-T	3,205		1,388	
28-R	3,836		1,661	
28-S	2,861		1,239	
28-T	3,491		1,512	(-450 W)
29-R	4,122		1,785	(-450 W)
29-S	2,861		1,239	
29-T	3,491		1,512	

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caida de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20 = 2.65 %

1-21-22-23-24-25-26-27-28-29 = 1.51 %

AP13

Las características generales de la red son:

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230.9

C.d.t. máx.(%): 3

Cos φ : 1

Resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu(mΩ/m)	Canal./Design./Polar.	I.Cálc. (R S T) (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fc	D.tubo (mm)
1	1	2	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 11,69 11,69	4x16	82/1	90
2	2	3	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 11,69 11,69	4x16	82/1	90
3	3	4	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 9,74 11,69	4x16	82/1	90
4	4	5	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 9,74 9,74	4x16	82/1	90
5	5	6	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 9,74 9,74	4x16	82/1	90
6	6	7	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 7,79 9,74	4x16	82/1	90
7	7	8	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 7,79 7,79	4x10	76/1	90
8	8	9	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 7,79 7,79	4x10	76/1	90
9	9	10	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 7,79	4x10	76/1	90
10	10	11	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 5,85	4x10	76/1	90
11	11	12	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 5,85 5,85	4x10	76/1	90
12	12	13	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 5,85	4x10	76/1	90
13	13	14	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 3,9	4x10	76/1	90
14	14	15	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 3,9 3,9	4x10	76/1	90
15	15	16	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 3,9	4x10	76/1	90

16	16	17	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 1,95	4x6	57/1	90
17	17	18	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 1,95 1,95	4x6	57/1	90
18	18	19	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	0 0 1,95	4x6	57/1	90
19	1	20	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	11,69 9,74 9,74	4x16	82/1	90
20	20	21	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 9,74 9,74	4x16	82/1	90
21	21	22	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 7,79 9,74	4x16	82/1	90
22	22	23	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	9,74 7,79 7,79	4x16	82/1	90
23	23	24	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 7,79 7,79	4x10	76/1	90
24	24	25	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 5,85 7,79	4x10	76/1	90
25	25	26	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	7,79 5,85 5,85	4x10	76/1	90
26	26	27	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 5,85 5,85	4x10	76/1	90
27	27	28	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 3,9 5,85	4x10	76/1	90
28	28	29	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	5,85 3,9 3,9	4x10	76/1	90
29	29	30	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 3,9 3,9	4x10	76/1	90
30	30	31	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 1,95 3,9	4x10	76/1	90
31	31	32	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	3,9 1,95 1,95	4x10	76/1	90
32	32	33	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 1,95 1,95	4x6	57/1	90
33	33	34	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 0 1,95	4x6	57/1	90
34	34	35	30	Cu	Ent.Bajo Tubo RV-K Eca 3 Unp.	1,95 0 0	4x6	57/1	90

Nudo	C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo
1	0	230,94	0	(15.300 W)
2-R	0,431		0,187	(-450 W)
2-S	0,431		0,187	
2-T	0,431		0,187	
3-R	0,796		0,345	
3-S	0,862		0,373	(-450 W)
3-T	0,862		0,373	
4-R	1,162		0,503	
4-S	1,227		0,531	
4-T	1,293		0,56	(-450 W)
5-R	1,528		0,662	(-450 W)
5-S	1,593		0,69	
5-T	1,658		0,718	
6-R	1,828		0,792	
6-S	1,959		0,848	(-450 W)
6-T	2,024		0,876	
7-R	2,129		0,922	
7-S	2,259		0,978	
7-T	2,389		1,035	(-450 W)
8-R	2,61		1,13	(-450 W)
8-S	2,741		1,187	
8-T	2,871		1,243	
9-R	2,988		1,294	
9-S	3,222		1,395	(-450 W)
9-T	3,352		1,451	
10-R	3,366		1,457	
10-S	3,599		1,559	
10-T	3,833		1,66	(-450 W)
11-R	3,743		1,621	(-450 W)
11-S	3,977		1,722	
11-T	4,211		1,823	
12-R	4,018		1,74	
12-S	4,355		1,886	(-450 W)
12-T	4,589		1,987	
13-R	4,292		1,858	
13-S	4,629		2,004	
13-T	4,966		2,15	(-450 W)
14-R	4,566		1,977	(-450 W)
14-S	4,903		2,123	
14-T	5,241		2,269	
15-R	4,738		2,051	
15-S	5,178		2,242	(-450 W)
15-T	5,515		2,388	
16-R	4,909		2,126	
16-S	5,349		2,316	
16-T	5,789		2,507	(-450 W)
17-R	5,195		2,249	(-450 W)
17-S	5,635		2,44	

17-T	6,075		2,631	
18-R	5,195		2,249	
18-S	5,921		2,564	(-450 W)
18-T	6,361		2,754	
19-R	5,195		2,249	
19-S	5,921		2,564	
19-T	6,646		2,878*	(-450 W)
20-R	0,453		0,196	(-450 W)
20-S	0,387		0,168	
20-T	0,387		0,168	
21-R	0,84		0,364	
21-S	0,775		0,335	(-450 W)
21-T	0,775		0,335	
22-R	1,227		0,531	
22-S	1,097		0,475	
22-T	1,162		0,503	(-450 W)
23-R	1,615		0,699	(-450 W)
23-S	1,419		0,615	
23-T	1,484		0,643	
24-R	2,131		0,923	
24-S	1,935		0,838	(-450 W)
24-T	2		0,866	
25-R	2,647		1,146	
25-S	2,347		1,016	
25-T	2,516		1,09	(-450 W)
26-R	3,163		1,369	(-450 W)
26-S	2,759		1,195	
26-T	2,928		1,268	
27-R	3,575		1,548	
27-S	3,172		1,373	(-450 W)
27-T	3,34		1,446	
28-R	3,987		1,726	
28-S	3,48		1,507	
28-T	3,753		1,625	(-450 W)
29-R	4,399		1,905	(-450 W)
29-S	3,789		1,641	
29-T	4,061		1,759	
30-R	4,708		2,038	
30-S	4,098		1,774	(-450 W)
30-T	4,37		1,892	
31-R	5,016		2,172	
31-S	4,304		1,863	
31-T	4,679		2,026	(-450 W)
32-R	5,325		2,306	(-450 W)
32-S	4,509		1,953	
32-T	4,885		2,115	
33-R	5,668		2,454	
33-S	4,852		2,101	(-450 W)
33-T	5,227		2,264	
34-R	6,011		2,603	
34-S	4,852		2,101	
34-T	5,57		2,412	(-450 W)
35-R	6,354		2,751	(-450 W)
35-S	4,852		2,101	
35-T	5,57		2,412	

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

Caída de tensión total en los distintos itinerarios:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19 = 2.88 %

1-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35 = 2.41 %

3.3.- PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones Generales

1. OBJETO.
2. DISPOSICIONES GENERALES.
3. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.
 - 3.1. DATOS DE LA OBRA.
 - 3.2. REPLANTEO DE LA OBRA.
 - 3.3. FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN.
 - 3.4. MATERIALES.
 - 3.5. ENSAYOS.
 - 3.6. LIMPIEZA Y SEGURIDAD DE LAS OBRAS.
 - 3.7. MEDIOS AUXILIARES.
 - 3.8. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.
 - 3.9. GASTOS POR CUENTA DEL CONTRATISTA.

Condiciones Técnicas para la Ejecución de Alumbrados Públicos

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.

CAPÍTULO I. MATERIALES.

CAPÍTULO II. EJECUCIÓN.

Mantenimiento de la Eficiencia Energética de las Instalaciones

Mediciones Luminotécnicas en las Instalaciones de Alumbrado

1. COMPROBACIONES ANTES DE REALIZAR LAS MEDIDAS.
 - 1.1. CONDICIONES DE VALIDEZ PARA LAS MEDIDAS.
 - 1.2. MEDIDA DE LUMINANCIAS.

- 1.3. MEDIDA DE ILUMINANCIAS.
- 1.4. COMPROBACIÓN DE LAS MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS.
- 2. MEDIDA DE LUMINANCIA.
 - 2.1. SELECCIÓN DE LA RETÍCULA DE MEDIDA.
 - 2.2. POSICIÓN DEL OBSERVADOR.
 - 2.3. ÁREA LÍMITE.
- 3. MEDIDA DE ILUMINANCIA.
 - 3.1. SELECCIÓN DE LA RETÍCULA DE MEDIDA.
 - 3.2. ÁREA LÍMITE.
 - 3.3. MÉTODO SIMPLIFICADO DE MEDIDA DE LA ILUMINANCIA MEDIA.
- 4. MEDIDA DE ILUMINANCIA EN GLORIETAS.
- 5. DESLUMBRAMIENTO PERTURBADOR.
 - 5.1. ÁNGULO DE APANTALLAMIENTO.
 - 5.2. POSICIÓN DEL OBSERVADOR.
 - 5.3. CONTROL DE LA LIMITACIÓN DEL DESLUMBRAMIENTO EN GLORIETAS.
- 6. RELACIÓN ENTORNO SR.
 - 6.1. NÚMERO Y POSICIÓN DE LOS PUNTOS DE CÁLCULO EN SENTIDO LONGITUDINAL.
 - 6.2. NÚMERO Y POSICIÓN DE LOS PUNTOS DE CÁLCULO EN EL SENTIDO TRANSVERSAL.

PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones Generales

1. OBJETO.

Este pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas están especificadas en el correspondiente proyecto.

2. DISPOSICIONES GENERALES.

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación de trabajo, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda de 18 de marzo de 1.968, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al proyecto. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados y obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. en que uno y otros pudieran incurrir para con el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

3. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

3.1. DATOS DE LA OBRA.

Se entregará al Contratista dos copias de los Planos y un Pliego de Condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

Por otra parte, el Contratista, simultáneamente al levantamiento del Acta de Recepción Provisional, entregará planos actualizados de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al director de obra dos expedientes completos de los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones o variaciones en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del director de Obra.

3.2. REPLANTEO DE LA OBRA.

Antes de comenzar las obras la Dirección Técnica hará el replanteo de las mismas, con especial atención a los puntos singulares, siendo obligación del Contratista la custodia y reposición de las señales que se establezcan en el replanteo.

Se levantará, por triplicado, Acta de Replanteo, firmada por el director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

3.3. FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN.

El Contratista proporcionará al director de Obra o delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso de todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

3.4. MATERIALES.

Los materiales que hayan de ser empleados en las obras serán de primera calidad y no podrán utilizarse sin antes haber sido reconocidos por la Dirección Técnica, que podrá rechazar si no reuniesen, a su juicio, las condiciones exigibles para conseguir debidamente el objeto que motivara su empleo.

3.5. ENSAYOS.

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Técnica, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

Todos los gastos de pruebas y análisis serán de cuenta del Contratista.

3.6. LIMPIEZA Y SEGURIDAD DE LAS OBRAS.

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección técnica.

Se tomarán las medidas oportunas de tal modo que durante la ejecución de las obras se ofrezca seguridad absoluta, en evitación de accidentes que puedan ocurrir por deficiencia en esta clase de precauciones; durante la noche estarán los puntos de trabajo perfectamente alumbrados y cercados los que por su índole fueran peligrosos.

3.7. MEDIOS AUXILIARES.

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

3.8. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

El Contratista informará al director de Obra de todos los planes de organización técnica de las obras, así como de la procedencia de los materiales, y deberá cumplimentar cuantas órdenes le dé éste en relación con datos extremos.

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones Generales y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en los de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna alteración ni modificación de cualquier naturaleza, tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas.

La ejecución de las obras será confiada a personal cuyos conocimientos técnicos y prácticos les permita realizar el trabajo correctamente, debiendo tener al frente del mismo un técnico suficientemente especializado a juicio del director de Obra.

3.9. GASTOS POR CUENTA DEL CONTRATISTA.

Serán de cuenta del Contratista los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes.

Serán también de cuenta del Contratista los gastos que se originen por inspección y vigilancia no facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

Condiciones Técnicas para la Ejecución de Alumbrados Públicos.

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

Artículo 1.

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje de alumbrados públicos, especificadas en el correspondiente Proyecto.

Estas obras se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la construcción de alumbrados públicos.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

Artículo 2.

El Contratista deberá atenerse a la Normativa de aplicación especificada en la Memoria del Proyecto.

EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.

CAPÍTULO I: MATERIALES.

Artículo 3. Norma General.

Todos los materiales empleados, de cualquier tipo y clase, aún los no relacionados en este Pliego, deberán ser de primera calidad.

Antes de la instalación, el contratista presentará a la Dirección Técnica los catálogos, cartas, muestras, etc., que ésta le solicite. No se podrán emplear materiales sin que previamente hayan sido aceptados por la Dirección Técnica.

Este control previo no constituye su recepción definitiva, pudiendo ser rechazados por la Dirección Técnica, aún después de colocados, si no cumplieren con las condiciones exigidas en este Pliego de Condiciones, debiendo ser reemplazados por la contrata por otros que cumplan las calidades exigidas.

Artículo 4. Conductores.

Serán de las secciones que se especifican en los planos y memoria.

Todos los cables serán multipolares o unipolares con conductores de cobre y tensión asignada 0,6/1 kV. La resistencia de aislamiento y la rigidez dieléctrica cumplirán lo establecido en el apartado 2.9 de la ITC-BT-19.

El Contratista informará por escrito a la Dirección Técnica, del nombre del fabricante de los conductores y le enviará una muestra de los mismos. Si el fabricante no reuniese la suficiente

garantía a juicio de la Dirección Técnica, antes de instalar los conductores se comprobarán las características de éstos en un Laboratorio Oficial. Las pruebas se reducirán al cumplimiento de las condiciones anteriormente expuestas.

No se admitirán cables que no tengan la marca grabada en la cubierta exterior, que presente desperfectos superficiales o que no vayan en las bobinas de origen.

No se permitirá el empleo de conductores de procedencia distinta en un mismo circuito.

En las bobinas deberá figurar el nombre del fabricante, tipo de cable y sección.

Artículo 5. Lámparas.

Se utilizarán el tipo y potencia de lámparas especificadas en memoria y planos. El fabricante deberá ser de reconocida garantía.

El bulbo exterior será de vidrio extraduro y las lámparas solo se montarán en la posición recomendada por el fabricante.

El consumo, en vatios, no debe exceder del +10% del nominal si se mantiene la tensión dentro del +- 5% de la nominal.

La fecha de fabricación de las lámparas no será anterior en seis meses a la de montaje en obra.

Artículo 6. Reactancias y condensadores.

Serán las adecuadas a las lámparas. Su tensión será de 230 V.

Sólo se admitirán las reactancias y condensadores procedentes de una fábrica conocida y con gran solvencia en el mercado.

Llevarán inscripciones en las que se indique el nombre o marca del fabricante, la tensión o tensiones nominales en voltios, la intensidad nominal en amperios, la frecuencia en hertzios, el factor de potencia y la potencia nominal de la lámpara o lámparas para las cuales han sido previstos.

Si las conexiones se efectúan mediante bornes, regletas o terminales, deben fijarse de tal forma que no podrán soltarse o aflojarse al realizar la conexión o desconexión. Los terminales, bornes o regletas no deben servir para fijar ningún otro componente de la reactancia o condensador.

Las máximas pérdidas admisibles en el equipo de alto factor serán las siguientes:

v.s.b.p. 18 W: 8 W.
v.s.b.p. 35 W: 12 W.
v.s.a.p. 70 W: 13 W.
v.s.a.p. 150 W: 20 W.
v.s.a.p. 250 W: 25 W.
v.m.c.c. 80 W: 12 W.
v.m.c.c. 125 W: 14 W.
v.m.c.c. 250 W: 20 W.

La reactancia alimentada a la tensión nominal suministrará una corriente no superior al 5%, ni inferior al 10% de la nominal de la lámpara.

La capacidad del condensador debe quedar dentro de las tolerancias indicadas en las placas de características.

Durante el funcionamiento del equipo de alto factor no se producirán ruidos, ni vibraciones de ninguna clase.

En los casos que las luminarias no lleven el equipo incorporado, se utilizará una caja que contenga los dispositivos de conexión, protección y compensación.

Artículo 7. Protección contra cortocircuitos.

Cada punto de luz llevará dos cartuchos A.P.R. de 6 A., los cuales se montarán en portafusibles seccionables de 20 A.

Artículo 8. Cajas de empalme y derivación.

Estarán provistas de fichas de conexión y serán como mínimo P-549, es decir, con protección contra el polvo (5), contra las proyecciones de agua en todas direcciones (4) y contra una energía de choque de 20 julios (9).

Artículo 9. Brazos murales.

Serán galvanizados, con un peso de cinc no inferior a 0,4 kg/m².

Las dimensiones serán como mínimo las especificadas en el proyecto, pero en cualquier caso resistirán sin deformación una carga que estará en función del peso de la luminaria, según los valores adjuntos. Dicha carga se suspenderá en el extremo donde se coloca la luminaria:

<u>Peso de la luminaria (kg)</u>	<u>Carga vertical (kg)</u>
1	5
2	6
3	8
4	10
5	11
6	13
8	15
10	18
12	21
14	24

Los medios de sujeción ya sean placas o garras, también serán galvanizados.

En los casos en que los brazos se coloquen sobre apoyos de madera, la placa tendrá una forma tal que se adapte a la curvatura del apoyo.

En los puntos de entrada de los conductores se colocará una protección suplementaria de material aislante a base de anillos de protección de PVC.

Artículo 10. Báculos y columnas.

Serán galvanizados, con un peso de cinc no inferior a 0,4 kg/m².

Estarán contruidos en chapa de acero, con un espesor de 2,5 mm. cuando la altura útil no sea superior a 7 m. y de 3 mm. para alturas superiores.

Los báculos resistirán sin deformación una carga de 30 kg. suspendido en el extremo donde se coloca la luminaria, y las columnas o báculos resistirán un esfuerzo horizontal de acuerdo con los valores adjuntos, en donde se señala la altura de aplicación a partir de la superficie del suelo:

<u>Altura (m.)</u>	<u>Fuerza horizontal (kg)</u>	<u>Altura de aplicación (m.)</u>
6	50	3

7	50	4
8	70	4
9	70	5
10	70	6
11	90	6
12	90	7

En cualquier caso, tanto los brazos como las columnas y los báculos, resistirán las solicitaciones previstas en la ITC-BT-09, apdo. 6.1, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5 particularmente teniendo en cuenta la acción del viento.

No deberán permitir la entrada de lluvia ni la acumulación de agua de condensación.

Las columnas y báculos deberán poseer una abertura de acceso para la manipulación de sus elementos de protección y maniobra, por lo menos a 0,30 m. del suelo, dotada de una puerta o trampilla con grado de protección contra la proyección de agua, que sólo se pueda abrir mediante el empleo de útiles especiales.

Cuando por su situación o dimensiones, las columnas o báculos fijados o incorporados a obras de fábrica no permitan la instalación de los elementos de protección o maniobra en la base, podrán colocarse éstos en la parte superior, en lugar apropiado, o en la propia obra de fábrica.

Las columnas y báculos llevarán en su parte interior y próximo a la puerta de registro, un tornillo con tuerca para fijar la terminal de la pica de tierra.

Artículo 11. Luminarias.

Las luminarias cumplirán, como mínimo, las condiciones de las indicadas como tipo en el proyecto, en especial en:

- tipo de portalámpara.
- características fotométricas (curvas similares).
- resistencia a los agentes atmosféricos.
- facilidad de conservación e instalación.
- estética.
- facilidad de reposición de lámpara y equipos.
- condiciones de funcionamiento de la lámpara, en especial la temperatura (refrigeración, protección contra el frío o el calor, etc.).
- protección, a lámpara y accesorios, de la humedad y demás agentes atmosféricos.
- protección a la lámpara del polvo y de efectos mecánicos.

Artículo 12. Cuadro de maniobra y control.

Los armarios serán de poliéster con departamento separado para el equipo de medida, y como mínimo IP-549, es decir, con protección contra el polvo (5), contra las proyecciones del agua en todas las direcciones (4) y contra una energía de choque de 20 julios (9).

Todos los aparatos del cuadro estarán fabricados por casas de reconocida garantía y preparados para tensiones de servicio no inferior a 500 V.

Los fusibles serán APR, con bases apropiadas, de modo que no queden accesibles partes en tensión, ni sean necesarias herramientas especiales para la reposición de los cartuchos. El calibre será exactamente el del proyecto.

Los interruptores y conmutadores serán rotativos y provistos de cubierta, siendo las dimensiones de sus piezas de contacto suficientes para que la temperatura en ninguna de ellas pueda exceder de 65 °C, después de funcionar una hora con su intensidad nominal. Su construcción ha de ser tal que permita realizar un mínimo de maniobras de apertura y cierre, del

orden de 10.000, con su carga nominal a la tensión de trabajo sin que se produzcan desgastes excesivos o averías en los mismos.

Los contactores estarán probados a 3.000 maniobras por hora y garantizados para cinco millones de maniobras, los contactos estarán recubiertos de plata. La bobina de tensión tendrá una tensión nominal de 400 V., con una tolerancia del +- 10 %. Esta tolerancia se entiende en dos sentidos: en primer lugar, conectarán perfectamente siempre que la tensión varíe entre dichos límites, y en segundo lugar no se producirán calentamientos excesivos cuando la tensión se eleve indefinidamente un 10% sobre la nominal. La elevación de la temperatura de las piezas conductoras y contactos no podrá exceder de 65 °C después de funcionar una hora con su intensidad nominal. Asimismo, en tres interrupciones sucesivas, con tres minutos de intervalo, de una corriente con la intensidad correspondiente a la capacidad de ruptura y tensión igual a la nominal, no se observarán arcos prolongados, deterioro en los contactos, ni averías en los elementos constitutivos del contactor.

En los interruptores horarios no se consideran necesarios los dispositivos astronómicos. El volante o cualquier otra pieza serán de materiales que no sufran deformaciones por la temperatura ambiente. La cuerda será eléctrica y con reserva para un mínimo de 36 horas. Su intensidad nominal admitirá una sobrecarga del 20 % y la tensión podrá variar en un +- 20%. Se rechazará el que adelante o atrase más de cinco minutos al mes.

Los interruptores diferenciales estarán dimensionados para la corriente de fuga especificada en proyecto, pudiendo soportar 20.000 maniobras bajo la carga nominal. El tiempo de respuestas no será superior a 30 ms y deberán estar provistos de botón de prueba.

La célula fotoeléctrica tendrá alimentación a 230 V. +- 15%, con regulación de 20 a 200 lux.

Todo el resto de pequeño material será presentado previamente a la Dirección Técnica, la cual estimará si sus condiciones son suficientes para su instalación.

Artículo 13. Protección de bajantes.

Se realizará en tubo de hierro galvanizado de 2" diámetro, provista en su extremo superior de un capuchón de protección de PVC., a fin de lograr estanquidad, y para evitar el rozamiento de los conductores con las aristas vivas del tubo, se utilizará un anillo de protección de PVC. La sujeción del tubo a la pared se realizará mediante accesorios compuestos por dos piezas, vástago roscado para empotrar y soporte en chapa plastificado de tuerca incorporada, provisto de cierre especial de seguridad de doble plegado.

Artículo 14. Tubería para canalizaciones subterráneas.

Se utilizará exclusivamente tubería de PVC rígida de los diámetros especificados en el proyecto.

Artículo 15. Cable fiador.

Se utilizará exclusivamente cable espiral galvanizado reforzado, de composición 1x19+0, de 6 mm. de diámetro, en acero de resistencia 140 kg/mm², lo que equivale a una carga de rotura de 2.890 kg.

El Contratista informará por escrito a la Dirección Técnica del nombre del fabricante y le enviará una muestra del mismo.

En las bobinas deberá figurar el nombre del fabricante, tipo del cable y diámetro.

CAPÍTULO II: EJECUCIÓN.

Artículo 16. Replanteo.

El replanteo de la obra se hará por la Dirección Técnica, con representación del contratista. Se dejarán estaquillas o cuantas señalizaciones estime conveniente la Dirección Técnica. Una vez terminado el replanteo, la vigilancia y conservación de la señalización correrán a cargo del contratista.

Cualquier nuevo replanteo que fuese preciso, por desaparición de las señalizaciones, será nuevamente ejecutado por la Dirección Técnica.

CAPITULO II-A: CONDUCCIONES SUBTERRÁNEAS.

ZANJAS

Artículo 17. Excavación y relleno.

Las zanjas no se excavarán hasta que vaya a efectuarse la colocación de los tubos protectores, y en ningún caso con antelación superior a ocho días. El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones con objeto de evitar accidentes.

Si la causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas las zanjas amenazasen derrumbarse, deberán ser entibadas, tomándose las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por las aguas.

En el caso en que penetrase agua en las zanjas, ésta deberá ser achicada antes de iniciar el relleno.

El fondo de las zanjas se nivelará cuidadosamente, retirando todos los elementos puntiagudos o cortantes. Sobre el fondo se depositará la capa de arena que servirá de asiento a los tubos.

En el relleno de las zanjas se emplearán los productos de las excavaciones, salvo cuando el terreno sea rocoso, en cuyo caso se utilizará tierra de otra procedencia. Las tierras de relleno estarán libres de raíces, fangos y otros materiales que sean susceptibles de descomposición o de dejar huecos perjudiciales. Después de rellenar las zanjas se apisonarán bien, dejándolas así algún tiempo para que las tierras vayan asentándose y no exista peligro de roturas posteriores en el pavimento, una vez que se haya repuesto.

La tierra sobrante de las excavaciones que no pueda ser utilizada en el relleno de las zanjas, deberá quitarse allanando y limpiando el terreno circundante. Dicha tierra deberá ser transportada a un lugar donde al depositarle no ocasione perjuicio alguno.

Artículo 18. Colocación de los tubos.

Los conductos protectores de los cables serán conformes a la ITC-BT-21, tabla 9.

Los tubos descansarán sobre una capa de arena de espesor no inferior a 5 cm. La superficie exterior de los tubos quedará a una distancia mínima de 46 cm. por debajo del suelo o pavimento terminado.

Se cuidará la perfecta colocación de los tubos, sobre todo en las juntas, de manera que no queden cantos vivos que puedan perjudicar la protección del cable.

Los tubos se colocarán completamente limpios por dentro, y durante la obra se cuidará de que no entren materias extrañas.

A unos 25 cm por encima de los tubos y a unos 10 cm por debajo del nivel del suelo se situará la cinta señalizadora.

Artículo 19. Cruces con canalizaciones o calzadas.

En los cruces con canalizaciones eléctricas o de otra naturaleza (agua, gas, etc.) y de calzadas de vías con tránsito rodado, se rodearán los tubos de una capa de hormigón en masa con un espesor mínimo de 10 cm.

En los cruces con canalizaciones, la longitud de tubo a hormigonar será, como mínimo, de 1 m. a cada lado de la canalización existente, debiendo ser la distancia entre ésta y la pared exterior de los tubos de 15 cm. por lo menos.

Al hormigonar los tubos se pondrá un especial cuidado para impedir la entrada de lechadas de cemento dentro de ellos, siendo aconsejable pegar los tubos con el producto apropiado.

CIMENTACIÓN DE BÁCULOS Y COLUMNAS

Artículo 20. Excavación.

Se refiere a la excavación necesaria para los macizos de las fundaciones de los báculos y columnas, en cualquier clase de terreno.

Esta unidad de obra comprende la retirada de la tierra y relleno de la excavación resultante después del hormigonado, agotamiento de aguas, entibado y cuantos elementos sean en cada caso necesarios para su ejecución.

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el proyecto o en su defecto a las indicadas por la Dirección Técnica. Las paredes de los hoyos serán verticales. Si por cualquier otra causa se originase un aumento en el volumen de la excavación, ésta sería por cuenta del contratista, certificándose solamente el volumen teórico. Cuando sea necesario variar las dimensiones de la excavación, se hará de acuerdo con la Dirección Técnica.

En terrenos inclinados, se efectuará una explanación del terreno. Como regla general se estipula que la profundidad de la excavación debe referirse al nivel medio antes citado. La explanación se prolongará hasta 30 cm., como mínimo, por fuera de la excavación prolongándose después con el talud natural de la tierra circundante.

El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con el objeto de evitar accidentes.

Si a causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas los fosos amenazasen derrumbarse, deberán ser entibados, tomándose las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por las aguas.

En el caso de que penetrase agua en los fosos, ésta deberá ser achicada antes del relleno de hormigón.

La tierra sobrante de las excavaciones que no pueda ser utilizada en el relleno de los fosos, deberá quitarse allanando y limpiando el terreno que lo circunda. Dicha tierra deberá ser transportada a un lugar donde al depositarla no ocasione perjuicio alguno.

Se prohíbe el empleo de aguas que procedan de ciénagas, o estén muy cargadas de sales carbonosas o selenitosas.

HORMIGÓN

El amasado de hormigón se efectuará en hormigonera o a mano, siendo preferible el primer procedimiento; en el segundo caso se hará sobre chapa metálica de suficientes dimensiones para evitar se mezcle con tierra y se procederá primero a la elaboración del mortero

de cemento y arena, añadiéndose a continuación la grava, y entonces se le dará una vuelta a la mezcla, debiendo quedar ésta de color uniforme; si así no ocurre, hay que volver a dar otras vueltas hasta conseguir la uniformidad; una vez conseguida se añadirá a continuación el agua necesaria antes de verter al hoyo.

Se empleará hormigón cuya dosificación sea de 200 kg/m³. La composición normal de la mezcla será:

Cemento: 1
Arena: 3
Grava: 6

La dosis de agua no es un dato fijo, y varía según las circunstancias climatológicas y los áridos que se empleen.

El hormigón obtenido será de consistencia plástica, pudiéndose comprobar su docilidad por medio del cono de Abrams. Dicho cono consiste en un molde troncocónico de 30 cm. de altura y bases de 10 y 20 cm. de diámetro. Para la prueba se coloca el molde apoyado por su base mayor, sobre un tablero, llenándolo por su base menor, y una vez lleno de hormigón y enrasado se levanta dejando caer con cuidado la masa. Se mide la altura "H" del hormigón formado y en función de ella se conoce la consistencia:

<u>Consistencia</u>	<u>H (cm.)</u>
Seca	30 a 28
Plástica	28 a 20
Blanda	20 a 15
Fluida	15 a 10

En la prueba no se utilizará árido de más de 5 cm.

OTROS TRABAJOS

Artículo 22. Transporte e izado de báculos y columnas.

Se emplearán los medios auxiliares necesarios para que durante el transporte no sufran las columnas y báculos deterioro alguno.

El izado y colocación de los báculos y columnas se efectuará de modo que queden perfectamente aplomados en todas las direcciones.

Las tuercas de los pernos de fijación estarán provistas de arandelas.

La fijación definitiva se realizará a base de contratueras, nunca por graneteo. Terminada esta operación se rematará la cimentación con mortero de cemento.

Artículo 23. Arquetas de registro.

Serán de las dimensiones especificadas en el proyecto, dejando como fondo la tierra original a fin de facilitar el drenaje.

El marco será de angular 45 x 45 x 5 y la tapa, prefabricada, de hormigón de Rk= 160 kg/cm², armado con diámetro 10 o metálica y marco de angular 45 x45 x 5. En el caso de aceras con terrazo, el acabado se realizará fundiendo losas de idénticas características.

El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las arquetas con el objeto de evitar accidentes.

Cuando no existan aceras, se rodeará el conjunto arqueta-cimentación con bordillos de 25 x 15 x 12 prefabricados de hormigón, debiendo quedar la rasante a 12 cm. sobre el nivel del

terreno natural.

Artículo 24. Tendido de los conductores.

El tendido de los conductores se hará con sumo cuidado, evitando la formación de cocas y torceduras, así como roces perjudiciales y tracciones exageradas.

No se dará a los conductores curvaturas superiores a las admisibles para cada tipo. El radio interior de curvatura no será menor que los valores indicados por el fabricante de los conductores.

Artículo 25. Acometidas.

Serán de las secciones especificadas en el proyecto, se conectarán en las cajas situadas en el interior de las columnas y báculos, no existiendo empalmes en el interior de los mismos. Sólo se quitará el aislamiento de los conductores en la longitud que penetren en las bornas de conexión.

Las cajas estarán provistas de fichas de conexión (IV). La protección será, como mínimo, IP-437, es decir, protección contra cuerpos sólidos superiores a 1 mm. (4), contra agua de lluvia hasta 60° de la vertical (3) y contra energía de choque de 6 julios (7). Los fusibles (I) serán APR de 6 A, e irán en la tapa de la caja, de modo que ésta haga la función de seccionamiento. La entrada y salida de los conductores de la red se realizará por la cara inferior de la caja y la salida de la acometida por la cara superior.

Las conexiones se realizarán de modo que exista equilibrio entre fases.

Cuando las luminarias no lleven incorporado el equipo de reactancia y condensador, dicho equipo se fijará sólidamente en el interior del báculo o columna en lugar accesible.

Artículo 26. Empalmes y derivaciones.

Los empalmes y derivaciones se realizarán preferiblemente en las cajas de acometidas descritas en el apartado anterior. De no resultar posible se harán en las arquetas, usando fichas de conexión (una por hilo), las cuales se encintarán con cinta auto soldable de una rigidez dieléctrica de 12 kV/mm, con capas a medio solape y encima de una cinta de vinilo con dos capas a medio solape.

Se reducirá al mínimo el número de empalmes, pero en ningún caso existirán empalmes a lo largo de los tendidos subterráneos.

Artículo 27. Tomas de tierra.

La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ohm. También se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior o igual a 5 Ohm y a 1 Ohm, respectivamente. En cualquier caso, la máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc.).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control. En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea. Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm² de sección mínima, si forman parte de la propia red de

tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.

- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm² para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm² de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

Artículo 28. Bajantes.

En las protecciones se utilizará, exclusivamente, el tubo y accesorios descritos en el apartado 2.1.11.

Dicho tubo alcanzará una altura mínima de 2,50 m. sobre el suelo.

CAPITULO II-B. CONDUCCIONES AÉREAS.

Artículo 29. Colocación de los conductores.

Los conductores se dispondrán de modo que se vean lo menos posible, aprovechando para ello las posibilidades de ocultación que brinden las fachadas de los edificios.

Cuando se utilicen grapas, o cinta de aluminio, en las alineaciones rectas, la separación entre dos puntos de fijación consecutivos será, como máximo, de 40 cm. Las grapas quedarán bien sujetas a las paredes.

Cuando se utilicen tacos y abrazaderas, de las usuales para redes trenzadas, éstas serán del tipo especificado en el proyecto. Igualmente, la separación será, como máximo, la especificada en el proyecto.

Los conductores se fijarán de una parte a otra de los cambios de dirección y en la proximidad inmediata de su entrada en cajas de derivación u otros dispositivos.

No se darán a los conductores curvaturas superiores a las admisibles para cada tipo. El radio interior de curvatura no será menor que los valores indicados por el fabricante de los conductores.

El tendido se realizará con sumo cuidado, evitando la formación de cocas y torceduras, así como roces perjudiciales y tracciones exageradas.

Los conductores se fijarán a una altura no inferior a 2,50 m. del suelo.

Artículo 30. Acometidas.

Serán de las secciones especificadas en el proyecto, se conectarán en el interior de cajas, no existiendo empalmes a lo largo de toda la acometida. Las cajas estarán provistas de fichas de conexión bimetálicas y a los conductores solo se quitará el aislamiento en la longitud que penetren en las bornas de conexión.

Si las luminarias llevan incorporada el equipo de reactancia y condensador, se utilizarán cajas de las descritas en el apartado 2.1.6, provistas de dos cartuchos A.P.R. de 6 A., los cuales se montarán en portafusibles seccionables de 20 A.