



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN
PARA UNA FÁBRICA DE EMBALAJE DE
CARTÓN**

AUTOR

FRÍAS PÉREZ, KELVIN ADRIÁN

DIRECTOR DEL PROYECTO

CAMACHO VIDAL, JAVIER

ESPECIALIDAD

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN PARA UNA FÁBRICA DE EMBALAJE DE CARTÓN
	POLÍGONO INDUSTRIAL LA PAHILLA CALLE COLLAO Nº 63 46930 CHIVA (VALENCIA)
	DOCUMENTOS
	MEMORIA CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS PLIEGO DE CONDICIONES PRESUPUESTO PLANOS Y ESQUEMAS

1. MEMORIA ELÉCTRICA	1
1.2. OBJETO DEL PROYECTO	1
1.3. NOMBRE Y DOMICILIO SOCIAL	1
1.4. REGLAMENTACIÓN Y NORMAS TÉCNICAS CONSIDERADAS	1
1.5. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES	1
1.6. POTENCIA PREVISTA	2
1.6.1. Potencia instalada	3
1.6.2. Potencia demandada	3
1.6.3. Potencia de cálculo	3
1.7. DESCRIPCIÓN DEL LOCAL	3
1.8. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ENLACE	3
1.8.1. Centro de transformación	3
1.8.2. Caja general de protección	3
1.8.3. Equipos de medida	4
1.8.4. Línea general de alimentación/derivación individual	4
1.8.4.1. Descripción longitud, sección, diámetro del tubo	4
1.8.4.2. Canalizaciones	4
1.8.4.3. Conductores	4
1.8.4.4. Tubos protectores	4
1.8.4.5. Conductor de protección	5
1.9. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN INTERIOR	5
1.9.1.1. Canalizaciones Fijas	5
1.9.1.2. Canalizaciones móviles	5
1.9.1.3. Transformadores y condensadores	6
1.9.1.4. Máquinas rotativas	6
1.9.1.5. Luminarias	6
1.9.1.6. Tomas de corriente	6
1.9.1.7. Aparatos de conexión y corte	7
1.9.1.8. Sistema de protección frente a contactos indirectos	7
1.9.1.9. Protección frente a sobrecargas y cortocircuitos	7
1.9.1.10. Identificación de conductores	7
1.9.2. Clasificación y características de las instalaciones según riesgo de las dependencias de los locales	7
1.9.2.1. Locales con riesgo de incendio o explosión	8
1.9.2.2. Locales húmedos	8
1.9.2.3. Locales mojados	8
1.9.2.4. Locales con riesgo de corrosión	8
1.9.2.5. Locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión	8
1.9.2.6. Locales a temperatura elevada	8
1.9.2.7. Locales a muy baja temperatura	8
1.9.2.8. Locales en los que existan baterías de acumuladores	8
1.9.2.9. Estaciones de servicio, garajes y talleres de reparación de vehículos	8
1.9.2.10. Locales de características especiales	8
1.9.2.11. Instalaciones con fines especiales	8
1.9.2.12. Instalaciones a muy baja tensión	8
1.9.2.13. Instalaciones a tensiones especiales	9
1.9.2.14. Instalaciones generadoras de baja tensión	9
1.9.3. Cuadro general de distribución	9

1.9.3.1. Características y composición.....	9
1.9.3.2. Cuadros secundarios y composición	9
1.9.4. Líneas de distribución y canalización	9
1.9.4.1. Sistema de instalación elegido.....	9
1.9.4.2. Descripción: longitud, sección y diámetro del tubo.....	11
1.9.4.3. Conductor de protección	14
1.10. SUMINISTROS COMPLEMENTARIOS.....	14
1.10.1. Socorro.....	14
1.10.2. Reserva.....	14
1.10.3. Duplicado	15
1.11. ALUMBRADO DE EMERGENCIA	15
1.11.1. Alumbrado de seguridad	15
1.11.2. Alumbrado de reemplazamiento	15
1.12. LINEA DE PUESTA A TIERRA	15
1.12.1. Tomas de tierra.....	15
1.12.2. Líneas principales de tierra.....	16
1.12.3. Derivaciones de las líneas principales de tierra	16
1.12.4. Conductores de protección	16
1.13. RED DE EQUIPOTENCIALIDAD.....	16
1.14. INSTALACIÓN CON FINES ESPECIALES.....	17
1.14.1. Condiciones de las instalaciones en estas zonas.....	17
2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	19
2.1. Tensión nominal y caída de tensión máxima admisible.	19
2.2. Procedimiento de cálculo utilizado.....	19
2.2.1. Potencia instalada.	19
2.2.2. Potencia demandada y potencia aparente del transformador.	21
2.2.3. Potencia de cálculo.	21
2.2.4. Corrientes de servicio.	23
2.2.5. Corriente de cálculo.	25
2.3. Cálculos eléctricos: Alumbrado y fuerza motriz.	27
2.4. Cálculo de las protecciones a instalar en las diferentes líneas generales y derivadas.....	57
2.4.1 Cálculo de las corrientes de cortocircuito.....	57
2.5. Cálculo del sistema de protección contra contactos indirectos.....	99
2.5.1. Cálculo de la puesta a tierra.	103
3. PLIEGO DE CONDICIONES.....	105
3.1. OBJETO	105
3.2. ALCANCE DEL TRABAJO	105
3.2.1 Pautas de funcionamiento	105
3.2.2. Seguridad e higiene	105
3.2.3. Riesgos.....	106
3.3. CALIDAD DE MATERIALES.....	106
3.3.1. Conductores eléctricos	106
3.3.1.1. Redes aéreas.....	106
3.3.1.2. Redes subterráneas.....	107
3.3.1.3. Acometidas.....	108
3.3.1.4. Derivaciones individuales.....	108
3.3.1.5. Instalaciones interiores o receptoras	109
3.3.1.6 Alumbrado público.....	111
3.3.2. Conductores de protección	112

3.3.2.1. Puesta a tierra.....	112
3.3.3. Identificación de los conductores	115
3.3.4. Tubos y canales protectoras.....	116
3.3.4.1. Tubos.....	116
3.3.4.2. Canales protectoras o bandejas	120
3.3.5. Cajas de empalme y derivación	122
3.3.6. Aparatos de mando y maniobra	123
3.3.6.1. Cuadro de maniobra y protección.....	123
3.3.7. Aparatos de protección	125
3.3.7.1. Protección contra sobre intensidades.....	126
3.3.7.2. Protección contra contactos directos e indirectos.....	127
3.4. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES	129
3.4.1. Redes aéreas	129
3.4.1.1. Instalación de conductores aislados	129
3.4.1.2. Instalación de conductores desnudos.....	129
3.4.2. Redes subterráneas	131
3.4.2.1. Cables aislados	131
3.4.3. Alumbrado público.....	133
3.4.3.1. Redes aéreas.....	133
3.4.4. Cajas generales de protección	135
3.4.5. Contadores	136
3.4.6. Duchas, bañeras.....	137
3.4.6.1. Clasificación de los volúmenes	137
3.4.7. Pública concurrencia	139
3.4.8. Locales con riesgo de incendio o explosión.....	141
3.4.8.1. Emplazamientos	141
3.4.8.2. Emplazamientos	141
3.4.9. Normas a cumplir por los materiales	143
3.5. PRUEBAS REGLAMENTARIAS	144
3.5.1. Resultados de las Pruebas	144
3.5.2. Medidas Eléctricas	144
3.5.3. Número de Mediciones	145
3.5.4. Resultados Obtenidos.....	145
3.6. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD	145
3.6.1. Revisión de las tomas de tierra	145
3.6.2. Protección para garantizar la seguridad	146
3.7. CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN QUE DEBE DISPONER EL TITULAR. AUTORIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	146
3.8. DIRECCIÓN TÉCNICA Y LIBRO DE ÓRDENES.....	147
4. PRESUPUESTO	149
4.1. PRECIOS ELEMENTALES	149
4.2. PRECIOS DESCOMPUESTOS.....	151
4.3. VALORACIÓN DESCOMPUESTOS	167
4.4. RESUMEN PRESUPUESTO	168
5. PLANOS Y ESQUEMAS	168

	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN PARA UNA FÁBRICA DE EMBALAJE DE CARTÓN
	POLÍGONO INDUSTRIAL LA PAHILLA CALLE COLLAO Nº 63 46930 CHIVA (VALENCIA)
1º	MEMORIA ELÉCTRICA

1. MEMORIA ELÉCTRICA

1.2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto consiste en definir las características técnicas y de seguridad que deberá reunir la instalación en Baja Tensión con destino a alumbrado, fuerza motriz y otros usos para una fábrica de **embalaje de cartón**.

1.3. NOMBRE Y DOMICILIO SOCIAL

1.4. REGLAMENTACIÓN Y NORMAS TÉCNICAS CONSIDERADAS

En la redacción del presente proyecto se tendrán en cuenta las siguientes disposiciones:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión así como las Instrucciones Técnicas complementarias del mismo (ITC), reflejado en el Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002 y publicado en el BOE número 224 con fecha de 18 de septiembre de 2002.
- 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 337/2014 de 9 de mayo, BOE de 9 de junio de 2014).
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril (BOE número 97 de 23 de abril de 1997), por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 614/2001 sobre Protección de la Salud y Seguridad de los Trabajadores Frente al Riesgo Eléctrico.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, de Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en el que se establece el reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Normas UNE
- Recomendaciones UNESA

1.5. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

La industria está ubicada en el Polígono Industrial de Chiva, C/Collao N°63, Chiva (Valencia). C.P. 46370.

1.6. POTENCIA PREVISTA

Alumbrado

ILUMINACIÓN		
Descripción	Unidades	Potencia (kW)
Philips TCH481 3xTL5-250W/840 HFP M2 SW	24	18.00
Philips TPS680 1x35W/840 HFP C8 SM2 ALU	15	0.53
Philips TBS105 1xTL5-49W/830 HFP A PI	10	0.49
Philips FBS163 2xPL-L55W HFP IND PI	10	1.1
Philips FBS163 2xPL-L36W HFR IND PI	8	0.58
Philips TBS260 2xTL5-28W/840 HFP C6 PI	8	0.45
Philips 4MX691 1xTL5-35W HFP SI	24	0.84
TOTAL:		21,36 (kW)

La potencia total instalada del alumbrado es de **21,36 kW**.

Fuerza motriz

A continuación se relacionan las máquinas que serán utilizadas para el desarrollo de la actividad. Las máquinas que se utilizarán son:

MAQUINARIA			
Nº	Cantidad	Descripción	Potencia (kW)
1	1	Aire Acondicionado Oficinas	4.00
2	1	Máquina TM1 (Cortadora)	11.00
3	1	Máquina TM2 (Prensa)	16.00
4	1	Máquina TM3 (Ranuradora)	16.00
5	1	Máquina TM4 (Troqueladora)	17.00
6	1	Máquina TM5 (Plegadora - Encoladora)	21.00
7	1	Máquina TM6 (Cinta Transportadora)	11.00
8	1	Máquina TM7 (Cinta Elevadora)	11.00
9	1	Máquina TM8 (Grapadora)	8.00
TOTAL:			115 (kW)

La potencia total de la maquinaria instalada en la industria es de **115 kW**.

Otros usos (tomas de corriente)

Se considera una potencia de **6 kW** para las líneas de TC en oficinas y zona de la nave.

1.6.1. Potencia instalada

La potencia total instalada es de 171,31 kW, teniendo en cuenta que la derivación individual es de (3x185/95 mm²) de Cobre, instalada enterrada bajo tubo, aislamiento de EPR de 0.6/1 KV con cubierta de poli cloropreno (RZ1-K), con lo que la $I_{ad}= 480A$, y está protegida en el cuadro general de distribución con un interruptor automático de intensidad nominal 400A.

1.6.2. Potencia demandada

La potencia demandada considerando un factor de simultaneidad de 1 es de 171,31 kW.

1.6.3. Potencia de cálculo

La potencia de cálculo es de 186,35 kW.

1.7. DESCRIPCIÓN DEL LOCAL

La nave está constituida básicamente de una planta rectangular, contando en su parte interior de dos aseos, un almacén y dos vestuarios.

En la parte superior se encuentran las oficinas y en la planta baja se va a desarrollar la actividad de embalaje industrial (en todos sus sectores).

1.8. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ENLACE

La derivación individual es de (3x185/95 mm²) de Cu, enterrada bajo tubo PVC desde la salida de la caja general de protección ubicada en el interior del local, tal y como se indica en planos adjuntos, al cuadro general de distribución. Se instalará la citada derivación individual de cable según UNE 211002, RV-K, con lo que la $I_{ad}= 480A$, y está protegida en el Cuadro General de Protección con un interruptor automático de intensidad nominal 400A. El cable será no propagador de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, de acuerdo con la norma UNE 21120 puesto que será de 0.6/1 KV. El tubo en el que se instale será no propagador de llama.

1.8.1. Centro de transformación

La instalación destinada a la actividad de embalaje industrial está dotada de centro de transformación propio. Este será de 250kVA y estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad.

La acometida al mismo será subterránea, se alimentará en anillo de la red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 25KV y una frecuencia de 50 Hz.

1.8.2. Caja general de protección

La caja general de protección desde la que se alimenta la instalación de referencia se encuentra ubicada en la propia nave. La caja general de protección no se pone a tierra puesto que si se pusiera se transmitirían, en caso de defecto, tensiones peligrosas al exterior.

Los equipos de medida se encuentran situados en la hornacina de la nave de las propias instalaciones, el cual deberá cumplir con un grado de protección del conjunto al menos IP43 IK10. Se deberá permitir de forma directa la lectura del contador. La parte transparente de la hornacina será resistente a los rayos ultravioleta. En todo caso se estará a lo dispuesto por la empresa suministradora, estableciendo siempre un cumplimiento del Reglamento Electrotécnico para Baja tensión.

1.8.3. Equipos de medida

La medida de la energía eléctrica consumida se realiza en baja tensión, encontrándose el contador en la caja general de protección.

El cable será no propagador de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, de acuerdo con la norma UNE 21027-9, con conductores de cobre de clase 2 de acuerdo a la norma UNE-EN 60228, con un aislamiento seco a base de mezclas termoestables o termoplásticas.

Los equipos de medida no se conectarán a tierra, puesto que se instalarán equipos con clase de aislamiento II.

1.8.4. Línea general de alimentación/derivación individual

1.8.4.1. Descripción longitud, sección, diámetro del tubo

La derivación individual es de (3x185/95 mm²) de Cu, instalada bajo tubo PVC desde la salida de la caja general de protección al cuadro general de distribución. Se instalará la citada derivación individual de cable según UNE 211002, RZ1-K, con lo que la $I_{ad}= 480A$, y está protegida en el Cuadro General de Protección con un interruptor automático de intensidad nominal 400 A. El cable será no propagador de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, de acuerdo con la norma UNE 21120 puesto que será de 0.6/1 KV. El tubo en el que se instale será no propagador de llama.

Línea de distribución	Ltot (m)	Un (V)	Pc (kW)	Ic (A)	Iz (A)	I'z (A)	Sección (mm ²)	Caída tensión máxima	Tipo de cable
Línea General de Alimentación (LGA)	20	400	186.35	305.99	480	384	185	0.03	Unipolar RZ1-K 0.6/1KV

1.8.4.2. Canalizaciones

La canalización se encuentra constituida por tubo instalado por el que discurre fase, neutro y tierra.

1.8.4.3. Conductores

Se colocarán conductores de cobre, aislados con RZ1-K, de sección (3x185/90 mm²). El cable será no propagador de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, de acuerdo con la norma UNE 21120, puesto que será de 0.6/1 KV.

1.8.4.4. Tubos protectores

Se instalarán tubos de 50 mm de diámetro, tal que se permita una ampliación del 100% de los conductores inicialmente instalados. Dependiendo del tramo por el que discurran los tubos irán superficiales o empotrados, siendo de este modo las características mínimas de los tubos superficiales 4321 (tubo curvable o rígido y de los empotrados 2221 (tubo flexible)).

1.8.4.5. Conductor de protección

La canalización dispondrá de conductor de protección de 75 mm² RV-K, de las mismas características que los demás conductores que forman parte de la canalización. En este caso, la instalación de enlace que está constituida por la derivación individual está unida a la centralización del contador con el cuadro general de distribución, siendo la tierra de ambos elementos la misma.

1.9. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN INTERIOR

Las características generales de la instalación interior serán las siguientes, teniendo en cuenta que las instalaciones clasificadas se realizarán de acuerdo a lo indicado más adelante cuando se trate la instalación concreta de ese local o zona clasificada.

1.9.1.1. Canalizaciones Fijas

El cableado se realizará mediante conductores aislados de 450/750 V y/o 0.6/1 KV, tal y como se indica en plano de esquema unifilar adjunto en función de los receptores a alimentar. El diámetro interior de los tubos será como mínimo, el que señale las tablas ITC-BT-19 en función del número, clase y sección de conductores que han de alojar. Los tubos serán no propagadores de llama.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúe la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados (manguitos) o ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con cola, de forma que se aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

Las curvas practicadas a los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles.

La instalación y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, se realizará de forma fácil, disponiéndose para ello los registros necesarios, sin que puedan estar separados entre sí más de 16 m en tramos rectos. No se realizarán más de 3 curvas en ángulo recto entre dos registros consecutivos.

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas de material aislante, de tales dimensiones que puedan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad mínima equivaldrá al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo, con un mínimo de 40 mm de profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

Las conexiones entre conductores se realizarán utilizando bornes de conexión en el interior de las cajas de derivación.

En determinadas situaciones en las que no exista riesgo de golpes a las canalizaciones, los conductores se instalarán soportados en bandejas metálicas perforadas.

1.9.1.2. Canalizaciones móviles

Si a la hora del montaje se da algún caso, el cable flexible será adecuado para el servicio extra severo y tendrá los conductores de fase, el conductor de protección claramente será identificable. El cable flexible irá conectado a la fuente de alimentación monofásica o trifásica mediante tomas de corriente o caja de terminales adecuados. Dado que se pueden producir esfuerzos en los bornes, éstos se sujetarán con abrazaderas.

Los cables eléctricos a emplear en canalizaciones móviles serán de tensión asignada 0.6/1 KV, con cubierta de policloropreno o similar y de acuerdo a UNE 21150 apto para servicios móviles.

1.9.1.3. Transformadores y condensadores

Se dispone de centro de transformación y compensación de energía reactiva. Asimismo se dispone de un transformador y/o condensador para otras instalaciones.

1.9.1.4. Máquinas rotativas

Todas las máquinas eléctricas rotativas deberán protegerse contra calentamientos provocados por las sobreintensidades.

Los motores de potencia nominal superior a 0.75 kW estarán protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de falta de tensión en una de sus fases.

En el caso de motores con arranque estrella triángulo la protección asegurará a los circuitos, tanto para la conexión estrella como para la de triángulo.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior a 125% de la intensidad a plena carga del motor en cuestión.

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deberán estar dimensionados para una intensidad no menor a la suma del 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los conductores de conexión que alimentan a motores y otros receptores deberán ser previstos para la intensidad total requerida por los otros receptores más la requerida por los motores, calculada como antes se ha indicado.

Todas las máquinas eléctricas rotativas, se protegerán contra los calentamientos peligrosos provocados por las sobrecargas, mediante contactores con relés térmicos regulables para la intensidad nominal del motor, teniendo en cuenta su factor de utilización.

1.9.1.5. Luminarias

Las luminarias reunirán las condiciones que se indican en la ITC-44. Estos mecanismos y los que se utilicen para conectar los motores cumplirán con las condiciones que señala la ITC-BT-43.

Todas las luminarias irán claramente marcadas con la tensión nominal, frecuencia nominal, potencia máxima y tipo de lámparas con que pueden ser utilizadas.

Las luminarias fijas podrán instalarse suspendidas en su tubo de alimentación, de cadenas o de otros elementos de suspensión adecuados. No se permitirán en ningún caso que penden directamente de su cable de alimentación.

1.9.1.6. Tomas de corriente

Se instalan tomas de corriente monofásicas de 16 A + TT.

Todas las tomas de corriente estarán provistas de clavija de puesta a tierra y diseñadas de modo que la conexión o desconexión al circuito de alimentación, no presente riesgos de contactos indirectos a la persona que los manipulen.

Las tomas de corriente de las instalaciones interiores o receptoras serán del tipo C2a de acuerdo a la norma UNE 20315-1-1, denominada como base bipolar con contacto lateral de tierra 16 A, 250 V.

1.9.1.7. Aparatos de conexión y corte

Los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local. Los dispositivos generales de mando y protección no serán accesibles al público en general, puesto que el cuadro general se situará detrás de la barra, tal y como se indica en los planos adjuntos. La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 m y 2 m.

1.9.1.8. Sistema de protección frente a contactos indirectos

El sistema de protección frente a contactos indirectos es de Neutro a Tierra y Masas a Tierra (TT), con dispositivo de corte por intensidad de defecto mediante interruptores diferenciales (ITC-BT-24).

No se dispone de diferenciales colocados en serie.

1.9.1.9 Protección frente a sobrecargas y cortocircuitos

Según la ITC-BT-22 el límite de intensidad máxima de un conductor ha de quedar garantizado por el dispositivo de protección.

Como elementos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos se emplean fusibles e interruptores automáticos (ITC-BT-22).

Se dispone de un interruptor general automático de corte omnipolar, que permite accionamiento manual y dotado de elementos de protección frente a sobrecargas y cortocircuitos, independiente del ICP en caso de que este se instalase.

Todos los circuitos se encontrarán efectivamente protegidos frente a sobrecargas y cortocircuitos mediante interruptores automáticos de corte en todos los casos omnipolar. El poder de corte mínimo de los dispositivos de protección será de 10 KA.

El grado de protección mínima de las envolventes será IP 30 según UNE-EN 60529 e IK07 según UNE-EN 50102/A1.

1.9.1.10. Identificación de conductores

La identificación se realiza por el color que presenta su aislamiento o por inscripción sobre el mismo:

Hilos activos (R, S, T)	Marrón, Negro, Gris
Hilos Neutros	Azul
Hilos de Tierra	Amarillo - Verde

1.9.2. Clasificación y características de las instalaciones según riesgo de las dependencias de los locales

1.9.2.1. Locales con riesgo de incendio o explosión

El local se clasifica como de peligro de incendio, de acuerdo con la ITC BT 29, más concretamente como local con riesgo de incendio y explosión Clase II.

1.9.2.2. Locales húmedos

Según la ITC-BT-30 esta actividad cumplirá las prescripciones para locales húmedos.

1.9.2.3. Locales mojados

Según la ITC-BT-30 los aseos y exteriores se clasifican como local mojado por lo que seguirá las prescripciones de dicha instrucción.

1.9.2.4. Locales con riesgo de corrosión

Según la instrucción ITC-BT-30 esta actividad no se encuentra sujeta a esta clasificación.

1.9.2.5. Locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión

Según la instrucción ITC-BT-30 esta actividad no se encuentra sujeta a esta clasificación.

1.9.2.6. Locales a temperatura elevada

Según la instrucción ITC-BT-30 esta actividad no se encuentra sujeta a esta clasificación.

1.9.2.7. Locales a muy baja temperatura

Según la instrucción ITC-BT-30 esta actividad no se encuentra sujeta a esta clasificación.

1.9.2.8. Locales en los que existan baterías de acumuladores

Según la instrucción ITC-BT-30 esta actividad no se encuentra sujeta a esta clasificación.

1.9.2.9. Estaciones de servicio, garajes y talleres de reparación de vehículos

Según la instrucción ITC-BT-29 esta actividad no se encuentra sujeta a esta clasificación.

1.9.2.10. Locales de características especiales

Según la instrucción ITC-BT-30 esta actividad no se encuentra sujeta a esta clasificación.

1.9.2.11. Instalaciones con fines especiales

Según las instrucciones ITC-BT-31, 32, 33, 34, 35, 39 esta actividad no se encuentra sujeta a esta clasificación.

1.9.2.12. Instalaciones a muy baja tensión

Según la instrucción ITC-BT-36 esta actividad no se encuentra sujeta a esta clasificación.

1.9.2.13. Instalaciones a tensiones especiales

Según la instrucción ITC-BT-37 esta actividad no se encuentra sujeta a esta clasificación.

1.9.2.14. Instalaciones generadoras de baja tensión

Según la instrucción ITC-BT-40 esta actividad no se encuentra sujeta a esta clasificación.

1.9.3. Cuadro general de distribución

1.9.3.1. Características y composición

Se dispone de un cuadro general de distribución y protección, desde donde se alimenta a todos los receptores de la instalación. El cuadro general de distribución se encuentra situado en la entrada de la nave, en un armario con llave de cierre para el público en general, lo más cerca posible a la entrada en el local de la derivación individual, y se encuentra compuesto por los siguientes elementos:

CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN
Interruptor general automático NS 400.
Relé electrónico STR23SE.

1.9.3.2. Cuadros secundarios y composición

La selección del aparellaje eléctrico como automáticos diferenciales, relés electrónicos, guardamotors y de más aparatos electrónicos se hará a través de diferentes cálculos y una vez hechos éstos, se elegirán los que correspondan en cada caso con la ubicación y la finalización que cumpla cada uno a través de catálogos.

1.9.4. Líneas de distribución y canalización

Para la descripción de las líneas de distribución y la canalización de cada una de estas líneas, se pasa a describir todos los tipos de líneas, indicando el número de circuitos iguales de que se dispone para cada tipo de línea, así como las características de cada una de estas líneas.

1.9.4.1. Sistema de instalación elegido

La selección del tipo de canalización en cada instalación se realizará escogiendo, en función de las influencias externas, el que se considere más adecuado de entre los descritos para conductores y cables en la norma UNE-HD 60364-5-52.

Los sistemas de instalación de las canalizaciones en función de los tipos de conductores o cables deben estar de acuerdo con la tabla 52 F de la citada norma UNE-HD 60364-5-52. Los sistemas de instalación de las canalizaciones en función de la situación deben estar de acuerdo con la tabla 52 G de la misma norma UNE-HD.

En nuestro caso, toda la instalación, se realizará mediante cable de 450/750 V de aislamiento, tipo ES 07Z1-K. Se permite que se instalen varios circuitos en un mismo tubo siempre y cuando todos ellos se encuentren aislados para la tensión asignada más elevada. Las canalizaciones discurrirán empotradas o sobre falso techo cuando no exista otra opción

empotrada.

En la instalación objeto del presente proyecto no se dispone de otras canalizaciones cercanas a las eléctricas.

Las influencias externas que pueden afectar a las canalizaciones, que se tienen para la presente instalación, son:

- Temperatura ambiente: AA5 -5°C +40°C
- Fuentes externas de calor: No.
- Presencia de agua: AD1.
- Presencia de cuerpos sólidos: AE1 despreciable
- Presencia de sustancias corrosivas o contaminantes: AF1 despreciable
- Choques mecánicos: AG1 débiles
- Vibración: AH2 medias
- Otros esfuerzos mecánicos: No considerado
- Presencia de vegetación o moho: AK1 no peligrosa
- Presencia de fauna: AL1 no peligrosa
- Radiación solar: AN1 baja
- Riesgos sísmicos: AP1 despreciable
- Viento: AS1 bajo
- Estructura del edificio: CB1 despreciable

De este modo, no existen influencias externas que afecten directamente al sistema de instalación, excepto que se trata de un local con riesgo de incendio y explosión en el que se pueden dar gran cantidad de materiales incendiarios tales como papel, cartón y otras sustancias nocivas a la instalación y con una densidad elevada, lo que puede originar en caso de incendio accesos de pánico. De este modo, se considera que es un buen sistema de instalación para el local la instalación de conductores de cobre de aislamiento 450/750 V, sin cubierta, designación ES 07Z1-K (AS) con baja emisión de humos y opacidad reducida o bien conductores de aislamiento 0.6/1 KV, designación RV-K, con baja emisión de humos y opacidad reducida. Estos conductores se instalarán bajo tubo de características 2221, empotrados, siempre que esto sea posible.

En ocasiones una misma línea o circuito puede encontrarse instalada en diferentes sistemas de instalación, dependiendo de la zona por la que discurra, de modo que a efectos de cálculo de las líneas y comprobación de la protección de las mismas frente a sobrecorrientes se tendrá en cuenta este hecho, considerando en todo momento el sistema de instalación más desfavorable.

La comprobación de los sistemas de instalación de las canalizaciones en función de los tipos de conductores o cables deben estar de acuerdo con la tabla 52 F de la norma UNE-HD 60364-5-52, y la comprobación de los sistemas de instalación de las canalizaciones en función de la situación deben estar de acuerdo con la tabla 52 G de la misma norma UNE-HD. Estas tablas son:

Tabla 52F
Instalación de las canalizaciones

Conductores y Cables		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales (Incluidos canales de zócalo y de suelo)	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas soporte	Sobre aisladores	Cables fijadores
Conductores desnudos		-	-	-	-	-	-	+	-
Conductores aislados		-	-	+		+	-	+	-
Cables con cubierta	Multipolares	+	+	+	+	+	+	0	+
	Unipolares	0	+	+	+	+	+	0	+

- + Admitido
- No admitido
- 0 No aplicable o no se utiliza en la práctica

- Se admiten conductores aislados si la cubierta puede abrirse sólo con un útil, o con una acción manual importante y el canal es IP4X o IPXXD.

Tabla 52G
Instalación de las canalizaciones

Conductores y cables		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales (Incluidos canales de zócalo y de suelo)	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas soporte	Aisladores	Cables fijadores
Huecos de la construcción	Accesibles	+	+	+	+	+	+	-	0
	Accesibles	+	0	+	0	+	0	-	-
Canal de obra		+	+	+	+	+	+	-	-
Enterrados		+	0	+	-	+	0	-	-
Empotrados en las estructuras		+	+	+	+	+	0	-	-
En montaje superficial		-	+	+	+	+	+	+	-
Aéreo		-	-	+	+	-	+	+	+
Sumergido									

- + Admitido
- No admitido
- 0 No aplicable o no se utiliza en la práctica

- No se utilizan en la práctica salvo en instalaciones cortas y destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida.

1.9.4.2. Descripción: longitud, sección y diámetro del tubo

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL

Línea de distribución	Ltot (m)	Un (V)	Pc (kW)	Ic (A)	Iz (A)	I'z (A)	Sección (mm ²)	Caída tensión máxima	Tipo de cable
Línea General de Alimentación (LGA)	20	400	186.35	305.99	480	384	185	0.03	Unipolar RZ1-K 0.6/1KV

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIO

Línea de distribución	Ltot (m)	Un (V)	Pc (kW)	Ic (A)	Iz (A)	I'z (A)	Sección (mm ²)	Caída tensión máxima	Tipo de cable
Cuadro de Fuerza 1	35	400	66.66	111.23	169	165.62	35	0.035	Unipolar RV-K 0.6/1KV
Cuadro de Fuerza 2	23	400	82.96	137.63	207	202.86	50	0.035	Unipolar RV-K 0.6/1KV
Cuadro de Alumbrado	30	400	22.96	36.82	70	56	10	0.03	Unipolar RV-K 0.6/1KV
Cuadro de Oficinas	11	400	13.77	22.59	80	56	25	0.03	Unipolar RV-K 0.6/1KV

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO DE FUERZA 1

Línea de distribución	Ltot (m)	Un (V)	Pc (kW)	Ic (A)	Iz (A)	I'z (A)	Sección (mm ²)	Caída tensión máxima	Tipo de cable
Aspirador	16	400	15.8	26.52	70	56	10	0.015	Unipolar RV-K 0.6/1KV
TM1 (Cortadora)	6	400	15.8	26.52	70	56	10	0.015	Unipolar RV-K 0.6/1KV
TM2 (Prensa)	15	400	22.99	38.14	70	56	10	0.015	Unipolar RV-K 0.6/1KV
TM3 (Ranuradora)	13	400	22.99	38.14	70	56	10	0.015	Unipolar RV-K 0.6/1KV

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO DE FUERZA 2

Línea de distribución	Ltot (m)	Un (V)	Pc (kW)	Ic (A)	Iz (A)	I'z (A)	Sección (mm ²)	Caída tensión máxima	Tipo de cable
TM4 (Troqueladora)	7	400	24.15	39.61	70	56	10	0.015	Unipolar RV-K 0.6/1KV
TM5 (Plegadora - Encoladora)	7	400	29.16	47.29	70	56	10	0.015	Unipolar RV-K 0.6/1KV
TM6 (Cinta Transportadora)	17	400	15.8	26.52	70	56	10	0.015	Unipolar RV-K 0.6/1KV
TM7 (Cinta Elevadora)	18	400	15.8	26.52	70	56	10	0.015	Unipolar RV-K 0.6/1KV
TM8 (Grapadora)	12	400	11.5	19.3	70	56	10	0.015	Unipolar RV-K 0.6/1KV

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO DE ALUMBRADO

Línea de distribución	Ltot (m)	Un (V)	Pc (kW)	Ic (A)	Iz (A)	I'z (A)	Sección (mm ²)	Caída tensión máxima	Tipo de cable
Alumbrado 1	25	400	8.1	39.13	70	56	10	0.03	Unipolar RV-K 0.6/1KV
Alumbrado 2	25	400	8.1	39.13	70	56	10	0.03	Unipolar RV-K 0.6/1KV
Alumbrado 3	25	400	8.1	39.13	70	56	10	0.03	Unipolar RV-K 0.6/1KV
Alumbrado 4	25	400	8.1	39.13	70	56	10	0.03	Unipolar RV-K 0.6/1KV
Alumbrado Aseos-Vestidor	15	400	1.41	6.81	70	56	10	0.03	Unipolar VV-K 0.6/1KV
Alumbrado Almacén	25	400	1.04	5.02	70	56	10	0.03	Unipolar VV-K 0.6/1KV

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO DE OFICINAS

Línea de distribución	Ltot (m)	Un (V)	Pc (kW)	Ic (A)	Iz (A)	I'z (A)	Sección (mm ²)	Caída tensión máxima	Tipo de cable
Aire Acondicionado	10	400	5.95	9.99	80	56	25	0.01	Unipolar VV-K 0.6/1KV
Alumbrado Oficinas	20	400	0.9	4.35	80	56	25	0.03	Unipolar VV-K 0.6/1KV
Cartel Luminoso	15	400	2.7	13.04	80	56	25	0.03	Unipolar VV-K 0.6/1KV
Toma Corriente Oficinas	25	400	5.78	9.7	80	56	25	0.01	Unipolar VV-K 0.6/1KV

Donde:

- Ltot = Longitud total del circuito, en metros.
- Un = Tensión de línea, en voltios.
- Pc = Potencia de cálculo, en kilovatios.
- Ic = Intensidad de cálculo, en amperios.
- Iz = Intensidad máxima admisible, en amperios.
- Sección = Sección elegida.
- Cdt = Caída de tensión acumulada en el receptor más desfavorable (%).

1.9.4.3. Conductor de protección

El conductor de protección es de la misma sección que el conductor de fase en caso de que la sección de éste sea menor o igual a 16 mm²; y en caso de que sea mayor, el conductor de protección es de sección media a la sección de fase, excepto en el caso de sección de conductor de fase de 35 mm², donde el conductor de protección será de 16 mm². Los conductores de protección serán del mismo tipo de cable que los de fase

En los casos en los que los conductores de protección no formen parte de la canalización de alimentación, éstos serán de cobre, de una sección de 2.5 mm², aislados. No se utilizará conductor de protección común para varios circuitos.

La masa de los equipos a unir con los conductores de protección no debe ser conectada en serie en un circuito de protección, con excepción de las envolventes montadas en fábrica o canalizaciones prefabricadas.

1.10. SUMINISTROS COMPLEMENTARIOS

De acuerdo con la instrucción ITC-BT-28, no es necesaria la instalación de suministros complementarios.

1.10.1. Socorro

Según la ITC-BT-28, no es necesaria dicha instalación.

1.10.2. Reserva

Según la ITC-BT-28, no es necesaria dicha instalación

1.10.3. Duplicado

Según la ITC-BT-28, no es necesaria dicha instalación.

1.11. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

1.11.1. Alumbrado de seguridad

Las luminarias de seguridad en el presente proyecto se han calculado y distribuido según las necesidades requeridas en cada dependencia.

De acuerdo con el Real Decreto 486/1997 por el que se establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, en el apartado 5º del Anexo IV, establece que los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo de alumbrado suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores, dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.

Se entiende que el alumbrado de emergencia es un alumbrado de seguridad que debe entrar en funcionamiento instantáneamente en caso de fallo del alumbrado general o cuando la tensión baje a menos del 70%.

Se alimentará por fuentes propias de energía que utilizarán el suministro normal para proceder a su carga. La línea que alimenta directamente a los circuitos individuales estará protegida por interruptores automáticos de intensidad nominal 10A como máximo.

Se dispondrá como mínimo de una línea independiente y una misma línea que no podrá alimentar a más de 12 puntos de luz.

Para la elección del tipo de lámparas y luminarias más adecuadas se tendrán en cuenta los siguientes factores:

En rutas de evacuación se debe proporcionar una iluminancia mínima de 1 lux

En los puntos en que estén situados los equipos de protección contra incendios de las instalaciones que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux.

1.11.2. Alumbrado de reemplazamiento

No se instala puesto que no es necesario de acuerdo con la ITC-BT-28.

1.12. LINEA DE PUESTA A TIERRA

En nuestro caso, la instalación de puesta a tierra del local se encuentra conectada a la estructura de la nave.

1.12.1. Tomas de tierra

La toma de tierra se realiza en todos los casos mediante picas de acero galvanizado de 2 m de longitud y 25 mm de diámetro. Las picas que conforman la toma de tierra se encuentran unidas mediante conductor desnudo de cobre de 25 mm².

La profundidad a la que se entierra la toma de tierra es de 0.5 m. No se utilizan canalizaciones metálicas de otros servicios como tomas de tierra.

A la toma de tierra irán conectados los siguientes elementos:

Todas las bases de enchufes, que llevarán obligatoriamente tres polos las monofásicas y cuatro las trifásicas, donde se asegure el contacto de tierra antes que el de los polos activos.

Los cuadros de maniobra.

Las partes metálicas de los receptores.

Las tuberías metálicas accesibles.

Y en general, cualquier masa metálica accesible importante próxima a la zona de la instalación eléctrica, así como todos los elementos de estructura metálica que por su clase de aislamiento o condiciones de instalación, así lo aconsejen.

El valor de la resistencia a tierra, tal y como se comprueba en el documento cálculos, será lo suficientemente bajo para garantizar que no aparezcan en la instalación tensiones de contacto superiores a 24 V.

1.12.2. Líneas principales de tierra

La línea de tierra, en cada una de las tomas de tierra, se realizará mediante conductor de cobre aislado de 25 mm² de sección.

1.12.3. Derivaciones de las líneas principales de tierra

La sección de los conductores principales de equipotencialidad será de al menos 2.5 mm² de cobre, aislados.

En el caso de los conductores suplementarios de equipotencialidad, en caso de que unan una masa a un elemento conductor, su sección no será inferior a la mitad de la del conductor de protección unido a esta masa.

1.12.4. Conductores de protección

El conductor de protección es de la misma sección que el conductor de fase en caso de que la sección de éste sea menor o igual a 16 mm²; y en caso de que sea mayor, el conductor de protección es de sección media a la sección de fase, excepto en el caso de sección de conductor de fase de 35 mm², donde el conductor de protección será de 16 mm². Los conductores de protección serán del mismo tipo de cable que los de fase.

En los casos en los que los conductores de protección no formen parte de la canalización de alimentación, éstos serán de cobre, de una sección de 2.5 mm², aislados.

Cuando el conductor de protección sea común a varios circuitos, la sección de ese conductor debe dimensionarse en función de la mayor sección de los conductores de fase.

La masa de los equipos a unir con los conductores de protección no debe ser conectada en serie en un circuito de protección, con excepción de las envolventes montadas en fábrica o canalizaciones prefabricadas.

1.13. RED DE EQUIPOTENCIALIDAD

En el caso de los aseos debe realizarse una red equipotencial, de modo que se asegure que no se producen diferencias de tensiones perjudiciales en el caso de un defecto a masa, no siendo peligroso el contacto de masa en defecto y masa sin defecto simultáneamente.

La conexión equipotencial suplementaria debe comprender todos los elementos conductores accesibles simultáneamente, ya se trate de masas de materiales fijos o de elementos conductores, incluidos, en la medida de lo posible, las armaduras principales de hormigón armado utilizadas en la construcción de edificios. En este sistema equipotencial deben

conectarse los conductores de protección de todos los materiales, incluidos los de las tomas de corriente.

La citada red de equipotencialidad se realizará mediante conductor aislado de cobre de sección mínima 2.5 mm².

1.14. INSTALACIÓN CON FINES ESPECIALES

1.14.1. Condiciones de las instalaciones en estas zonas

Toda la instalación se realiza en zona clasificada, puesto que se trata de una instalación en clase II, de modo que las características de la zona clasificada son las que se han descrito en el apartado de pliego de condiciones.

	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN PARA UNA FÁBRICA DE EMBALAJE DE CARTÓN
	POLÍGONO INDUSTRIAL LA PAHILLA CALLE COLLAO Nº 63 46930 CHIVA (VALENCIA)
2º	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

2.1. Tensión nominal y caída de tensión máxima admisible.

La tensión nominal será suministrada por la empresa IBERDROLA S.A. en forma de corriente trifásica al centro de transformación y la tensión de salida del centro de transformación, que será la encargada de suministrar la energía a los receptores, tanto de fuerza motriz como de alumbrado, es de 400V entre fases y de 230V entre fase y neutro.

La tensión máxima admisible entre el origen de la instalación y cualquier punto de la instalación será del 4'5% para las líneas de alumbrado y del 6'5% para las de fuerza motriz según la instrucción ITC-BT-19.

Tensión nominal

Tensión simple (entre fase y neutro).....230V

Tensión compuesta (entre fases).....400V

Caída de tensión máxima admisible

Alumbrado 4.5%

Circuitos monofásicos 4.5% (230) = 10.35V

Circuitos trifásicos 4.5% (400) = 18V

Fuerza motriz 6.5%

Circuitos monofásicos 6.5% (230) = 14.95V

Circuitos trifásicos 6.5% (400) = 26V

Las de tensión son totales desde la Caja General de protección y medida.

2.2. Procedimiento de cálculo utilizado.

2.2.1. Potencia instalada.

Es la suma de todas las potencias nominales de cada uno de los receptores trifásicos y monofásicos que estén conectados:

$$P_I = \sum_{n=1}^K \frac{P_n}{\eta_n}$$

CUADRO DE FUERZA 1

$$\text{Aspirador: } P_{\text{ins (Asp.)}} = \frac{11}{0.87} = 12.64 \text{ kW}$$

$$\text{TM1 (Cortadora): } P_{\text{ins (Cort.)}} = \frac{11}{0.87} = 12.64 \text{ kW}$$

$$\text{TM2 (Prensa): } P_{\text{ins (Pren.)}} = \frac{16}{0.87} = 18.39 \text{ kW}$$

$$\text{TM3 (Ranuradora): } P_{\text{ins (Ran.)}} = \frac{16}{0.87} = 18.39 \text{ kW}$$

$$P_{\text{ins (CF1)}} = 12.64 + 12.64 + 18.39 + 18.39 = 62.06 \text{ kW}$$

CUADRO DE FUERZA 2

$$\text{TM4 (Troqueladora): } P_{\text{ins (Troq.)}} = \frac{17}{0.88} = 19.32 \text{ kW}$$

$$\text{TM5 (Plegadora - Encoladora): } P_{\text{ins (Pleg-Enc.)}} = \frac{21}{0.9} = 23.33 \text{ kW}$$

$$\text{TM6 (Cinta Transportadora): } P_{\text{ins (CTrans.)}} = \frac{11}{0.87} = 12.64 \text{ kW}$$

$$\text{TM7 (Cinta Elevadora): } P_{\text{ins (CElev.)}} = \frac{11}{0.87} = 12.64 \text{ kW}$$

$$\text{TM8 (Grapadora): } P_{\text{ins (Grap.)}} = \frac{8}{0.87} = 9.2 \text{ kW}$$

$$P_{\text{ins (CF2)}} = 19.32 + 23.33 + 12.64 + 12.64 + 9.2 = 77.13 \text{ kW}$$

CUADRO ALUMBRADO

$$\text{Alumbrado 1: } P_{\text{ins (A1)}} = 0.75 \times 6 = 4.5 \text{ kW}$$

$$\text{Alumbrado 2: } P_{\text{ins (A2)}} = 0.75 \times 6 = 4.5 \text{ kW}$$

$$\text{Alumbrado 3: } P_{\text{ins (A3)}} = 0.75 \times 6 = 4.5 \text{ kW}$$

$$\text{Alumbrado 4: } P_{\text{ins (A4)}} = 0.75 \times 6 = 4.5 \text{ kW}$$

$$\text{Alumbrado Aseos - Vestidores: } P_{\text{ins (As-Vs)}} = 0.056 \times 14 = 0.784 \text{ kW}$$

$$\text{Alumbrado Almacén: } P_{\text{ins (Alm.)}} = 0.072 \times 8 = 0.576 \text{ kW}$$

$$P_{\text{ins (C.A.)}} = 4.5 + 4.5 + 4.5 + 4.5 + 0.784 + 0.576 = 19.36 \text{ kW}$$

CUADRO DE OFICINAS

$$\text{Aire Acondicionado: } P_{\text{ins (A. Acond.)}} = \frac{4}{0.84} = 4.76 \text{ kW}$$

$$\text{Alumbrado Oficinas: } P_{\text{ins (A. Ofc.)}} = 0.05 \times 10 = 0.5 \text{ kW}$$

Cartel Luminoso: $P_{\text{ins (C. Lum.)}} = 0.25 \times 6 = 1.5 \text{ kW}$

Toma de Corriente Oficinas: $P_{\text{ins (T. C. Ofc.)}} = 2.31 \times 2 = 4.62 \text{ kW}$

$$P_{\text{ins (C.O.)}} = 4.76 + 0.5 + 1.5 + 4.62 = 11.38 \text{ kW}$$

$$P_{\text{ins (TOTAL)}} = P_{\text{ins (CF1)}} + P_{\text{ins (CF2)}} + P_{\text{ins (C.A.)}} + P_{\text{ins (C.O.)}} = 62.06 + 77.13 + 19.36 + 11.38 = 171.31 \text{ kW}$$

2.2.2. Potencia demandada y potencia aparente del transformador.

La potencia demandada es la suma de todas las potencias nominales de cada uno de los receptores trifásicos o monofásicos que estén conectados en un mismo circuito, multiplicado por su factor de simultaneidad (g).

Con esta potencia se diseña el transformador:

$$P_d = \sum_{n=1}^K P_n \cdot G_n$$

Como la $PdT = 171.31 \text{ kW}$, tomamos $G=1$, por tanto suponemos que el proceso trabaja a pleno rendimiento.

La potencia aparente del transformador se obtiene aplicando la expresión de la potencia aparente compleja. Eligiendo el transformador normalizado que trabaje a mayor rendimiento, sabiendo que el rendimiento máximo de un transformador se encuentra en el 75 % de su potencia aparente nominal.

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{RS} \cdot I_T^* \longrightarrow S_N = \frac{4}{3} \cdot S$$

$$S = \sqrt{3} \times 400 \times 281.17 = 194.8 \text{ kVA}$$

$$S_N = \frac{4}{3} \times 194.8 = 259.73 \text{ kVA}$$

Elegimos el transformador de 400 kVA con un rendimiento del 64.93 %.

2.2.3. Potencia de cálculo.

Es la suma de todas las potencias nominales de cada uno de los receptores trifásicos que estén conectados en un mismo circuito, multiplicado por un factor de corrección según ITC-BT-47 (Motores) e ITC-BT-44 (Alumbrado).

MOTORES SOLOS: $P_c = 1,25 \cdot P_1$

MOTORES VARIOS: $P_c = 1,25 \cdot P_{\text{max}} + \sum_{n=1}^N P_n$

ALUMBRADO: $P_c = 1,8 \cdot P$

CUADRO DE FUERZA 1

Aspirador: $P_{C(Asp.)} = 1.25 \times 12.64 = 15.8 \text{ kW}$

TM1 (Cortadora): $P_{C(Cort.)} = 1.25 \times 12.64 = 15.8 \text{ kW}$

TM2 (Prensa): $P_{C(Pren.)} = 1.25 \times 18.39 = 22.99 \text{ kW}$

TM3 (Ranuradora): $P_{C(Ran.)} = 1.25 \times 18.39 = 22.99 \text{ kW}$

$$P_{C(CF1)} = 1.25 \times 18.39 + 12.64 + 12.64 + 18.39 = 66.66 \text{ kW}$$

CUADRO DE FUERZA 2

TM4 (Troqueladora): $P_{C(Troq.)} = 1.25 \times 19.32 = 24.15 \text{ kW}$

TM5 (Plegadora Encoladora): $P_{C(Pleg-Enc.)} = 1.25 \times 23.33 = 29.16 \text{ kW}$

TM6 (Cinta Transportadora): $P_{C(CTrans.)} = 1.25 \times 12.64 = 15.8 \text{ kW}$

TM7 (Cinta Elevadora): $P_{C(CElev.)} = 1.25 \times 12.64 = 15.8 \text{ kW}$

TM8 (Grapadora): $P_{C(Grap.)} = 1.25 \times 9.2 = 11.5 \text{ kW}$

$$P_{C(CF2)} = 1.25 \times 23.33 + 19.32 + 12.64 + 9.2 + 12.64 = 82.96 \text{ kW}$$

CUADRO ALUMBRADO

Alumbrado 1: $P_{C(A1)} = 1.8 \times 4.5 = 8.1 \text{ kW}$

Alumbrado 2: $P_{C(A2)} = 1.8 \times 4.5 = 8.1 \text{ kW}$

Alumbrado 3: $P_{C(A3)} = 1.8 \times 4.5 = 8.1 \text{ kW}$

Alumbrado 4: $P_{C(A4)} = 1.8 \times 4.5 = 8.1 \text{ kW}$

Alumbrado Aseos – Vestidores: $P_{C(As-Vs)} = 1.8 \times 0.784 = 1.41 \text{ kW}$

Alumbrado Almacén: $P_{C(Alm.)} = 1.8 \times 0.576 = 1.04 \text{ kW}$

$$P_{C(C.A.)} = 1.8 \times 4.5 + 4.5 + 4.5 + 4.5 + 0.784 + 0.576 = 22.96 \text{ kW}$$

CUADRO DE OFICINAS

Aire Acondicionado: $P_{C(A. Acond.)} = 1.25 \times 4.76 = 5.95 \text{ kW}$

Alumbrado Oficinas: $P_{C(A. Ofc.)} = 1.8 \times 0.5 = 0.9 \text{ kW}$

Cartel Luminoso: $P_{C(C. Lum.)} = 1.8 \times 1.5 = 2.7 \text{ kW}$

Toma de Corriente Oficinas: $P_{C(T. C. Ofc.)} = 1.25 \times 4.62 = 5.78 \text{ kW}$

$$P_{C(C.O.)} = 1.25 \times 4.76 + 4.62 + 1.8 \times 1.5 + 0.5 = 13.77 \text{ kW}$$

$$P_C(\text{TOTAL}) = P_C(\text{CF1}) + P_C(\text{CF2}) + P_C(\text{C.A.}) + P_C(\text{C.O.}) = 66.66 + 82.96 + 22.96 + 13.77 = \mathbf{186.35 \text{ kW}}$$

2.2.4. Corrientes de servicio.

CORRIENTES DE SERVICIO: Se calculan las corrientes de servicio de cada línea, obteniéndose luego la corriente total consumida por el transformador aplicando los factores de simultaneidad (g) a cada línea de distribución primaria.

$$I_i = \frac{P_i}{\sqrt{3} \cdot V_{rs} \cdot \cos \alpha_i} \angle \alpha_i$$

CUADRO DE FUERZA 1

$$\text{Aspirador: } \bar{I}e_{(\text{Asp.})} = \frac{12.64 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 21.21 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM1 (Cortadora): } \bar{I}e_{(\text{Cort.})} = \frac{12.64 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 21.21 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM2 (Prensa): } \bar{I}e_{(\text{Pren.})} = \frac{18.39 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.87} = 30.51 \angle -29.54^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM3 (Ranuradora): } \bar{I}e_{(\text{Ran.})} = \frac{18.39 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.87} = 30.51 \angle -29.54^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}e_{(\text{CF1})} = \frac{62.06 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.865} = 103.56 \angle -30.12^\circ \text{ A}$$

CUADRO DE FUERZA 2

$$\text{TM4 (Troqueladora): } \bar{I}e_{(\text{Troq.})} = \frac{19.32 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.88} = 31.69 \angle -28.36^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM5 (Plegadora - Encoladora): } \bar{I}e_{(\text{Pleg-Enc.})} = \frac{23.33 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.89} = 37.84 \angle -27.13^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM6 (Cinta Transportadora): } \bar{I}e_{(\text{CTrans.})} = \frac{12.64 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 21.21 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM7 (Cinta Elevadora): } \bar{I}e_{(\text{CElev.})} = \frac{12.64 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 21.21 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM8 (Grapadora): } \bar{I}e_{(\text{Grap.})} = \frac{9.2 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 15.44 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}e_{(CF2)} = \frac{77.13 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.87} = 127.96 \angle -29.54^\circ \text{ A}$$

CUADRO ALUMBRADO

$$\text{Alumbrado 1: } \bar{I}e_{(A1)} = \frac{4.5 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 21.74 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Alumbrado 2: } \bar{I}e_{(A2)} = \frac{4.5 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 21.74 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Alumbrado 3: } \bar{I}e_{(A3)} = \frac{4.5 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 21.74 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Alumbrado 4: } \bar{I}e_{(A4)} = \frac{4.5 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 21.74 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Alumbrado Aseos – Vestidores: } \bar{I}e_{(As-Vs)} = \frac{0.784 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 3.79 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Alumbrado Almacén: } \bar{I}e_{(Alm.)} = \frac{0.576 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 2.78 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}e_{(C.A.)} = \frac{19.36 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.9} = 31.05 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

CUADRO DE OFICINAS

$$\text{Aire Acondicionado: } \bar{I}e_{(A. Acond.)} = \frac{4.76 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 7.99 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\text{Alumbrado Oficinas: } \bar{I}e_{(A. Ofc.)} = \frac{0.5 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 2.42 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Cartel Luminoso: } \bar{I}e_{(C. Lum.)} = \frac{1.5 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 7.25 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Toma de Corriente Oficinas: } \bar{I}e_{(T.C. Ofc.)} = \frac{4.62 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 7.75 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}e_{(C.O.)} = \frac{11.38 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.88} = 18.67 \angle -28.36^\circ \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \bar{I}e_{(TOTAL)} &= \bar{I}e_{(CF1)} + \bar{I}e_{(CF2)} + \bar{I}e_{(C.A.)} + \bar{I}e_{(C.O.)} = \\ &= 103.56 \angle 30.12^\circ + 127.96 \angle 29.54^\circ + 31.05 \angle 25.84^\circ + 18.67 \angle 28.36^\circ = \\ &= \mathbf{281.17 \angle -29.27^\circ \text{ A}} \end{aligned}$$

2.2.5. Corriente de cálculo.

$$I_{ci} = \frac{P_{Ci}}{\sqrt{3} \cdot V_{rs} \cdot \cos \alpha_i} \angle \alpha_i$$

CUADRO DE FUERZA 1

$$\text{Aspirador: } \bar{I}_C_{(\text{Asp.})} = \frac{15.8 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 26.52 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM1 (Cortadora): } \bar{I}_C_{(\text{Cort.})} = \frac{15.8 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 26.52 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM2 (Prensa): } \bar{I}_C_{(\text{Pren.})} = \frac{22.99 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.87} = 38.14 \angle -29.54^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM3 (Ranuradora): } \bar{I}_C_{(\text{Ran.})} = \frac{22.99 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.87} = 38.14 \angle -29.54^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}_C_{(\text{CF1})} = \frac{66.66 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.865} = 111.23 \angle -30.12^\circ \text{ A}$$

CUADRO DE FUERZA 2

$$\text{TM4 (Troqueladora): } \bar{I}_C_{(\text{Troq.})} = \frac{24.15 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.88} = 39.61 \angle -28.36^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM5 (Plegadora - Encoladora): } \bar{I}_C_{(\text{Pleg-Enc.})} = \frac{29.16 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.89} = 47.29 \angle -27.13^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM6 (Cinta Transportadora): } \bar{I}_C_{(\text{CTrans.})} = \frac{15.8 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 26.52 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM7 (Cinta Elevadora): } \bar{I}_C_{(\text{CElev.})} = \frac{15.8 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 26.52 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\text{TM8 (Grapadora): } \bar{I}_C_{(\text{Grap.})} = \frac{11.5 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 19.3 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}_C_{(\text{CF2})} = \frac{82.96 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.87} = 137.63 \angle -29.54^\circ \text{ A}$$

CUADRO ALUMBRADO

$$\text{Alumbrado 1: } \bar{I}_C_{(A1)} = \frac{8.1 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 39.13 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Alumbrado 2: } \bar{I}_C_{(A2)} = \frac{8.1 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 39.13 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Alumbrado 3: } \bar{I}_C_{(A3)} = \frac{8.1 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 39.13 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Alumbrado 4: } \bar{I}_C_{(A4)} = \frac{8.1 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 39.13 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Alumbrado Aseos – Vestidores: } \bar{I}_C_{(As-Vs)} = \frac{1.41 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 6.81 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Alumbrado Almacén: } \bar{I}_C_{(Alm.)} = \frac{1.04 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 5.02 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}_C_{(C.A.)} = \frac{22.96 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.9} = 36.82 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

CUADRO DE OFICINAS

$$\text{Aire Acondicionado: } \bar{I}_C_{(A. Acond.)} = \frac{5.95 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 9.99 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\text{Alumbrado Oficinas: } \bar{I}_C_{(A. Ofc.)} = \frac{0.9 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 4.35 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Cartel Luminoso: } \bar{I}_C_{(C. Lum.)} = \frac{2.7 \times 10^3}{230 \times 0.9} = 13.04 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$\text{Toma de Corriente Oficinas: } \bar{I}_C_{(T.C. Ofc.)} = \frac{5.78 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.86} = 9.7 \angle -30.68^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}_C_{(C.O.)} = \frac{13.77 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.88} = 22.59 \angle -28.36^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}_C_{(TOTAL)} = \frac{186.35 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.879} = 305.99 \angle -28.48^\circ \text{ A}$$

2.3. Cálculos eléctricos: Alumbrado y fuerza motriz.

Sistemas de instalación elegidos para cada zona y sus características.

Línea General de Alimentación.

- Instalación enterrada bajo de tubo de 0'5m de profundidad.
- Tipo de cable: Unipolar RZ1-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Fuerza 1.

- Instalación en bandeja perforada en contacto entre sí.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Fuerza 2.

- Instalación en bandeja perforada en contacto entre sí.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Alumbrado.

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Oficinas.

- Instalación empotrada bajo tubo.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: Aspirador.

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: TM1 (Cortadora).

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: TM2 (Prensa).

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: TM3 (Ranuradora).

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM4 (Troqueladora).

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM5 (Plegadora Encoladora).

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM6 (Cinta Transportadora).

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM7 (Cinta Elevadora).

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM8 (Grapadora).

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 1.

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 2.

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 3.

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 4.

- Instalación en bandeja continua.
- Tipo de cable: Unipolar RV-K 0.6/1 kV Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado Aseos-Vestidores.

- Instalación empotrada bajo tubo flexible de PVC.
- Tipo de cable: Unipolar VV-K 0.6/1 Kv Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado Almacén.

- Instalación empotrada bajo tubo flexible de PVC.
- Tipo de cable: Unipolar VV-K 0.6/1 Kv Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Aire Acondicionado.

- Instalación empotrada bajo tubo flexible de PVC.
- Tipo de cable: Unipolar VV-K 0.6/1 Kv Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Alumbrado Oficinas.

- Instalación empotrada bajo tubo flexible de PVC.
- Tipo de cable: Unipolar VV-K 0.6/1 Kv Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Cartel Luminoso.

- Instalación empotrada bajo tubo flexible de PVC.
- Tipo de cable: Unipolar VV-K 0.6/1 Kv Cu.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Toma de Corriente de Oficinas.

- Instalación empotrada bajo tubo flexible de PVC.
- Tipo de cable: Unipolar VV-K 0.6/1 Kv Cu.

Método para la elección de un cable eléctrico.

Línea General de Alimentación.

(L=20 m, RZ1-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 3%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot Iz > I_{CT}$; $I_f = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es enterrado bajo tubo y por ser una LGA se trata de una Red de Distribución Subterránea.
- La configuración del cable es XLPE unipolar de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $I_{CT} = 305.99A$, según la tabla 5 de la ITC-BT-07 seleccionamos una corriente máxima admisible Iz.

Iz	S (mm ²)
335	95
380	120
425	150
480	185
550	240

- Factores de corrección

Utilizando la Tabla 5 de la ITC-BT-07,
Unipolares, columna R (XLPE)

-Por bajo tubo (>15 m) $\rightarrow K_1 = 0.8$

- $K_T = K_1 = 0.8$

$$(S = 185 \text{ mm}^2): I'z = 0.8 \times 480 = 384A > I_{CT} = 305.99A$$

$$(S = 185 \text{ mm}^2): I_f = 1.3 \times 281.17 = 365.52A < I'z = 384A$$

Se elige el cable de sección: RZ1-K 0.6/1 kV 3 x 185 / 95mm²

Caída de tensión

($I_{CT} = 305.99 A$, $\cos \alpha = 0.879$)

(S = 185 mm²):
r = 0.123 mΩ/m
x = 0.0908 mΩ/m

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 =$$

$$\frac{\sqrt{3} \times 305.99 \times 20}{400} \times (0.123 \times 10^{-3} \times 0.879 + 0.0908 \times 10^{-3} \times 0.477) \times 100 = 0.401\% < 3\%$$

Líneas de Distribución Primarias.

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Fuerza 1.

(L=35 m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 3.5%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot Iz > I_{CF1}$; $If = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja perforada en contacto entre sí, es el método F.
- La configuración del cable es XLPE3 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $I_{CF1} = 111.23A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz.

Iz	S (mm ²)
135	25
169	35
207	50

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos en bandeja perforada, siendo el factor de

$$K_1 = 0.98 \text{ (apdo. d, Método F)}$$

$$K_T = K_1 = 0.98$$

$$(S = 35 \text{ mm}^2): I'z = 0.98 \times 169 = 165.62A > I_{CF1} = 111.23A$$

$$(S = 35 \text{ mm}^2): If = 1.3 \times 103.56 = 134.63A < I'z = 165.62A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 3 x 35 mm²

Caída de tensión

($I_{CF1} = 111.23A$, $\cos \alpha = 0.865$)

(S = 35 mm²):
r = 0.841 mΩ/m
x = 0.101 mΩ/m

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot Ic \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 =$$

$$\frac{\sqrt{3} \times 111.23 \times 35}{400} \times (0.841 \times 10^{-3} \times 0.865 + 0.101 \times 10^{-3} \times 0.502) \times 100 = 1.31\% < 3.5\%$$

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Fuerza 2.

(L=23 m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 3.5%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot Iz > I_{CF2}$; $If = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja perforada en contacto entre sí, es el método F.
- La configuración del cable es XLPE3 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $I_{CF2} = 137.63A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz.

Iz	S (mm ²)
169	35
207	50
268	70

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos en bandeja perforada, siendo el factor de

$$K_1 = 0.98 \text{ (apdo. d, Método F)}$$

$$K_T = K_1 = 0.98$$

$$(S = 50 \text{ mm}^2): I'z = 0.98 \times 207 = 202.86A > I_{CF2} = 137.63A$$

$$(S = 50 \text{ mm}^2): If = 1.3 \times 127.96 = 166.35A < I'z = 202.86A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 3 x 50 mm²

Caída de tensión

$$(I_{CF2} = 137.63A, \cos \alpha = 0.87)$$

$$(S = 50 \text{ mm}^2): \quad r = 0.473 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$\quad \quad \quad x = 0.101 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 =$$

$$\frac{\sqrt{3} \times 137.63 \times 23}{400} \times (0.473 \times 10^{-3} \times 0.87 + 0.101 \times 10^{-3} \times 0.493) \times 100 = 0.632\% < 3.5\%$$

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Alumbrado "Fase T".

(L=30 m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 3%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot I_z > I_{CA}$; $If = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE3 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $I_{CA} = 36.82A$, seleccionamos una corriente máxima admisible I_z .

I_z	S (mm ²)
40	4
51	6
70	10
94	16

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos en bandeja continua, siendo el factor de

$$K_1 = 0.80 \text{ (apdo. b, Método C)}$$

$$K_T = K_1 = 0.80$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): I'z = 0.80 \times 70 = 56A > I_{CA} = 36.82A$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): If = 1.3 \times 31.05 = 40.37A < I'z = 56A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 3 x 10 mm²

Caída de tensión

$$(I_{cA} = 36.82A, \cos \alpha = 0.9)$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m} \\ x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 = \\ \frac{\sqrt{3} \times 36.82 \times 30}{400} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 0.989\% < 3\%$$

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Oficinas.

(L=11 m, RV-K 0.6/1kV, Cdt. Máxima 3%).

$$\text{Temperatura máxima} \quad (I'z = K \cdot Iz > I_{cO}; If = K \cdot Ir < I'z)$$

- El método de instalación es empotrado bajo tubo flexible de PVC, es el método B2.
- La configuración del cable es PVC3 de aislamiento termoplástico por ser PVC.
- Para una $I_{cO} = 22.59A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz .

Iz S (mm²)

26	4
34	6
46	10
61	16
80	25

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos empotrados bajo tubo, siendo el factor de

$$K_1 = 0.70 \text{ (apdo. b, Método B2)}$$

$$K_T = K_1 = 0.70$$

$$(S = 25 \text{ mm}^2): \quad I'z = 0.70 \times 80 = 56A > I_{cO} = 22.59A$$

$$(S = 25 \text{ mm}^2): \quad If = 1.3 \times 18.67 = 24.27A < I'z = 56A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1kV 3 x 25 mm²

Caída de tensión

$$(I_{cO} = 22.59A, \cos \alpha = 0.88)$$

$$(S = 25 \text{ mm}^2): \quad r = 0.889 \text{ m}\Omega/\text{m} \\ x = 0.106 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 = \\ \frac{\sqrt{3} \times 22.59 \times 11}{400} \times (0.889 \times 10^{-3} \times 0.88 + 0.106 \times 10^{-3} \times 0.475) \times 100 = 0.089\% < 3\%$$

Líneas de Distribución Secundarias.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: Aspirador.

(L=16 m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 1.5%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot Iz > Ic_{ASP}$; $If = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE3 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $Ic_{ASP} = 26.52A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz .

Iz	S (mm ²)
30	2.5
40	4
51	6
70	10

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos en bandeja continua, siendo el factor de

$K_1 = 0.80$ (apdo. b, Método C)

$K_T = K_1 = 0.80$

(S = 10 mm²): $I'z = 0.80 \times 70 = 56A > Ic_{ASP} = 26.52A$

(S = 10 mm²): $If = 1.3 \times 21.21 = 27.57A < I'z = 56A$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 3 x 10 mm²

Caída de tensión

($Ic_{ASP} = 26.52A$, $\cos \alpha = 0.86$)

(S = 10 mm²): $r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}$
 $x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot Ic \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 =$$

$$\frac{\sqrt{3} \times 26.52 \times 16}{400} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.86 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.51) \times 100 = 0.365\% < 1.5\%$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: TM1 (Cortadora).

(L=6 m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 1.5%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot Iz > Ic_{CORT}$; $If = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE3 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $Ic_{CORT} = 26.52A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz .

Iz	S (mm ²)
30	2.5
40	4
51	6
70	10

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos en bandeja continua, siendo el factor de

$$K_1 = 0.80 \text{ (apdo. b, Método C)}$$

$$K_T = K_1 = 0.80$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): I'z = 0.80 \times 70 = 56A > Ic_{CORT} = 26.52A$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): If = 1.3 \times 21.21 = 27.57A < I'z = 56A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 3 x 10 mm²

Caída de tensión

$$(Ic_{CORT} = 26.52A, \cos \alpha = 0.86)$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$\quad \quad \quad x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot Ic \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 =$$

$$\frac{\sqrt{3} \times 26.52 \times 6}{400} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.86 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.51) \times 100 = 0.137\% < 1.5\%$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: TM2 (Prensa).

(L=15 m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 1.5%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot Iz > Ic_{PREN}$; $If = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE3 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $Ic_{PREN} = 38.14A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz.

Iz	S (mm ²)
40	4
51	6
70	10
94	16

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos en bandeja continua, siendo el factor de

$$K_1 = 0.80 \text{ (apdo. b, Método C)}$$

$$K_T = K_1 = 0.80$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): I'z = 0.80 \times 70 = 56A > Ic_{PREN} = 38.14A$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): If = 1.3 \times 30.51 = 39.66A < I'z = 56A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 3 x 10 mm²

Caída de tensión

$$(I_{C_{PREN}} = 38.14A, \cos \alpha = 0.87)$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m} \\ x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V_1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 = \\ \frac{\sqrt{3} \times 38.14 \times 15}{400} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.87 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.493) \times 100 = 0.497\% < 1.5\%$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: TM3 (Ranuradora).

(L=13 m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 1.5%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot I_z > I_{C_{RAN}}$; $I_f = K \cdot I_r < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE3 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $I_{C_{RAN}} = 38.14A$, seleccionamos una corriente máxima admisible I_z .

I_z	S (mm ²)
40	4
51	6
70	10
94	16

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos en bandeja continua, siendo el factor de

$$K_1 = 0.80 \text{ (apdo. b, Método C)}$$

$$K_T = K_1 = 0.80$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): I'z = 0.80 \times 70 = 56A > I_{C_{RAN}} = 38.14A$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): I_f = 1.3 \times 30.51 = 39.66A < I'z = 56A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 3 x 10 mm²

Caída de tensión

$$(I_{C_{RAN}} = 38.14A, \cos \alpha = 0.87)$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m} \\ x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V_1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 = \\ \frac{\sqrt{3} \times 38.14 \times 13}{400} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.87 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.493) \times 100 = 0.431\% < 1.5\%$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM4 (Troqueladora).
(L=7 m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 1.5%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot Iz > Ic_{TROQ}$; $If = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE3 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $Ic_{TROQ} = 39.61A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz.

Iz	S (mm ²)
40	4
51	6
70	10
94	16

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos en bandeja continua, siendo el factor de

$$K_1 = 0.80 \text{ (apdo. b, Método C)}$$

$$K_T = K_1 = 0.80$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): I'z = 0.80 \times 70 = 56A > Ic_{TROQ} = 39.61A$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): If = 1.3 \times 31.69 = 41.197A < I'z = 56A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 3 x 10 mm²

Caída de tensión

($Ic_{TROQ} = 39.61A$, $\cos \alpha = 0.88$)

(S = 10 mm²): $r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}$
 $x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot Ic \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 =$$

$$\frac{\sqrt{3} \times 39.61 \times 7}{400} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.88 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.475) \times 100 = 0.243\% < 1.5\%$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM5 (Plegadora - Encoladora).
(L=7 m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 1.5%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot Iz > Ic_{PLEG-ENC}$; $If = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE3 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $Ic_{PLEG-ENC} = 47.29A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz.

Iz	S (mm ²)
51	6
70	10
94	16
119	25

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos en bandeja continua, siendo el factor de

$$K_1 = 0.80 \text{ (apdo. b, Método C)}$$

$$K_T = K_1 = 0.80$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): I'z = 0.80 \times 70 = 56A > Ic_{PLEG-ENC} = 47.29A$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): If = 1.3 \times 37.84 = 49.19A < I'z = 56A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 3 x 10 mm²

Caída de tensión

$$(Ic_{PLEG-ENC} = 47.29A, \cos \alpha = 0.89)$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m} \\ x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot Ic \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \sin \alpha) \times 100 = \\ \frac{\sqrt{3} \times 47.29 \times 7}{400} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.89 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.456) \times 100 = 0.294\% < 1.5\%$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM6 (Cinta Transportadora).

(L=17 m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 1.5%).

Temperatura máxima $(I'z = K \cdot Iz > Ic_{CTRANS}; If = K \cdot Ir < I'z)$

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE3 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $Ic_{CTRANS} = 26.52A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz.

Iz	S (mm ²)
30	2.5
40	4
51	6
70	10

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos en bandeja continua, siendo el factor de

$$K_1 = 0.80 \text{ (apdo. b, Método C)}$$

$$K_T = K_1 = 0.80$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): I'z = 0.80 \times 70 = 56A > Ic_{CTRANS} = 26.52A$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): If = 1.3 \times 21.21 = 27.57A < I'z = 56A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 3 x 10 mm²

Caída de tensión

$$(I_{CTRANS} = 26.52A, \cos \alpha = 0.86)$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m} \\ x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V_1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 = \\ \frac{\sqrt{3} \times 26.52 \times 17}{400} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.86 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.51) \times 100 = 0.388\% < 1.5\%$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM7 (Cinta Elevadora).

(L=18 m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 1.5%).

Temperatura máxima $(I'z = K \cdot Iz > Ic_{CELEV}; If = K \cdot Ir < I'z)$

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE3 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $Ic_{CELEV} = 26.52A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz .

Iz	S (mm ²)
30	2.5
40	4
51	6
70	10

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos en bandeja continua, siendo el factor de

$$K_1 = 0.80 \text{ (apdo. b, Método C)}$$

$$K_T = K_1 = 0.80$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): I'z = 0.80 \times 70 = 56A > Ic_{CELEV} = 26.52A$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): If = 1.3 \times 21.21 = 27.57A < I'z = 56A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 3 x 10 mm²

Caída de tensión

$$(Ic_{CELEV} = 26.52A, \cos \alpha = 0.86)$$

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m} \\ x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V_1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 = \\ \frac{\sqrt{3} \times 26.52 \times 18}{400} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.86 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.51) \times 100 = 0.411\% < 1.5\%$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM8 (Grapadora).
(L=12 m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 1.5%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot Iz > Ic_{GRAP}$; $If = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE3 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $Ic_{GRAP} = 19.3A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz .

Iz	S (mm ²)
22	1.5
30	2.5
40	4
51	6
70	10

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos en bandeja continua, siendo el factor de

$K_1 = 0.80$ (apdo. b, Método C)

$K_T = K_1 = 0.80$

(S = 10 mm²): $I'z = 0.80 \times 70 = 56A > Ic_{GRAP} = 19.3A$

(S = 10 mm²): $If = 1.3 \times 15.44 = 20.07A < I'z = 56A$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 3 x 10 mm²

Caída de tensión

($Ic_{GRAP} = 19.3A$, $\cos \alpha = 0.86$)

(S = 10 mm²): $r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}$
 $x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot Ic \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{\sqrt{3} \times 19.3 \times 12}{400} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.86 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.51) \times 100 = 0.199\% < 1.5\%$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 1.
(L=25 m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 1%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot Iz > Ic_{A1}$; $If = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE2 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $Ic_{A1} = 39.13A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz .

l _z	S (mm ²)
45	4
58	6
80	10

- Factores de corrección

No hay factor de corrección porque sólo hay un circuito.

$$(S = 4 \text{ mm}^2): I'_{z'} = I_z = 45A > I_{c_{Al}} = 39.13A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 2 x 4 mm²

Caída de tensión

$$(I_{c_{Al}} = 39.13A, \cos \alpha = 0.9, L_{\text{máx}}=30)$$

$$(S = 4 \text{ mm}^2): \quad \begin{aligned} r &= 5.57 \text{ m}\Omega/\text{m} \\ x &= 0.143 \text{ m}\Omega/\text{m} \end{aligned}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{c_{Al}} = 39.13A$, L=30 m)

$$\begin{aligned} V\% &= \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 = \\ &= \frac{2 \times 39.13 \times 30}{230} \times (5.57 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.143 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 5.181\% > 1\% \end{aligned}$$

No se cumple

- FASE S ($I_{c_{Al}} = 39.13A$, L=25 m)

$$\begin{aligned} V\% &= \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 = \\ &= \frac{2 \times 39.13 \times 25}{230} \times (5.57 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.143 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 4.317\% > 1\% \end{aligned}$$

No se cumple

- FASE T ($I_{c_{Al}} = 36.82A$, L=25 m)

$$\begin{aligned} V\% &= \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 = \\ &= \frac{2 \times 36.82 \times 25}{230} \times (5.57 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.143 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 4.062\% > 1\% \end{aligned}$$

No se cumple

La sección no es válida por caída de tensión en ninguna de las fases. Como la solución no es válida se plantea otra solución.

Aumentar la sección igualando a la de la Línea de Distribución Primaria (S = 10 mm²), siendo la nueva caída de tensión máxima (3%).

Por lo tanto las nuevas caídas de tensión por fase son:

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad \begin{aligned} r &= 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m} \\ x &= 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m} \end{aligned}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{c_{A1}} = 39.13A$, $L=30$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 39.13 \times 30}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 2.111\% < 3\%$$

- FASE S ($I_{c_{A1}} = 39.13A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 39.13 \times 25}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.759\% < 3\%$$

- FASE T ($I_{c_{A1}} = 36.82A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 36.82 \times 25}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.655\% < 3\%$$

La sección es válida por caída de tensión en todas las fases, siendo la nueva sección de 10 mm² y la corriente máxima admisible de 70 A.

$$(S=10 \text{ mm}^2 \rightarrow I_z=70 \text{ A}).$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 2.

($L=25$ m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 1%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot I_z > I_{c_{A2}}$; $I_f = K \cdot I_r < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE2 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $I_{c_{A2}} = 39.13A$, seleccionamos una corriente máxima admisible I_z .

I_z	S (mm ²)
45	4
58	6
80	10

- Factores de corrección

No hay factor de corrección porque sólo hay un circuito.

$$(S = 4 \text{ mm}^2): I'z = I_z = 45A > I_{c_{A2}} = 39.13A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 2 x 4 mm²

Caída de tensión

$$(I_{A2} = 39.13A, \cos \alpha = 0.9, L_{\text{máx}}=30)$$

$$(S = 4 \text{ mm}^2): \quad \begin{aligned} r &= 5.57 \text{ m}\Omega/\text{m} \\ x &= 0.143 \text{ m}\Omega/\text{m} \end{aligned}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{A2} = 39.13A, L=30 \text{ m}$)

$$\begin{aligned} V\% &= \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 = \\ &= \frac{2 \times 39.13 \times 30}{230} \times (5.57 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.143 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 5.181\% > 1\% \end{aligned}$$

No se cumple

- FASE S ($I_{A2} = 39.13A, L=25 \text{ m}$)

$$\begin{aligned} V\% &= \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 = \\ &= \frac{2 \times 39.13 \times 25}{230} \times (5.57 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.143 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 4.317\% > 1\% \end{aligned}$$

No se cumple

- FASE T ($I_{A2} = 36.82A, L=25 \text{ m}$)

$$\begin{aligned} V\% &= \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 = \\ &= \frac{2 \times 36.82 \times 25}{230} \times (5.57 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.143 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 4.062\% > 1\% \end{aligned}$$

No se cumple

La sección no es válida por caída de tensión en ninguna de las fases. Como la solución no es válida se plantea otra solución.

Aumentar la sección igualando a la de la Línea de Distribución Primaria ($S = 10 \text{ mm}^2$), siendo la nueva caída de tensión máxima (3%).

Por lo tanto las nuevas caídas de tensión por fase son:

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad \begin{aligned} r &= 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m} \\ x &= 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m} \end{aligned}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{A2} = 39.13A, L=30 \text{ m}$)

$$\begin{aligned} V\% &= \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 = \\ &= \frac{2 \times 39.13 \times 30}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 2.111\% < 3\% \end{aligned}$$

- FASE S ($I_{c_{A2}} = 39.13A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 39.13 \times 25}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.759\% < 3\%$$

- FASE T ($I_{c_{A2}} = 36.82A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 36.82 \times 25}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.655\% < 3\%$$

La sección es válida por caída de tensión en todas las fases, siendo la nueva sección de 10 mm² y la corriente máxima admisible de 70 A.

$$(S=10 \text{ mm}^2 \rightarrow I_z=70 \text{ A}).$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 3.
($L=25$ m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 1%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot I_z > I_{c_{A3}}$; $I_f = K \cdot I_r < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE2 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $I_{c_{A3}} = 39.13A$, seleccionamos una corriente máxima admisible I_z .

I_z	S (mm ²)
45	4
58	6
80	10

- Factores de corrección

No hay factor de corrección porque sólo hay un circuito.

$$(S = 4 \text{ mm}^2): I'z = I_z = 45A > I_{c_{A3}} = 39.13A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 2 x 4 mm²

Caída de tensión

($I_{c_{A3}} = 39.13A$, $\cos \alpha = 0.9$, $L_{\text{máx}}=30$)

($S = 4 \text{ mm}^2$): $r = 5.57 \text{ m}\Omega/\text{m}$
 $x = 0.143 \text{ m}\Omega/\text{m}$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{c_{A3}} = 39.13A$, $L=30$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 39.13 \times 30}{230} \times (5.57 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.143 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 5.181\% > 1\%$$

No se cumple

- FASE S ($I_{c_{A3}} = 39.13A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 39.13 \times 25}{230} \times (5.57 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.143 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 4.317\% > 1\%$$

No se cumple

- FASE T ($I_{c_{A3}} = 36.82A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 36.82 \times 25}{230} \times (5.57 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.143 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 4.062\% > 1\%$$

No se cumple

La sección no es válida por caída de tensión en ninguna de las fases. Como la solución no es válida se plantea otra solución.

Aumentar la sección igualando a la de la Línea de Distribución Primaria ($S = 10 \text{ mm}^2$), siendo la nueva caída de tensión máxima (3%).

Por lo tanto las nuevas caídas de tensión por fase son:

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$\quad \quad \quad x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{c_{A3}} = 39.13A$, $L=30$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 39.13 \times 30}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 2.111\% < 3\%$$

- FASE S ($I_{c_{A3}} = 39.13A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 39.13 \times 25}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.759\% < 3\%$$

- FASE T ($I_{c_{A3}} = 36.82A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 36.82 \times 25}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.655\% < 3\%$$

La sección es válida por caída de tensión en todas las fases, siendo la nueva sección de 10 mm² y la corriente máxima admisible de 70 A.

$$(S=10 \text{ mm}^2 \rightarrow I_z=70 \text{ A}).$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 4.

($L=25$ m, RV-K 0.6/1 kV, Cdt. Máxima 1%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot I_z > I_{c_{A4}}$; $I_f = K \cdot I_r < I'z$)

- El método de instalación es en bandeja continua, es el método C.
- La configuración del cable es XLPE2 de aislamiento termoestable por ser XLPE.
- Para una $I_{c_{A4}} = 39.13A$, seleccionamos una corriente máxima admisible I_z.

I _z	S (mm ²)
45	4
58	6
80	10

- Factores de corrección

No hay factor de corrección porque sólo hay un circuito.

$$(S = 4 \text{ mm}^2): I'z = I_z = 45A > I_{c_{A4}} = 39.13A$$

Se elige el cable de sección: RV-K 0.6/1 kV 2 x 4 mm²

Caída de tensión

($I_{c_{A4}} = 39.13A$, $\cos \alpha = 0.9$, $L_{\text{máx}}=30$)

($S = 4 \text{ mm}^2$): $r = 5.57 \text{ m}\Omega/\text{m}$
 $x = 0.143 \text{ m}\Omega/\text{m}$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{c_{A4}} = 39.13A$, $L=30$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$
$$\frac{2 \times 39.13 \times 30}{230} \times (5.57 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.143 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 5.181\% > 1\%$$

No se cumple

- FASE S ($I_{c_{A4}} = 39.13A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$
$$\frac{2 \times 39.13 \times 25}{230} \times (5.57 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.143 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 4.317\% > 1\%$$

No se cumple

- FASE T ($I_{c_{A4}} = 36.82A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$
$$\frac{2 \times 36.82 \times 25}{230} \times (5.57 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.143 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 4.062\% > 1\%$$

No se cumple

La sección no es válida por caída de tensión en ninguna de las fases. Como la solución no es válida se plantea otra solución.

Aumentar la sección igualando a la de la Línea de Distribución Primaria ($S = 10 \text{ mm}^2$), siendo la nueva caída de tensión máxima (3%).

Por lo tanto las nuevas caídas de tensión por fase son:

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}$$
$$\quad \quad \quad x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{c_{A4}} = 39.13A$, $L=30$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$
$$\frac{2 \times 39.13 \times 30}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 2.111\% < 3\%$$

- FASE S ($I_{c_{A4}} = 39.13A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 39.13 \times 25}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.759\% < 3\%$$

- FASE T ($I_{c_{A4}} = 36.82A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 36.82 \times 25}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.655\% < 3\%$$

La sección es válida por caída de tensión en todas las fases, siendo la nueva sección de 10 mm² y la corriente máxima admisible de 70 A.

$$(S=10 \text{ mm}^2 \rightarrow I_z=70 \text{ A}).$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado Aseos-Vestidores.
($L=15$ m, VV-K 0.6/1kV, Cdt. Máxima 1%).

Temperatura máxima ($I'_z = K \cdot I_z > I_{c_{A-V}}$; $I_f = K \cdot I_r < I'_z$)

- El método de instalación es empotrado bajo tubo flexible de PVC, es el método B2.
- La configuración del cable es PVC2 de aislamiento termoplástico por ser PVC.
- Para una $I_{c_{A-V}} = 6.81A$, seleccionamos una corriente máxima admisible I_z .

I_z	S (mm ²)
15.5	1.5
21	2.5
28	4
36	6

- Factores de corrección

No hay factor de corrección porque sólo hay un circuito.

$$(S = 1.5 \text{ mm}^2): I'_z = I_z = 15.5A > I_{c_{A-V}} = 6.81A$$

Se elige el cable de sección: VV-K 0.6/1kV 2 x 1.5 mm²

Caída de tensión

$$(I_{c_{A-V}} = 6.81A, \cos \alpha = 0.9, L_{\text{máx}}=30)$$

$$(S = 1.5 \text{ mm}^2): \quad r = 14.8 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$\quad \quad \quad x = 0.168 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{c_{A-V}} = 6.81A$, $L=30$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 6.81 \times 30}{230} \times (14.8 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.168 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 2.379\% > 1\%$$

No se cumple

- FASE S ($I_{c_{A-V}} = 6.81A$, $L=15$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 6.81 \times 15}{230} \times (14.8 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.168 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.189\% > 1\%$$

No se cumple

- FASE T ($I_{c_{A-V}} = 36.82A$, $L=15$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 36.82 \times 15}{230} \times (14.8 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.168 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 6.432\% > 1\%$$

No se cumple

La sección no es válida por caída de tensión en ninguna de las fases. Como la solución no es válida se plantea otra solución.

Aumentar la sección igualando a la de la Línea de Distribución Primaria ($S = 10 \text{ mm}^2$), siendo la nueva caída de tensión máxima (3%).

Por lo tanto las nuevas caídas de tensión por fase son:

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$\quad \quad \quad X = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{c_{A-V}} = 6.81A$, $L=30$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 6.81 \times 30}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 0.367\% < 3\%$$

- FASE S ($I_{c_{A-V}} = 6.81A$, $L=15$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 6.81 \times 15}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 0.184\% < 3\%$$

- FASE T ($I_{c_{A-V}} = 36.82A$, $L=15$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 36.82 \times 15}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 0.993\% < 3\%$$

La sección es válida por caída de tensión en todas las fases, siendo la nueva sección de 10 mm² y la corriente máxima admisible de 70 A.

$$(S=10 \text{ mm}^2 \rightarrow I_z=70 \text{ A}).$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado Almacén.

($L=25$ m, VV-K 0.6/1kV, Cdt. Máxima 1%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot I_z > I_{c_{ALM}}$; $I_f = K \cdot I_r < I'z$)

- El método de instalación es empotrado bajo tubo flexible de PVC, es el método B2.
- La configuración del cable es PVC2 de aislamiento termoplástico por ser PVC.
- Para una $I_{c_{ALM}} = 5.02A$, seleccionamos una corriente máxima admisible I_z .

I_z	S (mm ²)
15.5	1.5
21	2.5
28	4
36	6

- Factores de corrección

No hay factor de corrección porque sólo hay un circuito.

$$(S = 1.5 \text{ mm}^2): I'z = I_z = 15.5A > I_{c_{ALM}} = 5.02A$$

Se elige el cable de sección: VV-K 0.6/1kV 2 x 1.5 mm²

Caída de tensión

($I_{c_{ALM}} = 5.02A$, $\cos \alpha = 0.9$, $L_{\text{máx}}=30$)

($S = 1.5 \text{ mm}^2$): $r = 14.8 \text{ m}\Omega/\text{m}$
 $x = 0.168 \text{ m}\Omega/\text{m}$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{c_{ALM}} = 5.02A$, $L=30$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$
$$\frac{2 \times 5.02 \times 30}{230} \times (14.8 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.168 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.754\% > 1\%$$

No se cumple

- FASE S ($I_{c_{ALM}} = 5.02A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$
$$\frac{2 \times 5.02 \times 25}{230} \times (14.8 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.168 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.462\% > 1\%$$

No se cumple

- FASE T ($I_{c_{ALM}} = 36.82A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$
$$\frac{2 \times 36.82 \times 25}{230} \times (14.8 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.168 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 10.72\% > 1\%$$

No se cumple

La sección no es válida por caída de tensión en ninguna de las fases. Como la solución no es válida se plantea otra solución.

Aumentar la sección igualando a la de la Línea de Distribución Primaria ($S = 10 \text{ mm}^2$), siendo la nueva caída de tensión máxima (3%).

Por lo tanto las nuevas caídas de tensión por fase son:

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}$$
$$\quad \quad \quad X = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{c_{ALM}} = 5.02A$, $L=30$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$
$$\frac{2 \times 5.02 \times 30}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 0.271\% < 3\%$$

- FASE S ($I_{c_{ALM}} = 5.02A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 5.02 \times 25}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 0.226\% < 3\%$$

- FASE T ($I_{c_{ALM}} = 36.82A$, $L=25$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 36.82 \times 25}{230} \times (2.24 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.119 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.655\% < 3\%$$

La sección es válida por caída de tensión en todas las fases, siendo la nueva sección de 10 mm² y la corriente máxima admisible de 70 A.

$$(S=10 \text{ mm}^2 \rightarrow I_z=70 \text{ A}).$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Aire Acondicionado.

($L=10$ m, VV-K 0.6/1kV, Cdt. Máxima 1%).

Temperatura máxima ($I'_z = K \cdot I_z > I_{c_{A.ACOND.}}$; $I_f = K \cdot I_r < I'_z$)

- El método de instalación es empotrado bajo tubo flexible de PVC, es el método B2.
- La configuración del cable es PVC3 de aislamiento termoplástico por ser PVC.
- Para una $I_{c_{A.ACOND.}} = 9.99A$, seleccionamos una corriente máxima admisible I_z .

I_z	S (mm ²)	I_z	S (mm ²)
14.5	1.5	46	10
19.5	2.5	61	16
26	4	80	25
34	6		

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos empotrados bajo tubo, siendo el factor de

$$K_1 = 0.70 \text{ (apdo. b, Método B2)}$$

$$K_T = K_1 = 0.70$$

$$(S = 25 \text{ mm}^2): I'_z = 0.70 \times 80 = 56A > I_{c_{A.ACOND.}} = 9.99A$$

$$(S = 25 \text{ mm}^2): I_f = 1.3 \times 7.99 = 10.39A < I'_z = 56A$$

Se elige el cable de sección: VV-K 0.6/1kV 3 x 25 mm²

Caída de tensión

($I_{c_{A.ACOND.}} = 9.99A$, $\cos \alpha = 0.86$)

($S = 25 \text{ mm}^2$): $r = 0.889 \text{ m}\Omega/\text{m}$
 $x = 0.106 \text{ m}\Omega/\text{m}$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{\sqrt{3} \times 9.99 \times 10}{400} \times (0.889 \times 10^{-3} \times 0.86 + 0.106 \times 10^{-3} \times 0.51) \times 100 = 0.035\% < 1\%$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Alumbrado Oficinas.

(L=20 m, VV-K 0.6/1kV, Cdt. Máxima 1%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot Iz > Ic_{AO}$; $I_f = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es empotrado bajo tubo flexible de PVC, es el método B2.
- La configuración del cable es PVC2 de aislamiento termoplástico por ser PVC.
- Para una $Ic_{AO} = 4.35A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz.

Iz	S (mm ²)
15.5	1.5
21	2.5
28	4
36	6

- Factores de corrección

No hay factor de corrección porque sólo hay un circuito.

$$(S = 1.5 \text{ mm}^2): I'z = Iz = 15.5A > Ic_{AO} = 4.35A$$

Se elige el cable de sección: VV-K 0.6/1kV 2 x 1.5 mm²

Caída de tensión

($Ic_{AO} = 4.35A$, $\cos \alpha = 0.9$, $L_{\text{máx}}=11$)

($S = 1.5 \text{ mm}^2$): $r = 14.8 \text{ m}\Omega/\text{m}$
 $x = 0.168 \text{ m}\Omega/\text{m}$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($Ic_{AO} = 4.35A$, $L=11 \text{ m}$)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 4.35 \times 11}{230} \times (14.8 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.168 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 0.557\% < 1\%$$

Se cumple

- FASE S ($Ic_{AO} = 4.35A$, $L=20 \text{ m}$)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \operatorname{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 4.35 \times 20}{230} \times (14.8 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.168 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.013\% > 1\%$$

No se cumple

- FASE T ($I_{c_{AO}} = 22.59A$, $L=20$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 22.59 \times 20}{230} \times (14.8 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.168 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 5.262\% > 1\%$$

No se cumple

La sección es válida por caída de tensión en la fase R, pero no es válida en las fases S y T. Por lo tanto la solución no es válida se plantea otra solución.

Aumentar la sección igualando a la de la Línea de Distribución Primaria ($S = 25 \text{ mm}^2$), siendo la nueva caída de tensión máxima (3%).

Por lo tanto las nuevas caídas de tensión por fase son:

$$(S = 25 \text{ mm}^2): \quad r = 0.889 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X = 0.106 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{c_{AO}} = 4.35A$, $L=11$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 4.35 \times 11}{230} \times (0.889 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.106 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 0.035\% < 3\%$$

- FASE S ($I_{c_{AO}} = 4.35A$, $L=20$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 4.35 \times 20}{230} \times (0.889 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.106 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 0.064\% < 3\%$$

- FASE T ($I_{c_{AO}} = 22.59A$, $L=20$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 22.59 \times 20}{230} \times (0.889 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.106 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 0.332\% < 3\%$$

La sección es válida por caída de tensión en todas las fases, siendo la nueva sección de 25 mm^2 y la corriente máxima admisible de 80 A .

$$(S=25 \text{ mm}^2 \rightarrow I_z=80 \text{ A}).$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Cartel Luminoso.
(L=15 m, VV-K 0.6/1kV, Cdt. Máxima 1%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot Iz > Ic_{CL}$; $If = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es empotrado bajo tubo flexible de PVC, es el método B2.
- La configuración del cable es PVC2 de aislamiento termoplástico por ser PVC.
- Para una $Ic_{CL} = 13.04A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz.

Iz	S (mm ²)
15.5	1.5
21	2.5
28	4
36	6

- Factores de corrección

No hay factor de corrección porque sólo hay un circuito.

$$(S = 2.5 \text{ mm}^2): I'z = Iz = 21A > Ic_{CL} = 13.04A$$

Se elige el cable de sección: VV-K 0.6/1kV 2 x 2.5 mm²

Caída de tensión

$$(Ic_{CL} = 13.04A, \cos \alpha = 0.9, L_{\text{máx}}=11)$$

$$(S = 2.5 \text{ mm}^2): \quad r = 8.91 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$\quad \quad \quad x = 0.155 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($Ic_{CL} = 13.04A$, L=11 m)

$$V\% = \frac{K \cdot Ic \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 13.04 \times 11}{230} \times (8.91 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.155 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.009\% > 1\%$$

No se cumple

- FASE S ($Ic_{CL} = 13.04A$, L=15 m)

$$V\% = \frac{K \cdot Ic \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos \alpha + X \cdot \text{sen} \alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 13.04 \times 15}{230} \times (8.91 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.155 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 1.375\% > 1\%$$

No se cumple

- FASE T ($I_{c_{CL}} = 22.59A$, $L=15$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 22.59 \times 15}{230} \times (8.91 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.155 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 2.383\% > 1\%$$

No se cumple

La sección no es válida por caída de tensión en ninguna de las fases. Como la solución no es válida se plantea otra solución.

Aumentar la sección igualando a la de la Línea de Distribución Primaria ($S = 25 \text{ mm}^2$), siendo la nueva caída de tensión máxima (3%).

Por lo tanto las nuevas caídas de tensión por fase son:

$$(S = 25 \text{ mm}^2): \quad r = 0.889 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X = 0.106 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual para cada fase:

- FASE R ($I_{c_{CL}} = 13.04A$, $L=11$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 13.04 \times 11}{230} \times (0.889 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.106 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 0.105\% < 3\%$$

- FASE S ($I_{c_{CL}} = 13.04A$, $L=15$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 13.04 \times 15}{230} \times (0.889 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.106 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 0.144\% < 3\%$$

- FASE T ($I_{c_{CL}} = 22.59A$, $L=15$ m)

$$V\% = \frac{K \cdot I_c \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{2 \times 22.59 \times 15}{230} \times (0.889 \times 10^{-3} \times 0.9 + 0.106 \times 10^{-3} \times 0.436) \times 100 = 0.249\% < 3\%$$

La sección es válida por caída de tensión en todas las fases, siendo la nueva sección de 25 mm^2 y la corriente máxima admisible de 80 A .

$$(S=25 \text{ mm}^2 \rightarrow I_z=80 \text{ A}).$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Toma de Corriente de Oficinas.
(L=25 m, VV-K 0.6/1kV, Cdt. Máxima 1%).

Temperatura máxima ($I'z = K \cdot Iz > Ic_{TC}$; $If = K \cdot Ir < I'z$)

- El método de instalación es empotrado bajo tubo flexible de PVC, es el método B2.
- La configuración del cable es PVC3 de aislamiento termoplástico por ser PVC.
- Para una $Ic_{TC} = 9.7A$, seleccionamos una corriente máxima admisible Iz.

Iz	S (mm ²)	Iz	S (mm ²)
14.5	1.5	46	10
19.5	2.5	61	16
26	4	80	25
34	6		

- Factores de corrección

Por agrupamiento de circuitos empotrados bajo tubo, siendo el factor de

$K_1 = 0.70$ (apdo. b, Método B2)

$K_T = K_1 = 0.70$

(S = 25 mm²): $I'z = 0.70 \times 80 = 56A > Ic_{TC} = 9.7A$

(S = 25 mm²): $If = 1.3 \times 7.75 = 10.075A < I'z = 56A$

Se elige el cable de sección: VV-K 0.6/1kV 2 x 25 mm²

Caída de tensión

($Ic_{TC} = 9.7A$, $\cos \alpha = 0.86$)

(S = 25 mm²): $r = 0.889 \text{ m}\Omega/\text{m}$
 $x = 0.106 \text{ m}\Omega/\text{m}$

Aplicando la expresión de la tensión porcentual:

$$V\% = \frac{K \cdot Ic \cdot L}{V1} \times (r \cdot \cos\alpha + X \cdot \text{sen}\alpha) \times 100 =$$

$$\frac{\sqrt{3} \times 9.7 \times 25}{400} \times (0.889 \times 10^{-3} \times 0.86 + 0.106 \times 10^{-3} \times 0.51) \times 100 = 0.149\% < 1\%$$

2.4. Cálculo de las protecciones a instalar en las diferentes líneas generales y derivadas.

Los elementos de protección utilizados en el proyecto son del fabricante SCHNEIDER ELECTRIC, en caso de que no se puedan obtener los modelos especificados en el proyecto se emplearan otros de características similares con el consentimiento del proyectista.

2.4.1 Cálculo de las corrientes de cortocircuito.

Para elegir el poder de corte de los elementos de protección, necesitamos conocer la corriente máxima de cortocircuito. Para obtener dicha corriente máxima de cortocircuito previamente hallaremos la corriente de cortocircuito permanente.

Se ha tenido en cuenta la influencia de los motores para el cálculo de la corriente máxima de cortocircuito.

La corriente de cortocircuito permanente, para circuitos trifásicos se calcula como:

$$I_{cc3K} = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_k}$$

dónde:

I_{cc3K} : es la corriente inicial simétrica de cortocircuitos en circuitos trifásicos

V : es la tensión nominal de la línea (en nuestro caso 380V)

Z_k : es la impedancia de cortocircuito, cuyo valor es la raíz cuadrada del cuadrado de las resistencias más el cuadrado de las reactancias, obtenidas en el punto de estudio.

La corriente máxima de cortocircuito se define como:

$$I_{SA} = \left(1 + 0,92 \cdot e^{\frac{R}{X}} \right) \cdot \sqrt{2} \cdot I_{CC3K}$$

dónde:

I_{cc3K} es la corriente inicial simétrica de cortocircuitos en circuitos trifásicos.

R es la resistencia del cable.

X es la reactancia del cable.

Según el plano del esquema unifilar correspondiente al cuadro general de baja tensión, obtenemos el circuito equivalente de resistencias y reactancias.

Media Tensión.

$$X_{\varrho} = \frac{1.1 \times Vn^2}{S_{cc}} = \frac{1.1 \times 0.38^2}{350} = 0.454 m\Omega$$

$$R_{\varrho} = 0.1 \times X_{\varrho} = 0.1 \times 0.454 \times 10^{-3} = 0.0454 m\Omega$$

Transformador.

$$S_N = 400 kVA$$

$$X_T = 13.36 m\Omega$$

$$R_T = 5.05 m\Omega$$

Línea General de Alimentación. (L=20 m)

$$(S = 185 \text{ mm}^2): \quad r = 0.123 \text{ m}\Omega/\text{m}; \quad x = 0.0908 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_1 = x_1 \times L_1 = 0.0908 \times 20 = 1.816 m\Omega$$

$$R_1 = r_1 \times L_1 = 0.123 \times 20 = 2.46 m\Omega$$

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Fuerza 1. (L=35 m)

$$(S = 35 \text{ mm}^2): \quad r = 0.841 \text{ m}\Omega/\text{m}; \quad x = 0.101 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_2 = x_2 \times L_2 = 0.101 \times 35 = 3.535 m\Omega$$

$$R_2 = r_2 \times L_2 = 0.841 \times 35 = 29.435 m\Omega$$

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Fuerza 2. (L=23 m)

$$(S = 50 \text{ mm}^2): \quad r = 0.473 \text{ m}\Omega/\text{m}; \quad x = 0.101 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_3 = x_3 \times L_3 = 0.101 \times 23 = 2.323 m\Omega$$

$$R_3 = r_3 \times L_3 = 0.473 \times 23 = 10.879 m\Omega$$

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Alumbrado. (L=30 m)

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}; \quad x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_4 = x_4 \times L_4 = 0.119 \times 30 = 3.57 m\Omega$$

$$R_4 = r_4 \times L_4 = 2.24 \times 30 = 67.2 m\Omega$$

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Oficinas. (L=11 m)

$$(S = 25 \text{ mm}^2): \quad r = 0.889 \text{ m}\Omega/\text{m}; \quad x = 0.106 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_5 = x_5 \times L_5 = 0.106 \times 11 = 1.166 m\Omega$$

$$R_5 = r_5 \times L_5 = 0.889 \times 11 = 9.779 m\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: Aspirador. (L=16 m)

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}; \quad x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_6 = x_6 \times L_6 = 0.119 \times 16 = 1.904 m\Omega$$

$$R_6 = r_6 \times L_6 = 2.24 \times 16 = 35.84 m\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: TM1 (Cortadora). (L=6 m)

(S = 10 mm²): r = 2.24 mΩ/m; x = 0.119 mΩ/m

$$X_7 = x_7 \times L_7 = 0.119 \times 6 = 0.714 m\Omega$$

$$R_7 = r_7 \times L_7 = 2.24 \times 6 = 13.44 m\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: TM2 (Prensa). (L=15 m)

(S = 10 mm²): r = 2.24 mΩ/m; x = 0.119 mΩ/m

$$X_8 = x_8 \times L_8 = 0.119 \times 15 = 1.785 m\Omega$$

$$R_8 = r_8 \times L_8 = 2.24 \times 15 = 33.6 m\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: TM3 (Ranuradora). (L=13 m)

(S = 10 mm²): r = 2.24 mΩ/m; x = 0.119 mΩ/m

$$X_9 = x_9 \times L_9 = 0.119 \times 13 = 1.547 m\Omega$$

$$R_9 = r_9 \times L_9 = 2.24 \times 13 = 29.12 m\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM4 (Troqueladora). (L=7 m)

(S = 10 mm²): r = 2.24 mΩ/m; x = 0.119 mΩ/m

$$X_{10} = x_{10} \times L_{10} = 0.119 \times 7 = 0.833 m\Omega$$

$$R_{10} = r_{10} \times L_{10} = 2.24 \times 7 = 15.68 m\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM5 (Plegadora - Encoladora). (L=7 m)

(S = 10 mm²): r = 2.24 mΩ/m; x = 0.119 mΩ/m

$$X_{11} = x_{11} \times L_{11} = 0.119 \times 7 = 0.833 m\Omega$$

$$R_{11} = r_{11} \times L_{11} = 2.24 \times 7 = 15.68 m\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM6 (Cinta Transportadora). (L=17 m)

(S = 10 mm²): r = 2.24 mΩ/m; x = 0.119 mΩ/m

$$X_{12} = x_{12} \times L_{12} = 0.119 \times 17 = 2.023 m\Omega$$

$$R_{12} = r_{12} \times L_{12} = 2.24 \times 17 = 38.08 m\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM7 (Cinta Elevadora). (L=18 m)

(S = 10 mm²): r = 2.24 mΩ/m; x = 0.119 mΩ/m

$$X_{14} = x_{14} \times L_{14} = 0.119 \times 18 = 2.142 m\Omega$$

$$R_{14} = r_{14} \times L_{14} = 2.24 \times 18 = 40.32 m\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM8 (Grapadora). (L=12 m)

(S = 10 mm²): r = 2.24 mΩ/m; x = 0.119 mΩ/m

$$X_{13} = x_{13} \times L_{13} = 0.119 \times 12 = 1.428 m\Omega$$

$$R_{13} = r_{13} \times L_{13} = 2.24 \times 12 = 26.88 m\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 1. (L=25 m)

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}; x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_{15} = x_{15} \times L_{15} = 0.119 \times 25 = 2.975 \text{ m}\Omega$$

$$R_{15} = r_{15} \times L_{15} = 2.24 \times 25 = 56 \text{ m}\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 2. (L=25 m)

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}; x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_{16} = x_{16} \times L_{16} = 0.119 \times 25 = 2.975 \text{ m}\Omega$$

$$R_{16} = r_{16} \times L_{16} = 2.24 \times 25 = 56 \text{ m}\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 3. (L=25 m)

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}; x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_{17} = x_{17} \times L_{17} = 0.119 \times 25 = 2.975 \text{ m}\Omega$$

$$R_{17} = r_{17} \times L_{17} = 2.24 \times 25 = 56 \text{ m}\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 4. (L=25 m)

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}; x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_{18} = x_{18} \times L_{18} = 0.119 \times 25 = 2.975 \text{ m}\Omega$$

$$R_{18} = r_{18} \times L_{18} = 2.24 \times 25 = 56 \text{ m}\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado Aseos-Vestidores. (L=15 m)

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}; x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_{19} = x_{19} \times L_{19} = 0.119 \times 15 = 1.785 \text{ m}\Omega$$

$$R_{19} = r_{19} \times L_{19} = 2.24 \times 15 = 33.6 \text{ m}\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado Almacén. (L=25 m)

$$(S = 10 \text{ mm}^2): \quad r = 2.24 \text{ m}\Omega/\text{m}; x = 0.119 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_{20} = x_{20} \times L_{20} = 0.119 \times 25 = 2.975 \text{ m}\Omega$$

$$R_{20} = r_{20} \times L_{20} = 2.24 \times 25 = 56 \text{ m}\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Aire Acondicionado. (L=10 m)

$$(S = 25 \text{ mm}^2): \quad r = 0.889 \text{ m}\Omega/\text{m}; x = 0.106 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_{21} = x_{21} \times L_{21} = 0.106 \times 10 = 1.06 \text{ m}\Omega$$

$$R_{21} = r_{21} \times L_{21} = 0.889 \times 10 = 8.89 \text{ m}\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Alumbrado Oficinas. (L=20 m)

$$(S = 25 \text{ mm}^2): \quad r = 0.889 \text{ m}\Omega/\text{m}; x = 0.106 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_{22} = x_{22} \times L_{22} = 0.106 \times 20 = 2.12 \text{ m}\Omega$$

$$R_{22} = r_{22} \times L_{22} = 0.889 \times 20 = 17.78 \text{ m}\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Cartel Luminoso. (L=15 m)

$$(S = 25 \text{ mm}^2): \quad r = 0.889 \text{ m}\Omega/\text{m}; \quad x = 0.106 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_{23} = x_{23} \times L_{23} = 0.106 \times 15 = 1.59 \text{ m}\Omega$$

$$R_{23} = r_{23} \times L_{23} = 0.889 \times 15 = 13.335 \text{ m}\Omega$$

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Toma de Corriente de Oficinas. (L=25 m)

$$(S = 25 \text{ mm}^2): \quad r = 0.889 \text{ m}\Omega/\text{m}; \quad x = 0.106 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

$$X_{24} = x_{24} \times L_{24} = 0.106 \times 25 = 2.65 \text{ m}\Omega$$

$$R_{24} = r_{24} \times L_{24} = 0.889 \times 25 = 22.225 \text{ m}\Omega$$

Impedancia (Z)	Resistencia R ($m\Omega$)	Reactancia X ($m\Omega$)
M.T. (Z_0)	0.0454	0.454
Transformador (Z_T)	5.05	13.36
L.G.A (Z_1)	2.46	1.816
LDP. CF1. (Z_2)	29.435	3.535
LDP. CF2. (Z_3)	10.879	2.323
LDP. CA. (Z_4)	67.2	3.57
LDP. CO. (Z_5)	9.779	1.166
LDS. CF1. Aspirador (Z_6)	35.84	1.904
LDS. CF1. TM1 (Cortadora) (Z_7)	13.44	0.714
LDS. CF1. TM2 (Prensa) (Z_8)	33.6	1.785
LDS. CF1. TM3 (Ranuradora) (Z_9)	29.12	1.547
LDS. CF2. TM4 (Troqueladora) (Z_{10})	15.68	0.883
LDS. CF2. TM5 (Plegadora Encoladora) (Z_{11})	15.68	0.883
LDS. CF2. TM6 (Cinta Transportadora) (Z_{12})	38.08	2.023
LDS. CF2. TM7 (Cinta Elevadora) (Z_{13})	40.32	2.142
LDS. CF2. TM8 (Grapadora) (Z_{14})	26.88	1.428
LDS. CA. Alumbrado 1 (Z_{15})	56	2.975
LDS. CA. Alumbrado 2 (Z_{16})	56	2.975
LDS. CA. Alumbrado 3 (Z_{17})	56	2.975
LDS. CA. Alumbrado 4 (Z_{18})	56	2.975
LDS. CA. Alumbrado As-Vs (Z_{19})	33.6	1.785
LDS. CA. Alumbrado Almacén (Z_{20})	56	2.975
LDS. CO. Aire Acondicionado (Z_{21})	8.89	1.06
LDS. CO. Alumbrado Oficinas (Z_{22})	17.78	2.12
LDS. CO. Cartel Luminoso (Z_{23})	13.335	1.59
LDS. CO. Toma Corriente Ofic. (Z_{24})	22.225	2.65

Corrientes de defecto

a) Defecto en el punto A

$$R_A = R_Q + R_T + R_1 = 0.0454 + 5.05 + 2.46 = 7.555 m\Omega$$

$$X_A = X_Q + X_T + X_1 = 0.454 + 13.36 + 1.816 = 15.63 m\Omega$$

- Impedancia de cortocircuito en A

$$Z_{CCA} = \sqrt{R_A^2 + X_A^2} = \sqrt{7.555^2 + 15.63^2} = 17.36 m\Omega$$

- Corriente de cortocircuito permanente

$$I_{cc3_A} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCA}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 17.36} = 13.30 kA$$

- Corriente de cortocircuito máxima

$$\frac{R_A}{X_A} = \frac{7.555}{15.63} = 0.483$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_A}{X_A}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 0.483} = 1.26$$

$$I_{SA} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_A} = \sqrt{2} \times 1.26 \times 13.30 = 23.69 kA$$

- Corriente de cortocircuito mínima

$$I_{cc2_A} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCA}} = \frac{400}{2 \times 17.36} = 11.52 kA$$

b) Defecto en el punto B

$$R_B = R_A + R_2 = 7.555 + 29.435 = 36.99 m\Omega$$

$$X_B = X_A + X_2 = 15.63 + 3.535 = 19.165 m\Omega$$

$$Z_{CCB} = \sqrt{R_B^2 + X_B^2} = \sqrt{36.99^2 + 19.165^2} = 41.66 m\Omega$$

$$I_{cc3_B} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCB}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 41.66} = 5.54 kA$$

$$\frac{R_B}{X_B} = \frac{36.99}{19.165} = 1.93$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_B}{X_B}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 1.93} = 1.006$$

$$I_{SB} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_B} = \sqrt{2} \times 1.006 \times 5.54 = 7.88 kA$$

$$I_{cc2_B} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCB}} = \frac{400}{2 \times 41.66} = 4.8 kA$$

c) Defecto en el punto C

$$R_C = R_A + R_3 = 7.555 + 10.879 = 18.434 m\Omega$$

$$X_C = X_A + X_3 = 15.63 + 2.323 = 17.953 m\Omega$$

$$Z_{CCC} = \sqrt{R_C^2 + X_C^2} = \sqrt{18.434^2 + 17.953^2} = 25.73 m\Omega$$

$$I_{cc3C} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCC}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 25.73} = 8.97 kA$$

$$\frac{R_C}{X_C} = \frac{18.434}{17.953} = 1.02$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_C}{X_C}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 1.02} = 1.06$$

$$I_{sc} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3C} = \sqrt{2} \times 1.06 \times 8.97 = 13.44 kA$$

$$I_{cc2C} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCC}} = \frac{400}{2 \times 25.73} = 7.77 kA$$

d) Defecto en el punto D

$$R_D = R_A + R_4 = 7.555 + 67.2 = 74.755 m\Omega$$

$$X_D = X_A + X_4 = 15.63 + 3.57 = 19.2 m\Omega$$

$$Z_{CCD} = \sqrt{R_D^2 + X_D^2} = \sqrt{74.755^2 + 19.2^2} = 77.18 m\Omega$$

$$I_{cc3D} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCD}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 77.18} = 2.99 kA$$

$$\frac{R_D}{X_D} = \frac{74.755}{19.2} = 3.89$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_D}{X_D}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 3.89} = 1$$

$$I_{SD} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3D} = \sqrt{2} \times 1 \times 2.99 = 4.22 kA$$

$$I_{cc2D} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCD}} = \frac{400}{2 \times 77.18} = 2.59 kA$$

e) Defecto en el punto E

$$R_E = R_A + R_5 = 7.555 + 9.779 = 17.334 m\Omega$$

$$X_E = X_A + X_5 = 15.63 + 1.166 = 16.796 m\Omega$$

$$Z_{CCE} = \sqrt{R_E^2 + X_E^2} = \sqrt{17.334^2 + 16.796^2} = 24.13 m\Omega$$

$$I_{cc3E} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCE}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 24.13} = 9.57 kA$$

$$\frac{R_E}{X_E} = \frac{17.334}{16.796} = 1.032$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_E}{X_E}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 1.032} = 1.065$$

$$I_{SE} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3E} = \sqrt{2} \times 1.065 \times 9.57 = 14.41 \text{ kA}$$

$$I_{cc2E} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCE}} = \frac{400}{2 \times 24.13} = 8.28 \text{ kA}$$

f) Defecto en el punto F

$$R_F = R_B + R_6 = 36.99 + 35.84 = 72.83 \text{ m}\Omega$$

$$X_F = X_B + X_6 = 19.165 + 1.904 = 21.069 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{CCF} = \sqrt{R_F^2 + X_F^2} = \sqrt{72.83^2 + 21.069^2} = 75.81 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc3F} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCF}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 75.81} = 3.04 \text{ kA}$$

$$\frac{R_F}{X_F} = \frac{72.83}{21.069} = 3.45$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_F}{X_F}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 3.45} = 1$$

$$I_{SF} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3F} = \sqrt{2} \times 1 \times 3.04 = 4.29 \text{ kA}$$

$$I_{cc2F} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCF}} = \frac{400}{2 \times 75.81} = 2.63 \text{ kA}$$

g) Defecto en el punto G

$$R_G = R_B + R_7 = 36.99 + 13.44 = 50.43 \text{ m}\Omega$$

$$X_G = X_B + X_7 = 19.165 + 0.714 = 19.879 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{CCG} = \sqrt{R_G^2 + X_G^2} = \sqrt{50.43^2 + 19.879^2} = 54.20 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc3G} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCG}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 54.20} = 4.26 \text{ kA}$$

$$\frac{R_G}{X_G} = \frac{50.43}{19.879} = 2.53$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_G}{X_G}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 2.53} = 1.001$$

$$I_{SG} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3G} = \sqrt{2} \times 1.001 \times 4.26 = 6.03 \text{ kA}$$

$$I_{cc2G} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCG}} = \frac{400}{2 \times 54.20} = 3.69 \text{ kA}$$

h) Defecto en el punto H

$$R_H = R_B + R_8 = 36.99 + 33.6 = 70.59m\Omega$$

$$X_H = X_B + X_8 = 19.165 + 1.785 = 20.95m\Omega$$

$$Z_{CCH} = \sqrt{R_H^2 + X_H^2} = \sqrt{70.59^2 + 20.95^2} = 73.63m\Omega$$

$$I_{cc3_H} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCH}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 73.63} = 3.13kA$$

$$\frac{R_H}{X_H} = \frac{70.59}{20.95} = 3.36$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_H}{X_H}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 3.36} = 1$$

$$I_{SH} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_H} = \sqrt{2} \times 1 \times 3.13 = 4.42kA$$

$$I_{cc2_H} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCH}} = \frac{400}{2 \times 73.63} = 2.71kA$$

i) Defecto en el punto I

$$R_I = R_B + R_9 = 36.99 + 29.12 = 66.11m\Omega$$

$$X_I = X_B + X_9 = 19.165 + 1.547 = 20.712m\Omega$$

$$Z_{CCI} = \sqrt{R_I^2 + X_I^2} = \sqrt{66.11^2 + 20.712^2} = 69.27m\Omega$$

$$I_{cc3_I} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCI}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 69.27} = 3.33kA$$

$$\frac{R_I}{X_I} = \frac{66.11}{20.712} = 3.19$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_I}{X_I}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 3.19} = 1$$

$$I_{SI} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_I} = \sqrt{2} \times 1 \times 3.33 = 4.70kA$$

$$I_{cc2_I} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCI}} = \frac{400}{2 \times 69.27} = 2.88kA$$

j) Defecto en el punto J

$$R_J = R_C + R_{10} = 18.434 + 15.68 = 34.114m\Omega$$

$$X_J = X_C + X_{10} = 17.953 + 0.833 = 18.786m\Omega$$

$$Z_{CCJ} = \sqrt{R_J^2 + X_J^2} = \sqrt{34.114^2 + 18.786^2} = 38.94m\Omega$$

$$I_{cc3_J} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCJ}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 38.94} = 5.93kA$$

$$\frac{R_J}{X_J} = \frac{34.114}{18.786} = 1.81$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_J}{X_J}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 1.81} = 1.008$$

$$I_{SJ} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_J} = \sqrt{2} \times 1.008 \times 5.93 = 8.45 \text{ kA}$$

$$I_{cc2_J} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCJ}} = \frac{400}{2 \times 38.94} = 5.13 \text{ kA}$$

k) Defecto en el punto K

$$R_K = R_C + R_{11} = 18.434 + 15.68 = 34.114 \text{ m}\Omega$$

$$X_K = X_C + X_{11} = 17.953 + 0.833 = 18.786 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{CCK} = \sqrt{R_K^2 + X_K^2} = \sqrt{34.114^2 + 18.786^2} = 38.94 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc3_K} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCK}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 38.94} = 5.93 \text{ kA}$$

$$\frac{R_K}{X_K} = \frac{34.114}{18.786} = 1.81$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_K}{X_K}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 1.81} = 1.008$$

$$I_{SK} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_K} = \sqrt{2} \times 1.008 \times 5.93 = 8.45 \text{ kA}$$

$$I_{cc2_K} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCK}} = \frac{400}{2 \times 38.94} = 5.13 \text{ kA}$$

l) Defecto en el punto L

$$R_L = R_C + R_{12} = 18.434 + 38.08 = 56.514 \text{ m}\Omega$$

$$X_L = X_C + X_{12} = 17.953 + 2.023 = 19.976 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{CCL} = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} = \sqrt{56.514^2 + 19.976^2} = 59.94 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc3_L} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCL}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 59.94} = 3.85 \text{ kA}$$

$$\frac{R_L}{X_L} = \frac{56.514}{19.976} = 2.82$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_L}{X_L}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 2.82} = 1$$

$$I_{SL} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_L} = \sqrt{2} \times 1 \times 3.85 = 5.44 \text{ kA}$$

$$I_{cc2_L} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCL}} = \frac{400}{2 \times 59.94} = 3.33 \text{ kA}$$

m) Defecto en el punto M

$$R_N = R_C + R_{14} = 18.434 + 40.32 = 58.754m\Omega$$

$$X_N = X_C + X_{14} = 17.953 + 2.142 = 20.095m\Omega$$

$$Z_{CCN} = \sqrt{R_N^2 + X_N^2} = \sqrt{58.754^2 + 20.095^2} = 62.09m\Omega$$

$$I_{cc3_N} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCN}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 62.09} = 3.71kA$$

$$\frac{R_N}{X_N} = \frac{58.754}{20.095} = 2.92$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_N}{X_N}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 2.92} = 1$$

$$I_{SN} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_N} = \sqrt{2} \times 1 \times 3.71 = 5.24kA$$

$$I_{cc2_N} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCN}} = \frac{400}{2 \times 62.09} = 3.22kA$$

n) Defecto en el punto N

$$R_M = R_C + R_{13} = 18.434 + 26.88 = 45.314m\Omega$$

$$X_M = X_C + X_{13} = 17.953 + 1.428 = 19.381m\Omega$$

$$Z_{CCM} = \sqrt{R_M^2 + X_M^2} = \sqrt{45.314^2 + 19.381^2} = 49.28m\Omega$$

$$I_{cc3_M} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCM}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 49.28} = 4.68kA$$

$$\frac{R_M}{X_M} = \frac{45.314}{19.381} = 2.33$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_M}{X_M}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 2.33} = 1.002$$

$$I_{SM} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_M} = \sqrt{2} \times 1.002 \times 4.68 = 6.63kA$$

$$I_{cc2_M} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCM}} = \frac{400}{2 \times 49.28} = 4.05kA$$

o) Defecto en el punto O

$$R_O = R_D + R_{15} = 74.755 + 56 = 130.755m\Omega$$

$$X_O = X_D + X_{15} = 19.2 + 2.975 = 22.175m\Omega$$

$$Z_{CCO} = \sqrt{R_O^2 + X_O^2} = \sqrt{130.755^2 + 22.175^2} = 132.62m\Omega$$

$$I_{cc3_O} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCO}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 132.62} = 1.74kA$$

$$\frac{R_o}{X_o} = \frac{130.755}{22.175} = 5.89$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_o}{X_o}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 5.89} = 1$$

$$I_{SO} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_o} = \sqrt{2} \times 1 \times 1.74 = 2.46kA$$

$$I_{cc2_o} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCO}} = \frac{400}{2 \times 132.62} = 1.50kA$$

p) Defecto en el punto P

$$R_p = R_D + R_{16} = 74.755 + 56 = 130.755m\Omega$$

$$X_p = X_D + X_{16} = 19.2 + 2.975 = 22.175m\Omega$$

$$Z_{CCP} = \sqrt{R_p^2 + X_p^2} = \sqrt{130.755^2 + 22.175^2} = 132.62m\Omega$$

$$I_{cc3_p} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCP}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 132.62} = 1.74kA$$

$$\frac{R_p}{X_p} = \frac{130.755}{22.175} = 5.89$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_p}{X_p}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 5.89} = 1$$

$$I_{SP} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_p} = \sqrt{2} \times 1 \times 1.74 = 2.46kA$$

$$I_{cc2_p} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCP}} = \frac{400}{2 \times 132.62} = 1.50kA$$

q) Defecto en el punto Q

$$R_Q = R_D + R_{17} = 74.755 + 56 = 130.755m\Omega$$

$$X_Q = X_D + X_{17} = 19.2 + 2.975 = 22.175m\Omega$$

$$Z_{CCQ} = \sqrt{R_Q^2 + X_Q^2} = \sqrt{130.755^2 + 22.175^2} = 132.62m\Omega$$

$$I_{cc3_Q} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCQ}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 132.62} = 1.74kA$$

$$\frac{R_Q}{X_Q} = \frac{130.755}{22.175} = 5.89$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_Q}{X_Q}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 5.89} = 1$$

$$I_{SQ} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_Q} = \sqrt{2} \times 1 \times 1.74 = 2.46kA$$

$$I_{cc2_Q} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCQ}} = \frac{400}{2 \times 132.62} = 1.50kA$$

r) Defecto en el punto R

$$R_R = R_D + R_{18} = 74.755 + 56 = 130.755m\Omega$$

$$X_R = X_D + X_{18} = 19.2 + 2.975 = 22.175m\Omega$$

$$Z_{CCR} = \sqrt{R_R^2 + X_R^2} = \sqrt{130.755^2 + 22.175^2} = 132.62m\Omega$$

$$I_{cc3R} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCR}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 132.62} = 1.74kA$$

$$\frac{R_R}{X_R} = \frac{130.755}{22.175} = 5.89$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_R}{X_R}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 5.89} = 1$$

$$I_{SR} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3R} = \sqrt{2} \times 1 \times 1.74 = 2.46kA$$

$$I_{cc2R} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCR}} = \frac{400}{2 \times 132.62} = 1.50kA$$

s) Defecto en el punto S

$$R_S = R_D + R_{19} = 74.755 + 33.6 = 108.355m\Omega$$

$$X_S = X_D + X_{19} = 19.2 + 1.785 = 20.985m\Omega$$

$$Z_{CCS} = \sqrt{R_S^2 + X_S^2} = \sqrt{108.355^2 + 20.985^2} = 110.36m\Omega$$

$$I_{cc3S} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCS}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 110.36} = 2.09kA$$

$$\frac{R_S}{X_S} = \frac{108.355}{20.985} = 5.16$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_S}{X_S}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 5.16} = 1$$

$$I_{SS} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3S} = \sqrt{2} \times 1 \times 2.09 = 2.95kA$$

$$I_{cc2S} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCS}} = \frac{400}{2 \times 110.36} = 1.81kA$$

t) Defecto en el punto T

$$R_T = R_D + R_{20} = 74.755 + 56 = 130.755m\Omega$$

$$X_T = X_D + X_{20} = 19.2 + 2.975 = 22.175m\Omega$$

$$Z_{CCT} = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} = \sqrt{130.755^2 + 22.175^2} = 132.62m\Omega$$

$$I_{cc3T} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCT}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 132.62} = 1.74kA$$

$$\frac{R_T}{X_T} = \frac{130.755}{22.175} = 5.89$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_T}{X_T}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 5.89} = 1$$

$$I_{ST} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3T} = \sqrt{2} \times 1 \times 1.74 = 2.46 \text{ kA}$$

$$I_{cc2T} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCT}} = \frac{400}{2 \times 132.62} = 1.50 \text{ kA}$$

u) Defecto en el punto U

$$R_U = R_E + R_{21} = 17.334 + 8.89 = 26.224 \text{ m}\Omega$$

$$X_U = X_E + X_{21} = 16.796 + 1.06 = 17.856 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{CCU} = \sqrt{R_U^2 + X_U^2} = \sqrt{26.224^2 + 17.856^2} = 31.72 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc3U} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCU}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 31.72} = 7.28 \text{ kA}$$

$$\frac{R_U}{X_U} = \frac{26.224}{17.856} = 1.46$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_U}{X_U}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 1.46} = 1.021$$

$$I_{SU} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3U} = \sqrt{2} \times 1.021 \times 7.28 = 10.51 \text{ kA}$$

$$I_{cc2U} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCU}} = \frac{400}{2 \times 31.72} = 6.30 \text{ kA}$$

v) Defecto en el punto V

$$R_V = R_E + R_{22} = 17.334 + 17.78 = 35.114 \text{ m}\Omega$$

$$X_V = X_E + X_{22} = 16.796 + 2.12 = 18.916 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{CCV} = \sqrt{R_V^2 + X_V^2} = \sqrt{35.114^2 + 18.916^2} = 39.88 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc3V} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCV}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 39.88} = 5.79 \text{ kA}$$

$$\frac{R_V}{X_V} = \frac{35.114}{18.916} = 1.85$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_V}{X_V}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 1.85} = 1.007$$

$$I_{SV} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3V} = \sqrt{2} \times 1.007 \times 5.79 = 8.24 \text{ kA}$$

$$I_{cc2V} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCV}} = \frac{400}{2 \times 39.88} = 5.01 \text{ kA}$$

w) Defecto en el punto W

$$R_W = R_E + R_{23} = 17.334 + 13.335 = 30.669m\Omega$$

$$X_W = X_E + X_{23} = 16.796 + 1.59 = 18.386m\Omega$$

$$Z_{CCW} = \sqrt{R_W^2 + X_W^2} = \sqrt{30.669^2 + 18.386^2} = 35.75m\Omega$$

$$I_{cc3_W} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCW}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 35.75} = 6.45kA$$

$$\frac{R_W}{X_W} = \frac{30.669}{18.386} = 1.66$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_W}{X_W}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 1.66} = 1.012$$

$$I_{SW} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_W} = \sqrt{2} \times 1.012 \times 6.45 = 9.23kA$$

$$I_{cc2_W} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCW}} = \frac{400}{2 \times 35.75} = 5.59kA$$

x) Defecto en el punto X

$$R_X = R_E + R_{24} = 17.334 + 22.225 = 39.559m\Omega$$

$$X_X = X_E + X_{24} = 16.796 + 2.65 = 19.446m\Omega$$

$$Z_{CCX} = \sqrt{R_X^2 + X_X^2} = \sqrt{39.559^2 + 19.446^2} = 44.08m\Omega$$

$$I_{cc3_X} = \frac{V_{RS}}{\sqrt{3} \times Z_{CCX}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 44.08} = 5.23kA$$

$$\frac{R_X}{X_X} = \frac{39.559}{19.446} = 2.03$$

$$\chi = 1 + 0.92e^{-2.567 \times \frac{R_X}{X_X}} = 1 + 0.92e^{-2.567 \times 2.03} = 1.005$$

$$I_{SX} = \sqrt{2} \times \chi \times I_{cc3_X} = \sqrt{2} \times 1.005 \times 5.23 = 7.43kA$$

$$I_{cc2_X} = \frac{V_{RS}}{2 \times Z_{CCX}} = \frac{400}{2 \times 44.08} = 4.53kA$$

Elección de interruptores automáticos

Línea General de Alimentación.

$$(I_B = 281.17A, I'_z = 384A, I_{SA} = 23.69kA)$$

1) Condiciones de Selectividad:

- Térmico: $I'r \geq 1.6 \times Ir_{m\acute{a}x} = 1.6 \times 144 = 230.4A$
- Magnético: $I'rm \geq 1.6 \times Irm_{m\acute{a}x} = 1.6 \times 1440 = 2304A$
- Comprobación frente a sobreintensidades:

$$I'f = 1.3 \times Ir < I'z$$

$$Ir_{m\acute{a}x} < \frac{I'z}{1.3} = \frac{384}{1.3} = 295.38A$$

- $Ir_{m\acute{a}x} = 295.38A > I'r = Ir_{m\acute{i}n} = 230.4A$

Hay selectividad amperimétrica. El ajuste mínimo es de 230.4 A y el máximo es de 295.38 A.

2) Condición de Térmico:

- $I_N = 400A > I_B = 281.17A \rightarrow$ Se elige el NS400N
- $Ir_{m\acute{i}n} = I'r = 230.4A \rightarrow$ Se elige el relé STR23SE

$$Ir_{m\acute{i}n} = 230.4A \leq Ir \leq Ir_{m\acute{a}x} = 295.38A$$

$$K_{m\acute{i}n} = \frac{Ir_{m\acute{i}n}}{I_N} = \frac{230.4}{400} = 0.576 \leq K \leq K_{m\acute{a}x} = \frac{Ir_{m\acute{a}x}}{I_N} = \frac{295.38}{400} = 0.738$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.8 \times 0.85 = 0.68 \\ Ir = K \times I_N = 0.68 \times 400 = 272A \end{array} \right.$$

- $I'f = K \times Ir < I'z$

$$I'f = 1.3 \times 272 = 353.6A < I'z = 384A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

3) Condición de Magnético

- $Irm = K_3 \times Ir > I'rm$

$$K_3 > \frac{I'rm}{Ir} = \frac{2304}{272} = 8.47, \text{ se ajusta el relé STR23SE a } K_3 = 10.$$

$$Irm = 10 \times 272 = 2720A > I'rm = 2304A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

4) Poder de corte

- $I_{c_{\mu}} > I_{SA} \rightarrow I_{c_{\mu}} = 45kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS400N con Poder de Corte ($I_{c_{\mu}}$) a 415 V de 45 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Fuerza 1.

($I_B = 103.56A$, $I'z = 165.62A$, $I_{SA} = 23.69kA$, $I_{cc2_B} = 4800A$)

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 160A > I_B = 103.56A \rightarrow$ Se elige el NS160N
- $I_{r_{min}} = I_B = 103.56A \rightarrow$ Como el relé TM125D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{min}} = 103.56A \leq I_r \leq I_{r_{max}} = \frac{I'z}{K} = \frac{165.62}{1.3} = 127.4A$$

$$K_{min} = \frac{I_{r_{min}}}{I_N} = \frac{103.56}{160} = 0.647 \leq K \leq K_{max} = \frac{I_{r_{max}}}{I_N} = \frac{127.4}{160} = 0.796$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.9 \times 0.8 = 0.72 \\ I_r = K \times I_N = 0.72 \times 160 = 115.2A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times I_r < I'z$

$$I_f = 1.3 \times 115.2 = 149.76A < I'z = 165.62A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times I_r < I_{cc2_B}$

$$K_3 < \frac{I_{cc2_B}}{I_r} = \frac{4800}{115.2} = 41.66, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 115.2 = 1152A < I_{cc2_B} = 4800A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_{\mu}} > I_{SA} \rightarrow I_{c_{\mu}} = 36kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS160N con Poder de Corte ($I_{c_{\mu}}$) a 415 V de 36 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Fuerza 2.

($I_B = 127.96A$, $I'_z = 202.86A$, $I_{SA} = 23.69kA$, $I_{cc2C} = 7770A$)

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 160A > I_B = 127.96A \rightarrow$ Se elige el NS160N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 127.96A \rightarrow$ Se elige el relé TM160D.

$$I_{r_{\min}} = 127.96A \leq Ir \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{202.86}{1.3} = 156.04A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{127.96}{160} = 0.799 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{156.04}{160} = 0.975$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.9 \\ Ir = K \times I_N = 0.9 \times 160 = 144A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 144 = 187.2A < I'_z = 202.86A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < I_{cc2C}$

$$K_3 < \frac{I_{cc2C}}{Ir} = \frac{7770}{144} = 53.95, \text{ se ajusta el relé TM160D a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 144 = 1440A < I_{cc2C} = 7770A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_{\mu}} > I_{SA} \rightarrow I_{c_{\mu}} = 36kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS160N con Poder de Corte ($I_{c_{\mu}}$) a 415 V de 36 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Alumbrado.

$(I_B = 31.05A, I'z = 56A, I_{SA} = 23.69kA, Icc2_D = 2590A)$

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 31.05A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 31.05A \rightarrow$ Como el relé TM40D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 31.05A \leq Ir \leq Ir_{\max} = \frac{I'z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{31.05}{100} = 0.31 \leq K \leq K_{\max} = \frac{Ir_{\max}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < Icc2_D$

$$K_3 < \frac{Icc2_D}{Ir} = \frac{2590}{40} = 64.75, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < Icc2_D = 2590A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $Ic_{\mu} > I_{SA} \rightarrow Ic_{\mu} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte (Ic_{μ}) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Primaria. Cuadro de Oficinas.

$(I_B = 18.67A, I'_z = 56A, I_{SA} = 23.69kA, Icc2_E = 8280A)$

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 18.67A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 18.67A \rightarrow$ Como el relé TM25D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 18.67A \leq Ir \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{18.67}{100} = 0.186 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < Icc2_E$

$$K_3 < \frac{Icc2_E}{Ir} = \frac{8280}{40} = 207, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < Icc2_E = 8280A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_{\mu}} > I_{SA} \rightarrow I_{c_{\mu}} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte ($I_{c_{\mu}}$) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: Aspirador.

($I_B = 21.21A$, $I'_z = 56A$, $I_{SA} = 23.69kA$, $Icc2_F = 2630A$)

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 21.21A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 21.21A \rightarrow$ Como el relé TM25D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 21.21A \leq Ir \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{21.21}{100} = 0.21 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < Icc2_F$

$$K_3 < \frac{Icc2_F}{Ir} = \frac{2630}{40} = 65.75, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < Icc2_F = 2630A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $Ic_{\mu} > I_{SA} \rightarrow Ic_{\mu} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte (Ic_{μ}) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: TM1 (Cortadora).

($I_B = 21.21A$, $I'_z = 56A$, $I_{SA} = 23.69kA$, $Icc2_G = 3690A$)

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 21.21A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 21.21A \rightarrow$ Como el relé TM25D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 21.21A \leq Ir \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{21.21}{100} = 0.21 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < Icc2_G$

$$K_3 < \frac{Icc2_G}{Ir} = \frac{3690}{40} = 92.25, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < Icc2_G = 3690A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $Ic_{\mu} > I_{SA} \rightarrow Ic_{\mu} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte (Ic_{μ}) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: TM2 (Prensa).

$(I_B = 30.51A, I'_z = 56A, I_{SA} = 23.69kA, I_{cc2_H} = 2710A)$

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 30.51A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 30.51A \rightarrow$ Como el relé TM40D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 30.51A \leq Ir \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{30.51}{100} = 0.305 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < I_{cc2_H}$

$$K_3 < \frac{I_{cc2_H}}{Ir} = \frac{2710}{40} = 67.75, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < I_{cc2_H} = 2710A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_{\mu}} > I_{SA} \rightarrow I_{c_{\mu}} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte ($I_{c_{\mu}}$) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 1: TM3 (Ranuradora).

$(I_B = 30.51A, I'_z = 56A, I_{SA} = 23.69kA, Icc2_I = 2880A)$

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 30.51A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 30.51A \rightarrow$ Como el relé TM40D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 30.51A \leq Ir \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{30.51}{100} = 0.305 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < Icc2_I$

$$K_3 < \frac{Icc2_I}{Ir} = \frac{2880}{40} = 72, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < Icc2_I = 2880A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $Ic_\mu > I_{SA} \rightarrow Ic_\mu = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte (Ic_μ) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM4 (Troqueladora).

($I_B = 31.69A$, $I'_z = 56A$, $I_{SA} = 23.69kA$, $I_{cc2_J} = 5130A$)

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 31.69A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 31.69A \rightarrow$ Como el relé TM40D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 31.69A \leq Ir \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{31.69}{100} = 0.316 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < I_{cc2_J}$

$$K_3 < \frac{I_{cc2_J}}{Ir} = \frac{5130}{40} = 128.25, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < I_{cc2_J} = 5130A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_{\mu}} > I_{SA} \rightarrow I_{c_{\mu}} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte ($I_{c_{\mu}}$) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM5 (Plegadora - Encoladora).
 ($I_B = 37.84A$, $I'_z = 56A$, $I_{SA} = 23.69kA$, $Icc2_K = 5130A$)

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 37.84A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{min}} = I_B = 37.84A \rightarrow$ Como el relé TM40D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{min}} = 37.84A \leq Ir \leq Ir_{m\acute{a}x} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{min} = \frac{I_{r_{min}}}{I_N} = \frac{37.84}{100} = 0.378 \leq K \leq K_{m\acute{a}x} = \frac{Ir_{m\acute{a}x}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $If' = K \times Ir < I'_z$

$$If' = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $Irm = K_3 \times Ir < Icc2_K$

$$K_3 < \frac{Icc2_K}{Ir} = \frac{5130}{40} = 128.25, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$Irm = 10 \times 40 = 400A < Icc2_K = 5130A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $Ic_\mu > I_{SA} \rightarrow Ic_\mu = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte (Ic_μ) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM6 (Cinta Transportadora).

$(I_B = 21.21A, I'_z = 56A, I_{SA} = 23.69kA, Icc2_L = 3330A)$

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 21.21A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 21.21A \rightarrow$ Como el relé TM25D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 21.21A \leq Ir \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{21.21}{100} = 0.21 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < Icc2_L$

$$K_3 < \frac{Icc2_L}{Ir} = \frac{3330}{40} = 83.25, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < Icc2_L = 3330A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_{\mu}} > I_{SA} \rightarrow I_{c_{\mu}} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte ($I_{c_{\mu}}$) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM7 (Cinta Elevadora).

$(I_B = 21.21A, I'z = 56A, I_{SA} = 23.69kA, Icc2_M = 3220A)$

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 21.21A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{min}} = I_B = 21.21A \rightarrow$ Como el relé TM25D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{min}} = 21.21A \leq Ir \leq I_{r_{m\acute{a}x}} = \frac{I'z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{min} = \frac{I_{r_{min}}}{I_N} = \frac{21.21}{100} = 0.21 \leq K \leq K_{m\acute{a}x} = \frac{I_{r_{m\acute{a}x}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < Icc2_M$

$$K_3 < \frac{Icc2_M}{Ir} = \frac{3220}{40} = 80.5, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < Icc2_M = 3220A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_{\mu}} > I_{SA} \rightarrow I_{c_{\mu}} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte ($I_{c_{\mu}}$) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Fuerza 2: TM8 (Grapadora).

$$(I_B = 15.44A, I'_z = 56A, I_{SA} = 23.69kA, I_{cc}2_N = 4050A)$$

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 15.44A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 15.44A \rightarrow$ Como el relé TM16D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 15.44A \leq I_r \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{15.44}{100} = 0.154 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ I_r = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times I_r < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times I_r < I_{cc}2_N$

$$K_3 < \frac{I_{cc}2_N}{I_r} = \frac{4050}{40} = 101.25, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < I_{cc}2_N = 4050A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_{\mu}} > I_{SA} \rightarrow I_{c_{\mu}} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte ($I_{c_{\mu}}$) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 1.

$(I_B = 21.74A, I'_z = 56A, I_{SA} = 23.69kA, I_{cc2_o} = 1500A)$

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 21.74A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 21.74A \rightarrow$ Como el relé TM25D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 21.74A \leq Ir \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{21.74}{100} = 0.217 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < I_{cc2_o}$

$$K_3 < \frac{I_{cc2_o}}{Ir} = \frac{1500}{40} = 37.5, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < I_{cc2_o} = 1500A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_\mu} > I_{SA} \rightarrow I_{c_\mu} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte (I_{c_μ}) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 2.

($I_B = 21.74A$, $I'_z = 56A$, $I_{SA} = 23.69kA$, $I_{cc2p} = 1500A$)

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 21.74A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 21.74A \rightarrow$ Como el relé TM25D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 21.74A \leq Ir \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{21.74}{100} = 0.217 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < I_{cc2p}$

$$K_3 < \frac{I_{cc2p}}{Ir} = \frac{1500}{40} = 37.5, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < I_{cc2p} = 1500A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_{\mu}} > I_{SA} \rightarrow I_{c_{\mu}} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte ($I_{c_{\mu}}$) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 3.

($I_B = 21.74A$, $I'z = 56A$, $I_{SA} = 23.69kA$, $I_{cc2_Q} = 1500A$)

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 21.74A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 21.74A \rightarrow$ Como el relé TM25D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 21.74A \leq Ir \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{21.74}{100} = 0.217 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < I_{cc2_Q}$

$$K_3 < \frac{I_{cc2_Q}}{Ir} = \frac{1500}{40} = 37.5, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < I_{cc2_Q} = 1500A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_\mu} > I_{SA} \rightarrow I_{c_\mu} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte (I_{c_μ}) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado 4.

($I_B = 21.74A$, $I'_z = 56A$, $I_{SA} = 23.69kA$, $Icc2_R = 1500A$)

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 21.74A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 21.74A \rightarrow$ Como el relé TM25D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 21.74A \leq I_r \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{21.74}{100} = 0.217 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ I_r = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times I_r < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times I_r < Icc2_R$

$$K_3 < \frac{Icc2_R}{I_r} = \frac{1500}{40} = 37.5, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < Icc2_R = 1500A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $Ic_{\mu} > I_{SA} \rightarrow Ic_{\mu} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte (Ic_{μ}) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado Aseos-Vestidores.
 ($I_B = 3.79A$, $I'_z = 56A$, $I_{SA} = 23.69kA$, $Icc2_s = 1810A$)

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 3.79A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{min}} = I_B = 3.79A \rightarrow$ Como el relé TM16D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{min}} = 3.79A \leq I_r \leq I_{r_{max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{min} = \frac{I_{r_{min}}}{I_N} = \frac{3.79}{100} = 0.037 \leq K \leq K_{max} = \frac{I_{r_{max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ I_r = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times I_r < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times I_r < Icc2_s$

$$K_3 < \frac{Icc2_s}{I_r} = \frac{1810}{40} = 45.25, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < Icc2_s = 1810A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $Ic_\mu > I_{SA} \rightarrow Ic_\mu = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte (Ic_μ) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Alumbrado: Alumbrado Almacén.

$(I_B = 2.78A, I'z = 56A, I_{SA} = 23.69kA, I_{cc2T} = 1500A)$

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 2.78A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{min}} = I_B = 2.78A \rightarrow$ Como el relé TM16D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{min}} = 2.78A \leq I_r \leq I_{r_{m\acute{a}x}} = \frac{I'z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{min} = \frac{I_{r_{min}}}{I_N} = \frac{2.78}{100} = 0.027 \leq K \leq K_{m\acute{a}x} = \frac{I_{r_{m\acute{a}x}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ I_r = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times I_r < I'z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times I_r < I_{cc2T}$

$$K_3 < \frac{I_{cc2T}}{I_r} = \frac{1500}{40} = 37.5, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < I_{cc2T} = 1500A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_{\mu}} > I_{SA} \rightarrow I_{c_{\mu}} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte ($I_{c_{\mu}}$) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Aire Acondicionado.

$(I_B = 7.99A, I'_z = 56A, I_{SA} = 23.69kA, I_{cc2_U} = 6300A)$

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 7.99A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{\min}} = I_B = 7.99A \rightarrow$ Como el relé TM16D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{\min}} = 7.99A \leq Ir \leq I_{r_{\max}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{\min} = \frac{I_{r_{\min}}}{I_N} = \frac{7.99}{100} = 0.079 \leq K \leq K_{\max} = \frac{I_{r_{\max}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < I_{cc2_U}$

$$K_3 < \frac{I_{cc2_U}}{Ir} = \frac{6300}{40} = 157.5, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < I_{cc2_U} = 6300A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_\mu} > I_{SA} \rightarrow I_{c_\mu} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte (I_{c_μ}) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Alumbrado Oficinas.

($I_B = 2.42A$, $I'_z = 56A$, $I_{SA} = 23.69kA$, $I_{cc2V} = 5010A$)

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 2.42A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{min}} = I_B = 2.42A \rightarrow$ Como el relé TM16D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{min}} = 2.42A \leq Ir \leq I_{r_{m\acute{a}x}} = \frac{I'_z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{min} = \frac{I_{r_{min}}}{I_N} = \frac{2.42}{100} = 0.024 \leq K \leq K_{m\acute{a}x} = \frac{I_{r_{m\acute{a}x}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $I_f = K \times Ir < I'_z$

$$I_f = 1.3 \times 40 = 52A < I'_z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < I_{cc2V}$

$$K_3 < \frac{I_{cc2V}}{Ir} = \frac{5010}{40} = 125.25, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < I_{cc2V} = 5010A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $I_{c_\mu} > I_{SA} \rightarrow I_{c_\mu} = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte (I_{c_μ}) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Cartel Luminoso.

$(I_B = 7.25A, I'z = 56A, I_{SA} = 23.69kA, Icc2_w = 5590A)$

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 7.25A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{min}} = I_B = 7.25A \rightarrow$ Como el relé TM16D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{min}} = 7.25A \leq Ir \leq Ir_{m\acute{a}x} = \frac{I'z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{min} = \frac{I_{r_{min}}}{I_N} = \frac{7.25}{100} = 0.072 \leq K \leq K_{m\acute{a}x} = \frac{Ir_{m\acute{a}x}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $If = K \times Ir < I'z$

$$If = 1.3 \times 40 = 52A < I'z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $Irm = K_3 \times Ir < Icc2_w$

$$K_3 < \frac{Icc2_w}{Ir} = \frac{5590}{40} = 139.75, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$Irm = 10 \times 40 = 400A < Icc2_w = 5590A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $Ic_\mu > I_{SA} \rightarrow Ic_\mu = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte (Ic_μ) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

Línea de Distribución Secundaria. Cuadro de Oficinas: Toma de Corriente de Oficinas.
 ($I_B = 7.75A, I'z = 56A, I_{SA} = 23.69kA, Icc2_x = 4530A$)

1) Condición de Térmico:

- $I_N = 100A > I_B = 7.75A \rightarrow$ Se elige el NS100N
- $I_{r_{min}} = I_B = 7.75A \rightarrow$ Como el relé TM16D sólo tiene tres escalones, se elige el STR22SE, por ser más ajustable.

$$I_{r_{min}} = 7.75A \leq Ir \leq I_{r_{máx}} = \frac{I'z}{K} = \frac{56}{1.3} = 43.07A$$

$$K_{min} = \frac{I_{r_{min}}}{I_N} = \frac{7.75}{100} = 0.077 \leq K \leq K_{máx} = \frac{I_{r_{máx}}}{I_N} = \frac{43.07}{100} = 0.43$$

$$\left[\begin{array}{l} K = K_1 \times K_2 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \\ Ir = K \times I_N = 0.4 \times 100 = 40A \end{array} \right.$$

- $If = K \times Ir < I'z$

$$If = 1.3 \times 40 = 52A < I'z = 56A$$

El cable está protegido frente a sobreintensidades.

2) Condición de Magnético

- $I_{rm} = K_3 \times Ir < Icc2_x$

$$K_3 < \frac{Icc2_x}{Ir} = \frac{4530}{40} = 113.25, \text{ se ajusta el relé STR22SE a } K_3 = 10.$$

$$I_{rm} = 10 \times 40 = 400A < Icc2_x = 4530A$$

El cable está protegido frente a cortocircuitos.

3) Poder de corte

- $Ic_\mu > I_{SA} \rightarrow Ic_\mu = 25kA > I_{SA} = 23.69kA$

Eligiendo el NS100N con Poder de Corte (Ic_μ) a 415 V de 25 kA es superior a la corriente máxima de cortocircuito de $I_{SA} = 23.69kA$.

A continuación presentamos unas tablas resumen en las que encontramos los diferentes interruptores automáticos que se han seleccionado para cada receptor, cumpliendo que:

- $If < I'z$ (siendo $If = K \times Ir$ con $K=1.3$ para los industriales y $K=1.45$ para los domésticos)
- $I_{rm} < Icc_{min}$
- $Ic_\mu > I_S$

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL

Línea de distribución	I_B (A)	I'_Z (A)	I_S (kA)	I_{CC2} (A)	Modelo	I_r (A)	I_{rm} (A)	I_f (A)	I_{c_μ} (kA)
L.G.A	281.17	384	23.69	----	NS400N STR23SE (40ms fijo)	272 K ₁ =0.8 K ₂ =0.85	2720 K ₃ =10	353.6	45

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIO

Línea de distribución	I_B (A)	I'_Z (A)	I_S (kA)	I_{CC2} (A)	Modelo	I_r (A)	I_{rm} (A)	I_f (A)	I_{c_μ} (kA)
LDP. CF1.	103.56	165.62	23.69	4800	NS160N STR22SE (40 ms fijo)	115.2 K ₁ =0.9 K ₂ =0.8	1152 K ₃ =10	149.76	36
LDP. CF2.	127.96	202.86	23.69	7770	NS160N TM160D	144 K ₁ ,K ₂ = 0.9	1440 K ₃ =10	187.2	36
LDP. CA.	31.05	56	23.69	2590	NS100N STR22SE (40 ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25
LDP. CO.	18.67	56	23.69	8280	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO DE FUERZA 1

Línea de distribución	I_B (A)	I'_Z (A)	I_S (kA)	I_{CC2} (A)	Modelo	I_r (A)	I_{rm} (A)	I_f (A)	I_{c_μ} (kA)
LDS. CF1. Aspirador	21.21	56	23.69	2630	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25
LDS. CF1. TM1 (Cortadora)	21.21	56	23.69	3690	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25
LDS. CF1. TM2 (Prensa)	30.51	56	23.69	2710	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25
LDS. CF1. TM3 (Ranuradora)	30.51	56	23.69	2880	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO DE FUERZA 2

Línea de distribución	I_B (A)	I'_Z (A)	I_S (kA)	I_{CC2} (A)	Modelo	I_r (A)	I_{rm} (A)	I_f (A)	I_{c_μ} (kA)
LDS. CF2. TM4 (Troqueladora)	31.69	56	23.69	5130	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25
LDS. CF2. TM5 (Plegadora - Encoladora)	37.84	56	23.69	5130	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25
LDS. CF2. TM6 (Cinta Transportadora)	21.21	56	23.69	3330	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25
LDS. CF2. TM7 (Cinta Elevadora)	21.21	56	23.69	3220	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25
LDS. CF2. TM8 (Grapadora)	15.44	56	23.69	4050	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO DE ALUMBRADO

Línea de distribución	I_B (A)	I'_Z (A)	I_S (kA)	I_{CC2} (A)	Modelo	I_r (A)	I_{rm} (A)	I_f (A)	I_{c_μ} (kA)
LDS. CA. Alumbrado 1	21.74	56	2.46	1500	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25
LDS. CA. Alumbrado 2	21.74	56	2.46	1500	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25
LDS. CA. Alumbrado 3	21.74	56	2.46	1500	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25
LDS. CA. Alumbrado 4	21.74	56	2.46	1500	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25
LDS. CA. Alumbrado As-Vs	3.79	56	2.95	1810	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25
LDS. CA. Alumbrado Almacén	2.78	56	2.46	1500	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 K ₁ =0.5 K ₂ =0.8	400 K ₃ =10	52	25

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO DE OFICINAS

Línea de distribución	I_B (A)	I'_Z (A)	I_S (kA)	I_{CC2} (A)	Modelo	I_r (A)	I_{rm} (A)	I_f (A)	I_{c_μ} (kA)
LDS. CO. Aire Acondicionado	7.99	56	10.51	6300	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 $K_1=0.5$ $K_2=0.8$	400 $K_3=10$	52	25
LDS. CO. Alumbrado Oficinas	2.42	56	8.24	5010	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 $K_1=0.5$ $K_2=0.8$	400 $K_3=10$	52	25
LDS. CO. Cartel Luminoso	7.25	56	9.23	5590	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 $K_1=0.5$ $K_2=0.8$	400 $K_3=10$	52	25
LDS. CO. Toma Corriente Ofic.	7.75	56	7.43	4530	NS100N STR22SE (40ms fijo)	40 $K_1=0.5$ $K_2=0.8$	400 $K_3=10$	52	25

2.5. Cálculo del sistema de protección contra contactos indirectos.

El sistema de protección utilizado contra contactos indirectos serán los interruptores diferenciales y la puesta a tierra.

La elección de los diferenciales viene acorde con la selectividad que debe haber entre ellos. Para conseguir una selectividad total se tiene que cumplir dos condiciones:

- La sensibilidad de los dispositivos aguas arriba, debe ser por lo menos el doble del dispositivo aguas abajo.
- El retardo del dispositivo aguas arriba tendrá que ser siempre superior al de aguas abajo.

Siguiendo el mismo catálogo empleado para la elección de los interruptores automáticos, pero fijándonos en los interruptores diferenciales, deducimos que:

- La sensibilidad del dispositivo de cabecera que protege la línea general de alimentación será de 1ª y de tipo DDR para poder ajustar su retardo sin sobrepasar el máximo delimitado.
- La sensibilidad de los dispositivos que protegen las líneas primarias será de 300mA y un tiempo de desconexión de 100mseg.
- La sensibilidad de los dispositivos que protegen las líneas secundarias tendrá un valor de 30mA y un tiempo de desconexión de 30mseg.

De esta forma nos aseguramos una selectividad total entre los interruptores diferenciales.

A continuación se presentan unas tablas resumen con todos los dispositivos empleados:

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL

Línea de distribución	Nº Polos	I_B (A)	In_A (A)	In_D (A)	U (V)	I_S (mA)	Ic_μ (kA)	Clase	Modelo
L.G.A	IV	281.17	400	400	400	300	45	---	Bloc Vigi MB

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIO

Línea de distribución	Nº Polos	I_B (A)	In_A (A)	In_D (A)	U (V)	I_S (mA)	Ic_μ (kA)	Clase	Modelo
LDP. CF1.	IV	103.56	160	160	400	300	36	---	Bloc Vigi MH
LDP. CF2.	IV	127.96	160	160	400	300	36	---	Bloc Vigi MH
LDP. CA.	IV	31.05	100	100	400	300	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDP. CO.	IV	18.67	100	100	400	300	25	AC	Bloc Vigi NC100

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO DE FUERZA 1

Línea de distribución	Nº Polos	I_B (A)	In_A (A)	In_D (A)	U (V)	I_S (mA)	Ic_μ (kA)	Clase	Modelo
LDS. CF1. Aspirador	III	21.21	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CF1. TM1 (Cortadora)	III	21.21	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CF1. TM2 (Prensa)	III	30.51	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CF1. TM3 (Ranuradora)	III	30.51	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO DE FUERZA 2

Línea de distribución	Nº Polos	I_B (A)	I_{n_A} (A)	I_{n_D} (A)	U (V)	I_S (mA)	I_{c_μ} (kA)	Clase	Modelo
LDS. CF2. TM4 (Troqueladora)	III	31.69	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CF2. TM5 (Plegadora - Encoladora)	III	37.84	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CF2. TM6 (Cinta Transportadora)	III	21.21	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CF2. TM7 (Cinta Elevadora)	III	21.21	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CF2. TM8 (Grapadora)	III	15.44	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO DE ALUMBRADO

Línea de distribución	Nº Polos	I_B (A)	I_{n_A} (A)	I_{n_D} (A)	U (V)	I_S (mA)	I_{c_μ} (kA)	Clase	Modelo
LDS. CA. Alumbrado 1	II	21.74	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CA. Alumbrado 2	II	21.74	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CA. Alumbrado 3	II	21.74	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CA. Alumbrado 4	II	21.74	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CA. Alumbrado As-Vs	II	3.79	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CA. Alumbrado Almacén	II	2.78	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO DE OFICINAS

Línea de distribución	Nº Polos	I_B (A)	In_A (A)	In_D (A)	U (V)	I_S (mA)	Ic_μ (kA)	Clase	Modelo
LDS. CO. Aire Acondicionado	III	7.99	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CO. Alumbrado Oficinas	II	2.42	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CO. Cartel Luminoso	II	7.25	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100
LDS. CO. Toma Corriente Ofic.	II	7.75	100	100	400	30	25	AC	Bloc Vigi NC100

Donde:

Nº Polos= número de polos

I_B = Corriente de servicio

In_A = Calibre interruptor automático, en amperios.

In_D = Calibre interruptor diferencial, en amperios.

U = Tensión, en voltios.

I_S = Sensibilidad, en miliamperios.

Ic_μ = Poder de corte, en kiloamperios.

2.5.1. Cálculo de la puesta a tierra.

Según el vigente reglamento ITC-BT-18, la puesta a tierra se dimensionará de forma que sus resistencias de tierra en cualquier circunstancia previsible no sean superiores al valor especificado por ella en cada caso. Este valor de la resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda llegar a tensiones de contacto superiores a 24 V.

Para el cálculo del electrodo se empleará la fórmula:

$$R = \frac{R_s}{L}$$

Correspondiente a un electrodo formado por picas verticales enterradas y en la que:

R_s = Resistividad del terreno que tiene un valor de 300 $\Omega \cdot m$
L= Longitud de las picas (m)
R= Resistencia a tierra (Ω)

Según la instrucción ITC BT 33, para auxiliares de obra se debe cumplir que:

$$R \leq \frac{24}{I_s}$$

Siendo:

I_s = Valor de la sensibilidad del interruptor diferencial a emplear (A), que para este caso es de 0.3 A.

$$R \leq \frac{24}{0.3} = 80\Omega$$

Aplicando este resultado a la fórmula obtenida anteriormente, se obtiene:

$$\frac{300}{L} \leq 80 \Rightarrow L \geq 3.75m$$

Se ha distribuido un anillo desnudo de cobre de 25 mm² uniendo las piquetas, siendo éstas cobreadas de 2 m de longitud, por lo que se necesitan dos para cada una de las diferentes tomas de tierra de que se disponen.

La instalación de toma de tierra así diseñada, dispondrá de tomas de tierra de valor de resistencia a tierra de:

$$\frac{300}{4.0} \leq 75\Omega$$

	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN PARA UNA FÁBRICA DE EMBALAJE DE CARTÓN
	POLÍGONO INDUSTRIAL LA PAHILLA CALLE COLLAO Nº 63 46930 CHIVA (VALENCIA)
3º	PLIEGO DE CONDICIONES

3. PLIEGO DE CONDICIONES

3.1. OBJETO

El objeto del presente Pliego de Condiciones Técnicas, es fijar algunas normas particulares para el buen desarrollo de los trabajos de instalación, así como establecer las características y requisitos de calidad mínimos de los materiales a emplear. Además de lo que aquí se especifica, se tendrán también en cuenta los requisitos incluidos en los planos y en el presupuesto.

En ningún caso, del contenido que aquí se expone, podrá desprenderse una justificación que exima del cumplimiento de la normativa vigente, siendo responsabilidad del contratista el cumplimiento de la misma.

3.2. ALCANCE DEL TRABAJO

En la ejecución de las obras del presente Proyecto, se incluyen los siguientes trabajos:

- El suministro de todos los materiales y la prestación de mano de obra y servicios necesarios para ejecutar las obras descritas en los planos y demás documentos y prescripciones vigentes.
- El suministro de muestras para la aceptación de materiales por parte de la Dirección Técnica. (D.T.)
- Obtención de certificados de conformidad o realización de pruebas necesarias en los materiales que solicite la D.T.
- Realización de replanteos o montajes de muestra a petición de la D.T.
- Prestación de las ayudas que sean necesarias para que la D.T. desarrolle su trabajo en la obra.
- Realización planos de Obra ejecutada.
- Pruebas de puesta en marcha.
- Suministrar a la Propiedad todos los documentos necesarios para la puesta en servicio, explotación y mantenimiento de las instalaciones.

3.2.1 Pautas de funcionamiento

Es cometido del instalador el suministro de todo el material, mano de obra, equipo, accesorios y la ejecución de todas las operaciones necesarias para el perfecto acabado y puesta a punto de las instalaciones descritas en cualquiera de los documentos que constituyen el proyecto: Memoria, Pliego de Condiciones, Planos y Presupuesto.

Los cuatro documentos: Memoria, Pliego de Condiciones, Presupuesto y Planos, son parte del proyecto. En caso de una posible discrepancia entre los anteriores, debe prevalecer el criterio que la Dirección Técnica de las instalaciones determine. La interpretación del proyecto, en los cuatro documentos citados es competencia exclusiva de la Dirección Técnica de la instalación.

Ante el incumplimiento de las pautas de funcionamiento citadas en los párrafos anteriores, la Dirección Técnica se reserva la posibilidad de ordenar el desmontaje de aquellos elementos que incumplan el proyecto.

3.2.2. Seguridad e higiene

Todo el personal empleado por el contratista en la realización de la obra, propios o subcontratados, deberán estar al corriente del pago de las cuotas de la Seguridad Social.

Además, el contratista estará obligado al cumplimiento de las leyes en materia de Seguridad e Higiene en el trabajo, Contrato de Trabajo y cualquier otra clase de normativa legal que, sobre la materia, se promulguen en lo sucesivo.

Para el visado en el Colegio profesional y la obtención de la Licencia Municipal y demás autorizaciones y trámites por parte de las distintas Administraciones Públicas es necesario incluir, como anexo al Proyecto de Ejecución de obra, el Estudio de Seguridad e Higiene, de acuerdo al Real Decreto 337/2010, de 24 de agosto. La redacción de este Estudio correrá a cargo del contratista y deberá ajustarlo a las necesidades reales de la obra.

Los elementos de higiene requeridos (casetas, aseos, vestuarios, comedor, etc.), de acuerdo al personal necesario para realizar todos sus trabajos, serán por cuenta del contratista.

3.2.3. Riesgos

Las obras se ejecutarán, en cuanto a coste, plazo y regla del arte, a riesgo y ventura del contratista, sin que éste tenga, por tanto, derecho a indemnización alguna por causa de pérdidas, perjuicios o averías. A estos efectos, el Instalador no podrá alegar desconocimiento de situación, comunicaciones, características de la obra, etc.

El contratista será responsable de los daños causados en sus instalaciones y materiales en caso de incendio, robo, cualquier clase de catástrofe atmosférica, etc., debiendo cubrirse de tales riesgos mediante un seguro.

Asimismo, el contratista deberá disponer de Seguro de Responsabilidad Civil frente a terceros, por los daños y perjuicios que, directa o indirectamente, por omisión o negligencia, se puedan ocasionar a personas, animales o bienes como consecuencia de los trabajos por él efectuados o por la actuación del personal de su plantilla o subcontrata.

3.3. CALIDAD DE MATERIALES

Los materiales y equipos utilizados en las instalaciones deberán ser utilizados en la forma y para la finalidad que fueron fabricados. Los incluidos en el campo de aplicación de la reglamentación de trasposición de las Directivas de la Unión Europea deberán cumplir con lo establecido en las mismas.

En lo no cubierto por tal reglamentación se aplicarán los criterios técnicos preceptuados por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

En particular, se incluirán junto con los equipos y materiales las indicaciones necesarias para su correcta instalación y uso, debiendo marcarse con las siguientes indicaciones mínimas:

- a) Identificación del fabricante, representante legal o responsable de la comercialización.
- b) Marca y modelo.
- c) Tensión y potencia (o intensidad) asignadas.
- d) Cualquier otra indicación referente al uso específico del material o equipo, asignado por el fabricante.

La capacidad de los equipos será según se especifica en los documentos del Proyecto.

Los equipos y materiales se instalarán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante correspondiente, siempre que no contradigan las de estos documentos.

3.3.1. Conductores eléctricos

3.3.1.1. Redes aéreas

Conductores

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas y serán preferentemente aislados.

Conductores aislados

Los conductores aislados serán de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV tendrán un recubrimiento tal que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie y deberán satisfacer las exigencias especificadas en la norma UNE 21030-1. La sección mínima permitida en los conductores de aluminio será de 16 mm², y en los de cobre de 10 mm². La sección mínima correspondiente a otros materiales será la que garantice una resistencia mecánica y conductividad eléctrica no inferiores a las que corresponden a los de cobres anteriormente indicados.

Conductores desnudos

Los conductores desnudos serán resistentes a las acciones de la intemperie y su carga de rotura mínima a la tracción será de 410 daN debiendo satisfacer las exigencias especificadas en las normas UNE 207015 o UNE 21.018 según que los conductores sean de Cobre o de Aluminio. Se considerarán como conductores desnudos aquellos conductores aislados para una tensión nominal inferior a 0,6/1 kV. Su utilización tendrá carácter especial debidamente justificado, excluyendo el caso de zonas de arbolado o con peligro de incendio.

Aisladores

Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otros materiales aislantes equivalentes que resistan las acciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión, debiendo ofrecer la misma resistencia a los esfuerzos mecánicos y poseer el nivel de aislamiento de los aisladores de porcelana o vidrio. La fijación de los aisladores a sus soportes se efectuará mediante roscado o cementación a base de sustancias que no ataquen ninguna de las partes, y que no sufran variaciones de volumen que puedan afectar a los propios aisladores o a la seguridad de su fijación.

Accesorios de sujeción

Los accesorios que se empleen en las redes aéreas deberán estar debidamente protegidos contra la corrosión y envejecimiento, y resistirán los esfuerzos mecánicos a que puedan estar sometidos, con un coeficiente de seguridad no inferior al que corresponda al dispositivo de anclaje donde estén instalados.

Apoyos

Los apoyos podrán ser metálicos, de hormigón, madera o de cualquier otro material que cuente con la debida autorización de la Autoridad competente, y se dimensionarán de acuerdo con las hipótesis de cálculo indicadas en la instrucción correspondiente. Deberán presentar una resistencia elevada a las acciones de la intemperie, y en el caso de no presentarla por si mismos deberán recibir los tratamientos adecuados para tal fin.

Tirantes y tornapuntas

Los tirantes estarán constituidos por varillas o cables metálicos, debidamente protegidos contra la corrosión, y tendrán una carga de rotura mínima de 1.400 daN. Los tornapuntas, podrán ser metálicos, de hormigón, madera o cualquier otro material capaz de soportar los esfuerzos a que estén sometidos, debiendo estar debidamente protegidos contra las acciones de la intemperie. Deberá restringirse el empleo de tirantes y tornapuntas.

3.3.1.2. Redes subterráneas

Cables

Los conductores de los cables utilizados en las líneas subterráneas serán de cobre o de aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar

sometidos. Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, y deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNE-HD 603-1. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm² para conductores de cobre y a 16 mm² para los de aluminio.

Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será:

- a) Con dos o tres conductores: Igual a la de los conductores de fase.
- b) Con cuatro conductores, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla 1.

3.3.1.3. Acometidas

Los cables posados sobre fachada serán aislados de tensión asignada 0,6/1 kV y su instalación se hará preferentemente, bajo conductos cerrados o canales protectoras con tapa desmontable con la ayuda de un útil. Los tramos en que la acometida quede a una altura sobre el suelo inferior a 2,5 m, deberán protegerse con tubos o canales rígidos de las características indicadas en la tabla siguiente y se tomarán las medidas adecuadas para evitar el almacenamiento de agua en estos tubos o canales de protección. El cumplimiento de estas características se verificará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 61386-21 para tubos rígidos y UNE-EN 50085-1 para canales. Para los cruces de vías públicas y espacios sin edificar y dependiendo de la longitud del vano, los cables podrán instalarse amarrados directamente en ambos extremos, bien utilizando el sistema para acometida tensada, bien utilizando un cable fiador, siempre que se cumplan las condiciones de la ITC-BT-07. Estos cruces se realizarán de modo que el vano sea lo más corto posible, y la altura mínima sobre calles y carreteras no será en ningún caso inferior a 6 m. En edificaciones de interés histórico o artístico o declarado como tal se tratará de evitar este tipo de acometidas.

Características de los cables y conductores

Los conductores o cables serán aislados, de cobre o aluminio y los materiales utilizados y las condiciones de instalación cumplirán con las prescripciones establecidas en la ITC-BT-06 y la ITC-BT-07 para redes aéreas o subterráneas de distribución de energía eléctrica respectivamente. Por cuanto se refiere a las secciones de los conductores y al número de los mismos, se calcularán teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Máxima carga prevista de acuerdo con la ITC-BT-10.
- Tensión de suministro.
- Intensidades máximas admisibles para el tipo de conductor y las condiciones de su instalación.
- La caída de tensión máxima admisible. Esta caída de tensión será la que la empresa distribuidora tenga establecida, en su reparto de caídas de tensión en los elementos que constituyen la red, para que en la caja o cajas generales de protección esté dentro de los límites establecidos por el Reglamento por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

3.3.1.4. Derivaciones individuales

Derivación individual es la parte de la instalación que, partiendo de la línea general de alimentación suministra energía eléctrica a una instalación de usuario.

La derivación individual se inicia en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección.

Las derivaciones individuales estarán constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil.

Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN 61439-1. Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y contruidos al efecto.

En los casos anteriores, los tubos y canales así como su instalación, cumplirán lo indicado en la ITC-BT-21, salvo en lo indicado en la presente instrucción. Las canalizaciones incluirán, en cualquier caso, el conductor de protección. Cada derivación individual será totalmente independiente de las derivaciones correspondientes a otros usuarios.

CABLES

El número de conductores vendrá fijado por el número de fases necesarias para la utilización de los receptores de la derivación correspondiente y según su potencia, llevando cada línea su correspondiente conductor neutro así como el conductor de protección. En el caso de suministros individuales el punto de conexión del conductor de protección, se dejará a criterio del proyectista de la instalación.

Además, cada derivación individual incluirá el hilo de mando para posibilitar la aplicación de diferentes tarifas. No se admitirá el empleo de conductor neutro común ni de conductor de protección común para distintos suministros. A efecto de la consideración del número de fases que compongan la derivación individual, se tendrá en cuenta la potencia que en monofásico está obligada a suministrar la empresa distribuidora si el usuario así lo desea.

Los cables no presentarán empalmes y su sección será uniforme, exceptuándose en este caso las conexiones realizadas en la ubicación de los contadores y en los dispositivos de protección. Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares, siendo su tensión asignada 450/750 V. Se seguirá el código de colores indicado en la ITC-BT-19.

Para el caso de cables multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados, el aislamiento de los conductores será de tensión asignada 0,6/1 kV.

Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.

La sección mínima será de 6 mm² para los cables polares, neutro y protección y de 1,5 mm² para el hilo de mando, que será de color rojo.

3.3.1.5. Instalaciones interiores o receptoras

CONDUCTORES ACTIVOS

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados, excepto cuando vayan montados sobre aisladores, tal como se indica en la ITC-BT-19. 2.2.2 Sección de los conductores y Caídas de tensión. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las Instrucciones particulares, menor del 3 % de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos.

Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.

El número de aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente, se determinará en cada caso particular, de acuerdo con las indicaciones incluidas en las instrucciones del presente reglamento y en su defecto con las indicaciones facilitadas por el usuario considerando una utilización racional de los aparatos.

INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE-HD 60364-5-52 y su anexo Nacional. En la siguiente tabla se indican las intensidades admisibles para una temperatura ambiente del aire de 40° C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cables. Para otras temperaturas, métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable, así como para conductores enterrados, consultar la Norma UNE-HD 60364-5-52.

CABLES DE BAJA TENSIÓN

Todos los conductores serán de cobre salvo indicación expresa en los documentos del Proyecto donde se especifique que deba ser de aluminio. La proporción mínima en cobre electrolítico será del 99%.

Los cables podrán ser del tipo, aislamiento y sección que se indica en las tablas de cálculo de secciones y en los planos del proyecto. Los tipos de cables admitidos, según su aplicación son los siguientes:

USO	TENSIÓN ASIGNADA	NORMA BÁSICA	DESIGNACIÓN	APLICACIONES
Interior Rígido	450/750V	UNE 21031	H07V-U H07-R	Instalación en conductos situados sobre superficies o empotrados.
Interior Flexible	450/750V	UNE 21031	H07V-K	Instalación en conductos situados sobre superficies o empotrados.
Intemperie o Interior Rígido	0,6/1 kV	UNE 21123	RV	Acometidas, líneas repartidoras, alumbrado público, instalaciones industriales, al aire o enterrado.
Exento de halógenos	0,6/1 kV	UNE 21123	p, X	Lugares con riesgo de incendio, y de difícil aireación.
Intemperie o Interior Flexible	0,6/1 kV	UNE 21123	W-K RV-K DN-K	Acometidas, líneas repartidoras, alumbrado público, instalaciones industriales, al aire o enterrado, con recorridos sinuosos

Siempre que los elementos de la instalación lo permitan, se efectuarán las conexiones con terminales de presión. En cualquier caso, se retirará la envoltura imprescindible para realizar el acoplamiento con terminales o bornes de conexión. No se admitirán conexiones donde el cable pelado sobresalga del borne o terminal.

Cada circuito será en una sola tirada de cable, permitiéndose empalmes que juzgará la Dirección Técnica.

Las derivaciones se realizarán siempre mediante bornes o kits. No se permitirán empalmes de torsión con aislamiento de cinta.

Las líneas de acometida y las líneas repartidoras (hasta los cuadros secundarios) estarán constituidas con cable con una tensión nominal de aislamiento de 0.6/1 kV.

Los cables de tensión nominal 0,6/1 kV tendrán la cubierta de color negro; cada fase se marcará con la letra correspondiente, tanto a la entrada como a la salida de los interruptores automáticos, de cualquier aparato de corte y en las cajas de conexión.

3.3.1.6 Alumbrado público

Cables

Los cables serán multipolares o unipolares con conductores de cobre y tensión asignada de 0,6/1 kV. El conductor neutro de cada circuito que parte del cuadro, no podrá ser utilizado por ningún otro circuito.

Redes subterráneas

Se emplearán sistemas y materiales análogos a los de las redes subterráneas de distribución reguladas en la ITC-BT-07. Los cables serán de las características especificadas en la UNE 21123-1, e irán entubados; los tubos para las canalizaciones subterráneas deben ser los indicados en la ITC-BT-21 y el grado de protección mecánica el indicado en dicha instrucción, y podrán ir hormigonados en zanja o no. Cuando vayan hormigonados el grado de resistencia al impacto será ligero según UNE-EN 61386-24.

Los tubos irán enterrados a una profundidad mínima de 0,4 m del nivel del suelo medidos desde la cota inferior del tubo y su diámetro interior no será inferior a 60 mm. 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. La sección mínima a emplear en los conductores de los cables, incluido el neutro, será de 6 mm².

En distribuciones trifásicas tetrapolares, para conductores de fase de sección superior a 6 mm², 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.

Redes aéreas

Se emplearán los sistemas y materiales adecuados para las redes aéreas aisladas descritas en la 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. La sección mínima a emplear, para todos los conductores incluido el neutro, será de 4 mm². En distribuciones trifásicas tetrapolares con conductores de fase de sección superior a 10 mm², la sección del neutro será como mínimo la mitad de la sección de fase. En caso de ir sobre apoyos comunes con los de una red de distribución, el tendido de los cables de alumbrado será independiente de aquel.

Redes de control y auxiliares

Se emplearán sistemas y materiales similares a los indicados para los circuitos de alimentación, la sección mínima de los conductores será 2,5 mm².

3.3.2. Conductores de protección

Se aplicará lo indicado en la Norma UNE-HD 60364-5-54. Como ejemplo, para los conductores de protección que estén constituidos por el mismo metal que los conductores de fase o polares, tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla 2, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación; en caso de que sean de distinto material, la sección se determinará de forma que presente una conductividad equivalente a la que resulta de aplicar la tabla 2. En la instalación de los conductores de protección se tendrá en cuenta:

- Si se aplican diferentes sistemas de protección en instalaciones próximas, se empleará para cada uno de los sistemas un conductor de protección distinto. Los sistemas a utilizar estarán de acuerdo con los indicados en la norma UNE-HD 60364-5-54. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia mecánica, según ITC-BT-21 para canalizaciones empotradas.
- Se utilizará un conductor de protección común para instalaciones de tensiones nominales diferentes.
- Si los conductores activos van en el interior de una envolvente común, se recomienda incluir también dentro de ella el conductor de protección, en cuyo caso presentará el mismo aislamiento que los otros conductores. Cuando el conductor de protección se instale fuera de esta canalización seguirá el curso de la misma.
- En una canalización móvil todos los conductores incluyendo el conductor de protección, irán por la misma canalización.
- En el caso de canalizaciones que incluyan conductores con aislamiento mineral, la cubierta exterior de estos conductores podrá utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes, siempre que su continuidad quede perfectamente asegurada y su conductividad sea como mínimo igual a la que resulte de la aplicación de la Norma UNE-HD 60364-5-54.
- Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de los elementos de la construcción.

3.3.2.1. Puesta a tierra

En toda nueva edificación se establecerá una toma de tierra de protección siguiéndose para ello uno de los siguientes sistemas:

- a) Instalando en el fondo de las zanjas de cimentación de los edificios (naves), y antes de empezar ésta, un cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima de 35 milímetros cuadrados, o un cable de acero galvanizado de 95 milímetros cuadrados, formando un anillo cerrado que interese a todo el perímetro de la nave a este anillo cerrado deberán conectarse electrodos verticalmente hincados en el terreno cuando, se prevea la necesidad de disminuir la resistencia de tierra que pueda presentar el conductor en anillo. Cuando se trate de construcciones que comprendan varias naves próximas se procurará unir entre sí los anillos que forman la toma de tierra de cada uno de ellos, con objeto de formar una malla de la mayor extensión posible.
- b) Situando en patios de luces o en jardines particulares del edificio uno o varios electrodos de características adecuadas.

Al conductor en anillo, o bien a los electrodos, se conectarán, en su caso, la estructura metálica del edificio o, cuando la cimentación del mismo se haga a

base de zapatas de hormigón armado, un cierto número de hierros de los considerados principales y como mínimo uno por zapata.

Estas conexiones se establecerán por soldadura aluminotérmica.

Los electrodos serán de metales inalterables a la humedad y a la acción química del terreno, tal como el cobre o el hierro galvanizado.

La sección de un electrodo no debe ser inferior a 1/4 de la sección del conductor que constituye la línea principal de tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas; o punto de puesta a tierra
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la norma UNE-EN 60228. El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m. Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación.

Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.

Las envolventes de plomo y otras envolventes de cables que no sean susceptibles de deterioro debido a una corrosión excesiva, pueden ser utilizadas como toma de tierra, previa autorización del propietario, tomando las precauciones debidas para que el usuario de la instalación eléctrica sea advertido de los cambios del cable que podría afectar a sus características de puesta a tierra.

CONDUCTORES DE TIERRA

La sección de los conductores de tierra tiene que satisfacer las prescripciones del apartado 3.4 de la Instrucción de tomas de tierra del REBT y, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores de la tabla 1. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

BORNES DE PUESTA A TIERRA

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra,
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

CONDUCTORES DE EQUIPOTENCIALIDAD

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm². Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm², si es de cobre. Si el conductor suplementario de equipotencialidad uniera una masa a un elemento conductor, su sección no será inferior a la mitad de la del conductor de protección unido a esta masa. La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso. Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

SEPARACION ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACION Y DE LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACION

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia, entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.
- b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (<100 ohmios.m).

PLACAS ENTERRADAS

Las placas de cobre tendrán un espesor mínimo de 2 mm y las de hierro galvanizado de 2,5mm. En ningún caso la superficie útil de la placa será inferior a 0,5 m². Se colocarán en el terreno en posición vertical y en el caso en que sea necesaria la colocación de varias placas, se separarán unos 3 metros unas de otras.

PICAS VERTICALES

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- Tubos de acero galvanizado de 25mm de diámetro exterior, como mínimo.
- Perfiles de acero dulce galvanizado de 60mm. de lado, como mínimo.
- Barras de cobre o de acero de 14mm. de diámetro como mínimo, las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 m. Si son necesarias dos picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas es recomendable que sea igual, por lo menos, a la longitud enterrada de las mismas.

CONDUCTORES ENTERRADOS VERTICALMENTE

Estos conductores pueden ser:

- Conductores o cables de cobre desnudo de 35 mm² de sección, como mínimo.
- Alambres de acero de, como mínimo, 20 mm² de sección cubiertos con una capa de cobre de 6 mm² como mínimo.

Los electrodos deberán estar enterrados a una profundidad nunca menor de 50 cm. No obstante, si la capa superficial del terreno tiene una resistividad pequeña y las capas más profundas son de elevada resistividad, la profundidad de los electrodos puede reducirse a 30 cm.

De cualquier forma, los conductores no podrán ser, en ningún caso, de menos de 16 mm² de sección para las líneas principales de tierra ni de 35 mm² para las líneas de enlace con tierra, si son de cobre.

La distancia de cualquier punto de la base del edificio al electrodo no debe ser mayor de 10 m. Si existieran zonas en las que se superara esta distancia, deberán derivarse del anillo ramales de pletina o cable instalados debajo de cimentaciones de tabiques.

Cada edificio dispondrá, como mínimo, de tres bornes principales de tierra derivados directamente del electrodo, y distribuidos a lo largo de su perímetro.

3.3.3. Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección.

Los cables de tensión nominal 0,6/1 kV tendrán la cubierta de color negro; cada fase se marcará con la letra correspondiente, tanto a la entrada como a la salida de los interruptores automáticos, de cualquier aparato de corte y en las cajas de conexión.

En los circuitos constituidos por cable tipo V-750 bajo tubo que alimenten cualquier tipo de equipo, se cuidará que cada conductor tenga su propio color, independientemente al de los demás, según el siguiente código:

Fase R - Marrón
Fase S - Negro
Fase T - Gris
Neutro - Azul
Tierra - Amarillo-verde

En todos los casos, e independientemente del tipo de cable que constituya un circuito, todos los conductores irán numerados sobre el propio cable para su identificación. La numeración se corresponderá con la denominación que se da en los planos a dicho circuito.

Los rótulos de numeración serán, según el diámetro del cable, del tipo anillo insertable o del tipo tarjetero, de letra y número indeleble, en letras tipo imprenta mayúsculas y fácilmente legibles.

3.3.4. Tubos y canales protectoras

3.3.4.1. Tubos

Generalidades

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituídos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

UNE-EN 61386-21:2005/A11:2011. Sistemas de tubos rígidos.

UNE-EN 61386-22:2005/A11:2011. Sistemas de tubos curvables.

UNE-EN 61386-23:2005/A11:2011. Sistemas de tubos flexibles.

UNE-EN 61386-24:2005/A11:2011. Sistemas de tubos enterrados bajo tierra.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60423:2008. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 61386-24:2005/A11.

Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior. El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante. En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por el Reglamento 305/2011, de 9 de marzo. Por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción.

Características mínimas de los tubos, en función del tipo de instalación

a) Tubos en canalizaciones fijas en superficie

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables.

b) Tubos en canalizaciones empotradas

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles y sus características mínimas se describen en la tabla 3 de la ITC para tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra y en la tabla 4 para tubos empotrados embebidos en hormigón. Las canalizaciones ordinarias precableadas destinadas a ser empotradas en ranuras realizadas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos) serán flexibles o curvables y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la tabla 4.

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 61386-21/A11, para tubos rígidos y UNE-EN 61386-22/A11, para tubos curvables.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 2 de la ITC figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LOS TUBOS

La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir lo indicado a continuación y en su defecto lo prescrito en la norma UNE-HD 60364-5-52 y en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

Montaje fijo en superficie

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2%.
- Conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 centímetros.
- Podrán ser de P.V.C. o de acero según se especifique, e irán provistos de rosca. La superficie interior será lisa y libre de rugosidades.
- Los de acero serán con soldadura continua y su acabado será electrogalvanizado. Los de P.V.C. irán acabados en color negro o gris-azulado, según lo indique la Dirección Técnica.
- La unión de tubos entre sí se hará con manguitos del mismo material y acabado, debiendo quedar los tubos a tope sin que se vea ningún hilo de rosca.
- La unión de tubos rígidos a tubos flexibles se hará mediante racores especiales a tal fin.
- Cuando sea preciso realizar codos en los tubos a lo largo de un recorrido se tendrá presente que como máximo la suma de ángulos entre dos cajas o equipos consecutivos será de 270°.

- Los tubos se fijarán en obra utilizando elementos de fijación convenientemente tratados contra la corrosión. Todas las uniones roscadas de los tubos se harán herméticas empleando una pasta selladora adecuada. Queda expresamente prohibida la fijación de tubos con yeso o cemento, hilos o alambres y cualquier sistema que no sea el recomendado por el fabricante.
- Todo el material auxiliar, codos, manguitos de empalmes y derivación, etc., que se utilicen en estas instalaciones de tubo rígido tendrá las mismas características exigidas para los tubos. Las roscas estarán perfectamente acopladas y la unión se hará sin utilizar estopa, sino por medio de un sellador adecuado, asegurando la total estanqueidad en el conjunto de la instalación.
- No se permitirá la instalación de cajas metálicas de empalme, tiraje o derivación en conductos de PVC.
- En este caso, las cajas de derivación serán de material aislante e incombustible, garantizando la clase de protección especificada.
- Se prohíbe, terminantemente, el uso de tubo o elementos de plástico propagadores de incendio o que presenten un nivel de emisión de humos tóxicos superior al admitido por la legislación o normativa vigente. El material de PVC tiene que presentar certificados en este sentido.
- Todas las cajas de derivación, incluso las empotradas más pequeñas, incluirán regleta de bornes de conexión.
- En ningún caso se permitirán derivaciones sin utilizar cajas de derivación. En su montaje se tendrá cuidado de mantener el grado de protección general para toda la instalación eléctrica, evitando el deterioro de juntas, prensaestopas, etc. En las entradas de los tubos a las cajas se emplearán tuercas en la parte exterior e interior, así como protector de hilos en la parte interior. Todo ello será de material plástico aislante del mismo tipo que el tubo y de manera que el conducto quede firmemente fijado a la caja.
- El cortado de los tubos se realizará a máquina o con sierra de dientes finos. El corte estará a escuadra y debidamente desbarbado. Los codos, doblados o desviaciones se evitarán siempre que sea posible. Cuando sea imprescindible, se realizarán con herramientas especiales sin que, en ningún tramo de la curva se deforme la sección del tubo.
- No se permitirá el curvado de tubos de PVC por aplicación directa de llama. En los recorridos paralelos a tuberías de agua, calefacción, etc., la distancia mínima a las mismas será de 300 mm. Si se tratase de propano o butano, se atenderá al más estricto cumplimiento de las vigentes reglamentaciones de G.L.P.
- Los tubos de PVC irán soportados a no más de 30 cm. de cualquier terminación o empalme y a no menos de 75 cm. en tramos rectos, y no en menos de tres puntos en las curvas.
- Los tubos metálicos se soportarán cada 120 cm y a no menos de 30 cm. de cada caja o accesorio de salida, y en no menos de tres puntos en las curvas.
- El adjudicatario adoptará por su cuenta las medidas necesarias para que en el transcurso de la obra no se acumule el polvo, yeso o basuras en los tubos, accesorios y cajas.
- Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin ningún tipo de deformación, 70 °C permanentes.

- Las cajas o registros para la introducción de conductores no estarán separadas entre ellas más de 15 m., y entre dos consecutivas no habrá más de dos codos, cuando esto pueda ocurrir, se instalará entre medias una caja para facilitar el tendido. Las curvas no serán de radio menor a diez veces el diámetro interior del tubo.
- Los tramos de conducto de PVC rígido no serán superiores a 3 m., procediéndose a efectuar empalmes, teniendo en cuenta la expansión y contracción del PVC, si el local está sujeto a cambios bruscos de temperatura.
- Se tomarán las medidas necesarias para evitar condensaciones interiores (tendido en pendiente ligera, ventilación, etc).
- Los tubos vistos se dispondrán a una altura mínima de tres metros sobre el suelo, si no se indica lo contrario por parte de la Dirección de Obra.
- El número máximo de conductores dentro del tubo, tanto si son del tipo RV-0.6/1 Kv. como del 750V., se ajustará en cualquier momento al que se describe en la MI-13T 021.
- Cuando se tiendan más de cinco conductores por tubo o conductores de secciones diferentes, la sección interior del tubo será, como mínimo, igual a tres veces la sección ocupada por los conductores.

Montaje fijo empotrado

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, las recomendaciones de la tabla 8 y las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, del suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

Montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones: La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros. Se prestará especial atención para que las características de la instalación establecidas en la tabla 6 se conserven en todo el sistema especialmente en las conexiones.

3.3.4.2. Canales protectoras o bandejas

Generalidades

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no perforadas, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable, según se indica en la ITC-BT-01 "Terminología". Las canales serán conformes a lo dispuesto en las normas de la serie UNE-EN 50085 y se clasificarán según lo establecido en la misma. Las características de protección deben mantenerse en todo el sistema. Para garantizar éstas, la instalación debe realizarse siguiendo las instrucciones del fabricante. En las canales protectoras de grado IP4X o superior y clasificadas como "canales con tapa de acceso que solo puede abrirse con herramientas" según la norma UNE-EN 50085-1, se podrá:

- a) Utilizar conductor aislado, de tensión asignada 450/750 V.
- b) Colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corrientes, dispositivos de mando y control, etc., en su interior, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- c) Realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

En las canales protectoras de grado de protección inferior a IP4X o clasificadas como "canales con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas", según la norma UNE-EN 50085-1, sólo podrá utilizarse conductor aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LAS CANALES

Prescripciones generales

- La instalación y puesta en obra de las canales protectoras deberá cumplir lo indicado en la norma UNE-HD 60364-5-52 y en las Instrucciones ITC-BT-19 e ITC-BT-20.
- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.
- Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.
- No se podrán utilizar las canales como conductores de protección o de neutro, salvo lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-18 para canalizaciones prefabricadas.
- La tapa de las canales quedará siempre accesible.

Bandejas

- Se utilizarán bandejas perforadas, de PVC o de acero, según el caso. No se permitirá la realización de conexiones en su interior sin utilizar cajas de conexión o de derivación.
- Las bandejas de PVC tendrán un grado de protección mínimo garantizado de (IPXX9), de estructura alveolar hueca. Serán de un material auto extinguido según norma UNE 53315, con un grado FH-1 UL94VO y sin desprendimiento de gases tóxicos en caso de incendio. Todo ello se probará documentalmente.
- Las bandejas metálicas serán de acero, galvanizado por inmersión en caliente, El espesor del galvanizado estará comprendido entre 80 y 100 micras. En aplicaciones de interior podrán ser con acabado fosfatado y pintura epoxi polimerizada al horno, con una duración mínima de 500 horas en el ensayo de cámara de niebla salina. El espesor mínimo de la chapa será de 2 mm. Se garantizará la continuidad eléctrica de las bandejas metálicas conectando los tramos consecutivos con conductor de cobre con una sección mínima de 16 mm² o latiguillos flexibles de cobre de 50 mm² de sección.
- También será factible la utilización de bandejas tipo "escalera" siempre y cuando se evite la formación de lazadas en el tendido de los conductores.
- La bandeja irá provista, obligatoriamente, de tapa.
- Por regla general se instalarán las bandejas según los planos horizontales, evitando en la medida de lo posible la colocación de bandejas según planos verticales. No se aceptarán cambios de dirección o de plano que presenten aristas vivas, con el fin de evitar daños en la cubierta de los conductores. A este efecto se realizarán los cambios de dirección y de plano adaptando la forma de las bandejas en los tramos correspondientes, o a la forma de líneas rectas con ángulos máximos de 45°.
- Para cambios de plano, cambios de dirección, derivaciones, etc., se emplearán elementos apropiados y suministrados por el fabricante de la bandeja y realizados con el mismo tipo de material (codos, curvas, etc.).
- Las bandejas se dimensionarán de acuerdo con el número de cables a instalar, siendo de carácter obligatorio la previsión de un espacio de reserva del 25% de la amplitud total para futuras ampliaciones.
- Todos los cables se sujetarán a la bandeja con abrazaderas de PVC, cada 50 cm. en tramos rectos verticales, 75 cm. en tramos horizontales y en tres puntos en las curvas. Se prohíbe la utilización, con dicha finalidad, de alambres o trozos de cable retorcidos. Se utilizarán etiquetas de PVC para la identificación de las líneas en la bandeja; se colocará una etiqueta, al menos, cada 5 m. y en el inicio y final de la línea y en las derivaciones.
- Se comprobarán las uniones, fijaciones, alineación y nivelación de las bandejas y soportes. Todas las uniones, cambios de dirección y de nivel se realizarán única y exclusivamente utilizando los accesorios recomendados por el fabricante.
- Por necesidades del montaje se han de colocar unas bandejas encima de las otras, se situarán de manera que entre ellas quede un espacio suficiente para poder trabajar cómodamente en la que ocupa la posición inferior. Las bandejas deben ser registrables en todo su perímetro, salvo en los pasos de muros y forjados y como mínimo, la tapa estará como mínimo a unos 15 cm del techo para facilitar la colocación de los cables.

- Las bandejas no se situarán paralelamente por debajo de otras canalizaciones no eléctricas, excepto en el caso en que se tomen medidas para protegerlas contra posibles corrupciones, condensaciones o inundaciones. En cualquier caso la separación de las bandejas con otras canalizaciones no será inferior a 10 cm. o la distancia necesaria para evitar temperaturas peligrosas, si fuese el caso.

3.3.5. Cajas de empalme y derivación

Cajas para instalaciones sin protección especial

Si la instalación está realizada con tubos de plástico, las cajas serán de plástico; en el caso de tubos metálicos, se utilizarán cajas de acero o de aleación ligera de un espesor mínimo de 1 mm. En el caso de cajas metálicas, estas estarán puestas a tierra.

Las cajas de instalación superficial serán del tipo estanco. No se admitirán cajas de empotrar en instalación superficial.

Tendrán taladros troquelados semicortados para las entradas de los tubos en los cuatro costados.

Los taladros que se realicen en el costado de la caja para la entrada de tubos, se cortarán cuidadosamente de modo que la diferencia entre el diámetro de taladro y el diámetro del tubo sea mínima. En cualquier caso se utilizarán siempre pasa cables elásticos o prensaestopas.

Las tapas serán del mismo material y acabado que las cajas e irán atornilladas a los mismos al menos por dos puntos. Cuando se instalen estas cajas en zonas nobles, donde la tapa quede vista, esta última estará tratada con resinas epoxi (plastificada) y el color lo decidirá, en obra, la Dirección Técnica. Si existe falso techo, estas cajas se montarán en la zona que queda oculta.

Las dimensiones mínimas de caja a utilizar serán 100 x 100 mm. El perímetro de la caja será, al menos, un 50 % superior a la suma de los diámetros exteriores de todos los tubos que en ella concurren. El fondo de la caja será, por lo menos, un 50 % mayor que el diámetro exterior del tubo más grande. Las cajas que vayan instaladas superficialmente se fijarán a paredes o forjados al menos por dos puntos. En ningún caso se fijarán a viguetas pretensadas.

En las cajas empotradas, la tapa quedará enrasada con los paramentos.

Derivaciones

Todos los empalmes de conductores se harán en las correspondientes cajas. Todas las regletas de bornes irán selladas en el fondo de la caja sin perforarla, no admitiéndose empalmes entre conductores por dobladura y posterior encintado.

Los cables de las cajas se ordenarán convenientemente para presentar una apariencia correcta. No se admitirá que los cables pasen rectos por las cajas, de manera que se disponga de cable suficiente para entroncamientos, conexiones, etc., que puedan precisarse en el futuro.

No se admitirán las cajas que presenten defecto o lleguen rotas, bien sea por origen, transporte u ocasionado durante el montaje.

Las entradas y salidas de cables o cajas de derivación o de otro tipo, se realizarán mediante prensaestopas de alojamiento cónico, no admitiéndose los de alojamiento plano.

Todas las conducciones para galerías de servicio irán soportadas por bandejas metálicas y conectadas a tierra en diversos puntos de su recorrido.

CONEXIONES

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación salvo en los casos indicados en el apartado 3.1 de la ITC-BT-21. Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes y si el sistema adoptado es de tornillo de apriete entre una arandela metálica bajo su cabeza y una superficie metálica, los conductores de sección superior a 6 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, de forma que las conexiones no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

3.3.6. Aparatos de mando y maniobra

3.3.6.1. Cuadro de maniobra y protección

Generalidades

En su construcción estarán de acuerdo con la norma UNE-EN 61439 y con las condiciones que se indican a continuación. El grado de protección mínimo será IP44, según UNE-EN 60529.

Todos los circuitos principales (entradas y salidas) estarán protegidos e independizados por separadores metálicos o aislantes no propagadores de la llama.

Serán completamente montados, cableados y probados en fábrica. Su altura será, como máximo, 2100 mm.

Su carpintería metálica será con bastidor de acero de 3 mm. y envolvente de chapa de acero de 2 mm. Si por el tamaño del cuadro no fuera necesario el bastidor, el espesor de chapa no será inferior 2,5 mm.

Las puertas llevarán bisagras al menos en tres puntos, que serán de latón cromado o niquelado, cerradura del mismo material con anclaje por barra rígida de acero en los puntos superior e inferior y llave de repuesto. Llevarán también en todo su contorno juntas de neopreno.

Todos los cuadros tendrán como identificación general un letrero de PVC rígido en negro con fondo blanco que se fijará mediante un adhesivo fuerte en el centro de su parte frontal. Los interruptores que puedan dejar sin alimentación a las luminarias de emergencia se identificarán de la misma manera que se ha descrito pero con el letrero en fondo rojo.

Todos los armarios llevarán, en la parte interior de la puerta, un portaplanos del mismo fabricante del cuadro con una copia del esquema eléctrico de dicho cuadro.

Todas las unidades de entrada o salida, así como relés, pulsadores, lámparas de señalización, etc., serán identificadas de la misma forma.

El tamaño de las placas de identificación será gradualmente proporcional al tamaño del equipo o salida a identificar así como el tamaño de la letra a emplear que, en ningún caso, será inferior a 4 mm.

Los armarios de distribución se cablearán interiormente, manteniendo una perfecta ordenación en la disposición de los elementos interiores. Se emplearán regletas para las conexiones de gran calidad. La entrada o salida de cables o tubos se realizará empleando prensaestopas. Todos los bornes de conexión deberán quedar perfectamente numerados en las regletas.

En general, y salvo indicación en contra de la Dirección Técnica, todas las líneas de entrada y salida a los cuadros se realizarán por debajo.

Los cables se llevarán por el interior de bandejas ranuradas de material aislante y tapa fácilmente desmontable.

Todos los conductores que constituyen el cableado interior del cuadro se identificarán en los dos extremos antes de su montaje en las bandejas.

La identificación en cada extremo corresponderá al número de borne y número de aparato correspondiente. Dicha numeración constará en el plano de esquema que debe de acompañar el instalador para la aprobación previa del cuadro.

Bajo cada elemento de maniobra existirá un rótulo de plástico con letras grabadas con plantilla, que indique el servicio a que se destina.

Los cuadros, cuyo tamaño así lo justifique, dispondrán de alumbrado interior para realizar labores de mantenimiento.

Todos los aparatos de apertura y cierre del cuadro principal y de los cuadros secundarios (interruptores manuales, automáticos, etc.) que sean trifásicos, llevarán, al menos, una lámpara de señalización de funcionamiento de color verde, junto al accionamiento en la puerta del cuadro e identificada con un rótulo.

Los pilotos de señalización, estarán constituidos por una base fija a la puerta del panel y una lentilla roscable por la parte frontal del cuadro, de tal modo que la reposición de la lámpara se realice por delante desmontando la lentilla, sin necesidad de mover la base de conexión. La lentilla deberá soportar sin deformaciones el calor provocado por la lámpara.

El cuadro general llevará, además, un voltímetro con conmutador para la lectura de la tensión en tres fases y tres amperímetros para la medida de la corriente en cada una de las fases.

No se admitirá la existencia de ninguna canalización de agua o de saneamiento por encima de un cuadro eléctrico.

Dispositivos individuales de mando y maniobra

Los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local o vivienda del usuario. En viviendas y en locales comerciales e industriales en los que proceda, se colocará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimento independiente y precintable. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección. En viviendas, deberá preverse la situación de los dispositivos generales de mando y protección junto a la puerta de entrada y no podrá colocarse en dormitorios, baños, aseos, etc. En los locales destinados a actividades industriales o comerciales, deberán situarse lo más próximo posible a una puerta de entrada de éstos.

Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse en cuadros separados y en otros lugares.

En locales de uso común o de pública concurrencia, deberán tomarse las precauciones necesarias para que los dispositivos de mando y protección no sean accesibles al público en general.

La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1,4 y 2 m, para viviendas. En locales comerciales, la altura mínima será de 1 m desde el nivel del suelo.

Composición y características de los cuadros

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se ubicarán en el interior de uno o varios cuadros de distribución de donde

partirán los circuitos interiores.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a la norma UNE-EN 60670-1, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE-EN 60529 e IK07 según UNE-EN 50102.

La envolvente para el interruptor de control de potencia será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar. Sus características y tipo corresponderán a un modelo oficialmente aprobado.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
- Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario. Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos. En el caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.
- Según la tarifa a aplicar, el cuadro deberá prever la instalación de los mecanismos de control necesarios por exigencia de la aplicación de esa tarifa.

3.3.7. Aparatos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido contruidos.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad-tiempo adecuadas.
- Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores llevarán marcada su intensidad y tensión nominal, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de empalmarse, y el símbolo que indique las características

de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

Tanto los fusibles como los interruptores se fijarán en la placa del cuadro en su posición vertical. En los interruptores tipo tumbler, el cierre se realizará desplazando la palanca hacia arriba. En los rotativos, el cierre se producirá mediante giro a derechas. La disposición de todos los elementos en el cuadro se realizará de tal forma que el despliegue según el esquema unifilar se realice empezando por arriba y a la izquierda y la evolución siga de arriba abajo y de la izquierda a la derecha.

3.3.7.1. Protección contra sobre intensidades

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles. Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas

- a) Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

- b) Protección contra cortocircuitos. En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados. Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

La norma UNE-HD 60364-4-43 recoge en su articulado todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección en sus apartados:

- 432 - Naturaleza de los dispositivos de protección.
- 433 - Protección contra las corrientes de sobrecarga.
- 434 - Protección contra las corrientes de cortocircuito.
- 435 - Coordinación entre la protección contra las sobrecargas y la protección contra los cortocircuitos.
- 436 - Limitación de las sobreintensidades por las características de alimentación.

3.3.7.2. Protección contra contactos directos e indirectos

La presente instrucción describe las medidas destinadas a asegurar la protección de las personas y animales domésticos contra los choques eléctricos. En la protección contra los choques eléctricos se aplicarán las medidas apropiadas:

- Para la protección contra los contactos directos y contra los contactos indirectos.
- Para la protección contra contactos directos.
- Para la protección contra contactos indirectos.

La protección contra los choques eléctricos para contactos directos e indirectos a la vez se realiza mediante la utilización de muy baja tensión de seguridad MBTS, que debe cumplir las siguientes condiciones:

- Fuente de alimentación de seguridad para MBTS de acuerdo con lo indicado en la norma UNE-EN 61558-2-8.
- Los circuitos de instalaciones para MBTS, cumplirán lo que se indica en la Norma UNE-HD 60364-41.

Protección contra contactos directos

Esta protección consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Salvo indicación contraria, los medios a utilizar vienen expuestos y definidos en la Norma UNE-HD 60364-41, que son habitualmente:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos. El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios. Cuando se prevea que las corrientes diferenciales puedan ser no senoidales (como por ejemplo en salas de radiología intervencionista), los dispositivos de corriente diferencial-residual utilizados serán de clase A que aseguran la desconexión para corrientes alternas senoidales así como para corrientes continuas pulsantes.

La utilización de tales dispositivos no constituye por sí mismo una medida de protección completa y requiere el empleo de una de las medidas de protección enunciadas en los apartados 3.1 a 3.4 de la instrucción.

Todos los circuitos de baja tensión de la instalación, irán protegidos con protección diferencial, mediante interruptores automáticos de dicho tipo. La intensidad de defecto podrá considerarse en principio de 30 mA, salvo que se exprese lo contrario, en cualquier caso, deberá cumplirse, conforme fija el Reglamento Electrotécnico de B.T., vigente, que la resistencia a tierra de las masas en los locales secos será $R=50/I_s$, siendo I_s la intensidad de defecto de funcionamiento del diferencial.

Protección por corte automático de la alimentación

El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas o animales domésticos en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto. Se utilizará como referencia lo indicado en la norma UNE 20.572 -1. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como por ejemplo, 24 V para las instalaciones de alumbrado público contempladas en la ITC-BT-09, apartado 10. Se describen a continuación aquellos aspectos más significativos que deben reunir los sistemas de protección en función de los distintos esquemas de conexión de la instalación, según la ITC-BT-08 y que la norma UNE 20.460 -4-41 define cada caso.

La capacidad de ruptura será en cada caso lo indicado de acuerdo con la intensidad de cortocircuito previsible.

Los mecanismos de accionamiento obligarán la conexión y desconexión brusca.

Interruptores manuales

Serán de apertura en carga y podrán cerrar contra cortocircuitos. El mecanismo de conexión y desconexión será brusco. Los contactos serán plateados e irán en cámaras cerradas con doble ruptura por polo. Cumplirán con lo dispuesto en la norma UNE EN 60.947 Ap. 2.2.10, en cuanto a la función de interruptor seccionador.

Hasta 10 A los interruptores podrán ser del tipo paquete.

Las placas embellecedoras de los accionamientos llevarán impresos los símbolos indicativos de conectado o desconectado. El embrague entre el mando y el eje de rotación de los contactos no permitirá error en la maniobra.

Interruptores y conmutadores de la serie doméstica

Serán de la calidad exigida en los planos y en el presupuesto.

La caja de empotrar o de superficie para su colocación serán de la misma marca que los interruptores. En el caso de obras con paredes realizadas con tabiquería prefabricada hueca, las cajas irán provistas de garras especiales que permitan una fijación firme, en ningún caso se podrán sujetar con yeso o sistemas similares.

La placa en su instalación final quedará perfectamente unida al paramento, sin dejar huecos perceptibles de entrada de polvo hacia el interior.

Las aristas horizontales de las placas deberán quedar perfectamente paralelas a los solados.

La altura de colocación será de 110 cm., sobre el suelo acabado, salvo indicación en contra en los planos. Cuando coincidan en un mismo punto varios mecanismos, se montarán sobre una placa común siempre que la serie a instalar disponga de placas múltiples.

3.4. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

3.4.1. Redes aéreas

3.4.1.1. Instalación de conductores aislados

Los conductores dotados de envolventes aislantes, cuya tensión nominal sea inferior a 0,6/1 kV se considerarán, a efectos de su instalación, como conductores desnudos. Los conductores aislados de tensión nominal 0,6/1 kV. (UNE 21.030) podrán instalarse como:

Cables posados

Directamente posados sobre fachadas o muros, mediante abrazaderas fijadas a los mismos y resistentes a las acciones de la intemperie. Los conductores se protegerán adecuadamente en aquellos lugares en que puedan sufrir deterioro mecánico de cualquier índole.

En general deberá respetarse una altura mínima al suelo de 2,5 metros. Lógicamente, si se produce una circunstancia particular como la señalada en el párrafo anterior, la altura mínima deberá ser la señalada en los puntos 3.1.2 y 3.9 para cada caso en particular. En los recorridos por debajo de ésta altura mínima al suelo (por ejemplo, para acometidas) deberán protegerse mediante elementos adecuados, conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la ITC-BT-11, evitándose que los conductores pasen por delante de cualquier abertura existente en las fachadas o muros. En las proximidades de aberturas en fachadas deben respetarse las siguientes distancias mínimas:

- Ventanas: 0,30 metros al borde superior de la abertura y 0,50 metros al borde inferior y bordes laterales de la abertura.
- Balcones: 0,30 metros al borde superior de la abertura y 1,00 metros a los bordes laterales del balcón. Se tendrán en cuenta la existencia de salientes o marquesinas que puedan facilitar el posado de los conductores, pudiendo admitir, en éstos casos, una disminución de las distancias antes indicadas.
- Así mismo se respetará una distancia mínima de 0,05 metros a los elementos metálicos presentes en las fachadas, tales como escaleras, a no ser que el cable disponga de una protección conforme a lo indicado en el apartado 1.2.1 de la ITC-BT-11.
- Los cables con neutro fiador, podrán ir tensados entre piezas especiales colocadas sobre apoyos, fachadas o muros, con una tensión mecánica adecuada, sin considerar a éstos efectos el aislamiento como elemento resistente. Para el resto de los cables distancia al suelo: 4 m, salvo lo especificado para cruzamientos.

3.4.1.2. Instalación de conductores desnudos

Los conductores desnudos irán fijados a los aisladores de forma que quede asegurada su posición correcta en el aislador y no ocasione un debilitamiento apreciable de la resistencia mecánica del mismo, ni produzcan efectos de corrosión. La fijación de los conductores al aislador debe hacerse preferentemente, en la garganta lateral del mismo, por la parte próxima al apoyo, y en el caso de ángulos, de manera que el esfuerzo mecánico del conductor esté dirigido hacia el aislador. Cuando se establezcan derivaciones, y salvo que se utilicen aisladores especialmente concebidos para ellas, deberá colocarse un sólo conductor por aislador.

Cuando se trate de redes establecidas por encima de edificaciones o sobre apoyos fijados a las fachadas, el coeficiente de seguridad de la tracción máxima admisible de los conductores deberá ser superior, en un 25 por ciento, a los valores indicados en el apartado 2.2.1 de la ITC correspondiente.

Distancia de los conductores desnudos al suelo y zonas de protección de las edificaciones

Los conductores desnudos mantendrán, en las condiciones más desfavorables, las siguientes distancias respecto al suelo y a las edificaciones: Al suelo 4 m, salvo lo especificado en el apartado 3.9 de esta ITC del Reglamento para cruzamientos.

Sección mínima del conductor neutro

Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución la sección mínima del conductor neutro será:

- a) Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- b) Con cuatro conductores: la sección de neutro será como mínimo, la de la tabla 1 de la ITC-BT-07, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio. En caso de utilizar conductor neutro de aleaciones de aluminio, la sección a considerar será la equivalente, teniendo en cuenta las conductividades de los diferentes materiales.

Identificación del conductor neutro

El conductor neutro deberá estar identificado por un sistema adecuado. En las líneas de conductores desnudos se admite que no lleve identificación alguna cuando éste conductor tenga distinta sección o cuando esté claramente diferenciado por su posición.

Continuidad del conductor neutro

El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que ésta interrupción sea realizada con alguno de los dispositivos siguientes:

- a) Interruptores o seccionadores omipolares que actúen sobre el neutro y las fases al mismo tiempo (corte omipolar simultáneo), o que conecten el neutro antes que las fases y desconecten éstas antes que el neutro.
- b) Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas, y que sólo puedan ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en éste caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas éstas sin haberlo sido previamente el neutro.

Puesta a tierra del neutro

El conductor neutro de las líneas aéreas de redes de distribución de las compañías eléctricas se conectará a tierra en el centro de transformación o central generadora de alimentación, en la forma prevista en el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Además, en los esquemas de distribución tipo TT y TN, el conductor neutro y el de protección para el esquema TN-S, deberán estar puestos a tierra en otros puntos, y como mínimo una vez cada 500 metros de longitud de línea. Para efectuar ésta puesta a tierra se elegirán, con preferencia, los puntos de donde partan las derivaciones importantes.

3.4.2. Redes subterráneas

3.4.2.1. Cables aislados

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 20.435), 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.

Directamente enterrados

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 0,25m.
- Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

En canalizaciones entubadas

Serán conformes con las especificaciones del apartado 1.2.4 de la ITC-BT-21. No se instalará más de un circuito por tubo.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de 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. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.

En galerías

Se consideran dos tipos de galería, la galería visitable, de dimensiones interiores suficientes para la circulación de personas, y la galería registrable, o zanja prefabricada, en la que no está prevista la circulación de personas y dónde 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 del tráfico que correspondan.

Galerías visitables

Limitación de servicios existentes Las galerías visitables se usarán, preferentemente, para instalaciones eléctricas de potencia, cables de control y telecomunicaciones. En ningún caso podrán coexistir en la misma galería instalaciones eléctricas e instalaciones de gas. Tampoco es recomendable que existan canalizaciones de agua aunque en aquellos casos en que sea necesario, las canalizaciones de agua se situarán a un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable, que la galería tenga un desagüe situado por encima de la cota del alcantarillado, o de la canalización de saneamiento en 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. En los puntos singulares, entronques, pasos especiales, accesos de personal, etc., se estudiarán tanto el correcto paso de las canalizaciones como la seguridad de circulación de las personas. 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 de las que estén en su interior. Deberán disponerse accesos en las zonas extremas de las galerías. La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueve 6 veces por hora, para 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.

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, en uno de los laterales se instalarán los cables de baja tensión, control, señalización, etc., reservando el otro para los cables de alta tensión). Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto y procurando conservar su posición relativa con los demás. Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables. Una vez instalados, todos los cables deberán quedar debidamente señalizados e identificados. En la identificación figurará, también, la empresa a quién pertenecen.

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 electrodinámicos que pueden presentarse durante la explotación de las redes de baja tensión, puedan moverlos o deformarlos. Estos esfuerzos, en las condiciones más desfavorables previsibles, servirán para dimensionar la resistencia de los elementos de sujeción, así como su separación. En el caso de cables unipolares agrupados en mazo, los mayores esfuerzos electrodinámicos aparecen entre fases de una misma línea, como fuerza de repulsión de una fase respecto a las otras. En este caso pueden complementarse las sujeciones de los cables con otras que mantengan unido el mazo, equipotencialidad de masas metálicas accesibles.

Todos los elementos metálicos para sujeción de los cables (bandejas, soportes, bridas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles a las personas que transitan por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente al conductor de tierra de la galería. Galerías de longitud superior a 400 m.

Las galerías de longitud superior a 400 m, además de las disposiciones anteriores, dispondrán de:

- a) Iluminación fija en su interior.
- b) Instalaciones fijas de detección de gases tóxicos, con una sensibilidad mínima de 300 ppm.
- c) Indicadores luminosos que regulen el acceso en las entradas.
- d) Accesos de personas cada 400 m, como máximo.
- e) Alumbrado de señalización interior para informar de las salidas y referencias exteriores.
- f) Tabiques de sectorización contra incendios según CTE-DB-SI4.
- g) Puertas cortafuegos según CTE-DB-SI6.

3.4.3. Alumbrado público

3.4.3.1. Redes aéreas

Se emplearán los sistemas y materiales adecuados para las redes aéreas aisladas descritas en la 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. La sección mínima a emplear, para todos los conductores incluido el neutro, será de 4 mm². En distribuciones trifásicas tetrapolares con conductores de fase de sección superior a 10 mm², la sección del neutro será como mínimo la mitad de la sección de fase. En caso de ir sobre apoyos comunes con los de una red de distribución, el tendido de los cables de alumbrado será independiente de aquel.

Redes de control y auxiliares

Se emplearán sistemas y materiales similares a los indicados para los circuitos de alimentación, la sección mínima de los conductores será 2,5 mm².

Soportes

Los soportes de las luminarias de alumbrado exterior, 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, considerando las luminarias completas instaladas en el soporte. Los soportes que lo requieran, deberán poseer una abertura de dimensiones adecuadas al equipo eléctrico para acceder a los elementos de protección y maniobra; la parte inferior de dicha abertura estará situada, como mínimo, a 0,30 m de la rasante, y estará dotada de puerta o trampilla con grado de protección IP 44 según UNE 20.324 (EN 60529) e IK10 según UNE-EN 50.102.

La puerta o trampilla solamente se podrá abrir mediante el empleo de útiles especiales y dispondrá de un borne de tierra cuando sea metálica. Cuando por su situación o dimensiones, las columnas fijadas o incorporadas a obras de fábrica no permitan la instalación de los elementos de protección y maniobra en la base, podrán colocarse éstos en la parte superior, en lugar apropiado o en el interior de la obra de fábrica.

En la instalación eléctrica en el interior de los soportes, se deberán respetar los siguientes aspectos:

- Los conductores serán de cobre, de sección mínima 2,5 mm², y de tensión asignada 0,611kV, como mínimo; no existirán empalmes en el interior de los soportes.
- En los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes, los cables tendrán una protección suplementaria de material aislante mediante la prolongación del tubo u otro sistema que lo garantice.
- La conexión a los terminales, estará hecha de forma que no ejerza sobre los conductores ningún esfuerzo de tracción. Para las conexiones de los conductores de la red con los del soporte, se utilizarán elementos de derivación que contendrán los bornes apropiados, en número y tipo, así como los elementos de protección necesarios para el punto de luz.

Luminarias

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes la norma UNE-EN 60.598 -2-3 y la UNE-EN 60.598 -2-5 en el caso de proyectores de exterior.

Instalación eléctrica de luminarias suspendidas

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 20.324. La suspensión de las luminarias se hará mediante cables de acero protegido contra la corrosión, de sección suficiente para que posea una resistencia mecánica con coeficiente de seguridad de no inferior a 3,5. La altura mínima sobre el nivel del suelo será de 6 m.

Equipos eléctricos de los puntos de luz

Podrán ser de tipo interior o exterior, y su instalación será la adecuada al tipo utilizado. Los equipos eléctricos para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54, según UNE 20.324 e IK 8 según UNE-EN 50.102, e irán montados a una altura mínima de 2,5 m sobre el nivel del suelo, las entradas y salidas de cables serán por la parte inferior de la envolvente. Cada punto de luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,90; asimismo deberá estar protegido contra sobreintensidades.

Puesta a tierra

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 450/750V, 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 de 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.

3.4.4. Cajas generales de protección

Se instalarán preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso. Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora. En el caso de edificios que alberguen en su interior un centro de transformación para distribución en baja tensión, los fusibles del cuadro de baja tensión de dicho centro podrán utilizarse como protección de la línea general de alimentación, desempeñando la función de caja general de protección.

En este caso, la propiedad y el mantenimiento de la protección serán de la empresa suministradora. Cuando la acometida sea aérea podrán instalarse en montaje superficial a una altura sobre el suelo comprendida entre 3 m y 4 m. Cuando se trate de una zona en la que esté previsto el paso de la red aérea a red subterránea, la caja general de protección se situará como si se tratase de una acometida subterránea. Cuando la acometida sea subterránea se instalará siempre en un nicho en pared, que se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50.102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora.

La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 30 cm del suelo. En el nicho se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos para la entrada de las acometidas subterráneas de la red general, conforme a lo establecido en la ITC-BT-21 para canalizaciones empotradas.

En todos los casos se procurará que la situación elegida, esté lo más próxima posible a la red de distribución pública y que quede alejada o en su defecto protegida adecuadamente, de otras instalaciones tales como de agua, gas, teléfono, etc., según se indica en ITC-BT-06 y ITC-BT-07. Cuando la fachada no linde con la vía pública, la caja general de protección se situará en el límite entre las propiedades públicas y privadas. No se alojarán más de dos cajas generales de protección en el interior del mismo nicho, disponiéndose una caja por cada línea general de alimentación. Cuando para un suministro se precisen más de dos cajas, podrán utilizarse otras soluciones técnicas previo acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Las cajas de protección y medida cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN 60.439 -1, tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la UNE-EN 60.439 -3, una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK09 según UNE-EN 50.102 y serán precintables. La envolvente deberá disponer de la ventilación interna necesaria que garantice la no formación de condensaciones. El material transparente para la lectura, será resistente a la acción de los rayos ultravioleta.

3.4.5. Contadores

Generalidades

Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica, podrán estar ubicados en:

- módulos (cajas con tapas precintables)
- paneles
- armarios

Todos ellos, constituirán conjuntos que deberán cumplir la norma UNE-EN 60.439 partes 1,2 y 3. El grado de protección mínimo que deben cumplir estos conjuntos, de acuerdo con la norma UNE 20.324 y UNE-EN 50.102, respectivamente.

- para instalaciones de tipo interior: IP40; IK 09
- para instalaciones de tipo exterior: IP43; IK 09

Deberán permitir de forma directa la lectura de los contadores e interruptores horarios, así como la del resto de dispositivos de medida, cuando así sea preciso. Las partes transparentes que permiten la lectura directa, deberán ser resistentes a los rayos ultravioleta.

Cuando se utilicen módulos o armarios, éstos deberán disponer de ventilación interna para evitar condensaciones sin que disminuya su grado de protección.

Las dimensiones de los módulos, paneles y armarios, serán las adecuadas para el tipo y número de contadores así como del resto de dispositivos necesarios para la facturación de la energía, que según el tipo de suministro deban llevar.

Cada derivación individual debe llevar asociado en su origen su propia protección compuesta por fusibles de seguridad, con independencia de las protecciones correspondientes a la instalación interior de cada suministro. Estos fusibles se instalarán antes del contador y se colocarán en cada uno de los hilos de fase o polares que van al mismo, tendrán la adecuada capacidad de corte en función de la máxima intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en ese punto y estarán precintados por la empresa distribuidora. Los cables serán de 6 mm² de sección, salvo cuando se incumplan las prescripciones reglamentarias en lo que afecta a previsión de cargas y caídas de tensión, en cuyo caso la sección será mayor.

Los cables serán de una tensión asignada de 450/750 V y los conductores de cobre, de clase 2 según norma UNE 21.022, con un aislamiento seco, extruido a base de mezclas termoestables o termoplásticas; y se identificarán según los colores prescritos en la ITC MIE-BT-26.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a la norma UNE 21.027 -9 (mezclas termoestables) o a la norma UNE 21.1002 (mezclas termoplásticas) cumplen con esta prescripción.

Asimismo, deberá disponer del cableado necesario para los circuitos de mando y control con el objetivo de satisfacer las disposiciones tarifarias vigentes. El cable tendrá las mismas características que las indicadas anteriormente, su color de identificación será el rojo y con una sección de 1,5mm². Las conexiones se efectuarán directamente y los conductores no requerirán preparación especial o terminales.

Colocación en forma individual

Esta disposición se utilizará sólo cuando se trate de un suministro a un único usuario independiente o a dos usuarios alimentados desde un mismo lugar. Se hará uso de la Caja de Protección y Medida, de los tipos y características indicados en el apartado 2 de ITC MIE-BT-13, que reúne bajo una misma envolvente, los fusibles generales de protección, el contador y el dispositivo para discriminación horaria. En este caso, los fusibles de seguridad coinciden con los generales de protección. El emplazamiento de la Caja de Protección y Medida se efectuará de acuerdo a lo indicado en el apartado 2.1 de la ITC MIE-BT-13.

Para suministros industriales, comerciales o de servicios con medida indirecta, dada la complejidad y diversidad que ofrecen, la solución a adoptar será la que se especifique en los requisitos particulares de la empresa suministradora para cada caso en concreto, partiendo de los siguientes principios:

- fácil lectura del equipo de medida
- acceso permanente a los fusibles generales de protección
- garantías de seguridad y mantenimiento

El usuario será responsable del quebrantamiento de los precintos que coloquen los organismos oficiales o las empresas suministradoras, así como de la rotura de cualquiera de los elementos que queden bajo su custodia, cuando el contador esté instalado dentro de su local o vivienda. En el caso de que el contador se instale fuera, será responsable el propietario del edificio.

Colocación en forma concentrada

En el caso de:

- edificios destinados a viviendas y locales comerciales
- edificios comerciales
- edificios destinados a una concentración de industrias

Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica de cada uno de los usuarios y de los servicios generales del edificio, podrán concentrarse en uno o varios lugares, para cada uno de los cuales habrá de preverse en el edificio un armario o local adecuado a este fin, donde se colocarán los distintos elementos necesarios para su instalación. Cuando el número de contadores a instalar sea superior a 16, será obligatoria su ubicación en local, según el apartado 2.2.1 siguiente.

En función de la naturaleza y número de contadores, así como de las plantas del edificio, la concentración de los contadores se situará de la forma siguiente:

- En edificios de hasta 12 plantas se colocarán en la planta baja, entresuelo o primer sótano. En edificios superiores a 12 plantas se podrá concentrar por plantas intermedias, comprendiendo cada concentración los contadores de 6 o más plantas.
- Podrán disponerse concentraciones por plantas cuando el número de contadores en cada una de las concentraciones sea superior a 16.

3.4.6. Duchas, bañeras

3.4.6.1. Clasificación de los volúmenes

Para las instalaciones de estos locales se tendrán en cuenta los cuatro volúmenes 0, 1, 2 y 3 que se definen a continuación. En el apartado 5 de la presente instrucción se presentan figuras aclaratorias para la clasificación de los volúmenes, teniendo en cuenta la influencia de las paredes y del tipo de baño o ducha. Los falsos techos y las mamparas no se consideran barreras a los efectos de la separación de volúmenes.

Volumen 0

Comprende el interior de la bañera o ducha.

En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal situado a 0,05 m por encima del suelo. En este caso:

a) Si el difusor de la ducha puede desplazarse durante su uso, el volumen 0 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 1,2 m alrededor de la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha; o b) Si el difusor de la ducha es fijo, el volumen 0 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 0,6 m alrededor del difusor.

Volumen 1

Está limitado por:

a) El plano horizontal superior al volumen 0 y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo, y

b) El plano vertical alrededor de la bañera o ducha y que incluye el espacio por debajo de los mismos, cuanto este espacio es accesible sin el uso de una herramienta; o para una ducha sin plato con un difusor que puede desplazarse durante su uso, el volumen 1 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 1,2 m desde la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha; o para una ducha sin plato y con un rociador fijo, el volumen 1 está delimitado por la superficie generatriz vertical situada a un radio de 0,6 m alrededor del rociador.

Volumen 2

Está limitado por:

a) El plano vertical exterior al volumen 1 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y

b) El suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo. Además, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m por encima del suelo, el espacio comprendido entre el volumen 1 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del suelo, cualquiera que sea el valor menor, se considera volumen 2.

Volumen 3

Está limitado por:

a) El plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 m; y

b) El suelo y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo. Además, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m por encima del suelo, el espacio comprendido entre el volumen 2 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del suelo, cualquiera que sea el valor menor, se considera volumen 3. El volumen 3 comprende cualquier espacio por debajo de la bañera o ducha que sea accesible sólo mediante el uso de una herramienta siempre que el cierre de dicho volumen garantice una protección como mínimo IP X4. Esta clasificación no es aplicable al espacio situado por debajo de las bañeras de hidromasaje y cabinas.

3.4.7. Pública concurrencia

Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia

Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente en la que todos los elementos, tales como la batería, la lámpara, el conjunto de mando y los dispositivos de verificación y control, si existen, están contenidos dentro de la luminaria o a una distancia inferior a 1 m de ella.

Los aparatos autónomos destinados a alumbrado de emergencia deberán cumplir las normas UNEEN 60.598-2-22 y la norma UNE 20.392 o UNE 20.062, según sea la luminaria para lámparas fluorescentes o incandescentes, respectivamente.

Luminaria alimentada por fuente central

Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente y que está alimentada a partir de un sistema de alimentación de emergencia central, es decir, no incorporado en la luminaria.

Las luminarias que actúan como aparatos de emergencia alimentados por fuente central deberán cumplir lo expuesto en la norma UNE-EN 60.598-2-22.

Los distintos aparatos de control, mando y protección generales para las instalaciones del alumbrado de emergencia por fuente central entre los que figurará un voltímetro de clase 2,5 por lo menos, se dispondrán en un cuadro único, situado fuera de la posible intervención del público.

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central, estarán protegidas por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 A como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz o, si en la dependencia o local considerado existiesen varios puntos de luz para alumbrado de emergencia, éstos deberán ser repartidos, al menos, entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a doce.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central se dispondrán, cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, a 5 cm como mínimo, de otras canalizaciones eléctricas y, cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de éstas por tabiques incombustibles no metálicos.

Prescripciones de carácter general

Las instalaciones en los locales de pública concurrencia, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan.

- a) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o derivación individual y se colocará junto o sobre él, los dispositivos de mando y protección establecidos en la instrucción ITC-BT-17. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará en dicho punto un dispositivo de mando y protección.

Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectarán mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman más de 16 amperios se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

- b) El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en lugares a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre antes del cuadro general.
- c) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.
- d) En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas. Cada una de estas líneas estarán protegidas en su origen contra sobrecargas, cortocircuitos, y si procede contra contactos indirectos.
- e) Las canalizaciones deben realizarse según lo dispuesto en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20 y estarán constituidas por:
- Conductores aislados, de tensión asignada no inferior a 450/750 V, colocados bajo tubos o canales protectores, preferentemente empotrados en especial en las zonas accesibles al público.
 - Conductores aislados, de tensión asignada no inferior a 450/750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción totalmente construidos en materiales incombustibles de resistencia al fuego RF-120, como mínimo.
 - Conductores rígidos aislados, de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, armados, colocados directamente sobre las paredes.

Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.

- f) Los cables eléctricos a utilizar en las instalaciones de tipo general y en el conexionado interior de cuadros eléctricos en este tipo de locales, serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4 ó 5; o a la norma UNE 21.1002 (según la tensión asignada del cable), cumplen con esta prescripción.

Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como "no propagadores de la llama" de acuerdo con las normas UNE-EN 50.085-1 y UNE-EN 50.086-1, cumplen con esta prescripción.

Los cables eléctricos destinados a circuitos de servicios de seguridad no autónomos o a circuitos de servicios con fuentes autónomas centralizadas, deben mantener el servicio durante y después del incendio, siendo conformes a las especificaciones de la norma UNE-EN 50.200 y tendrán emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a la norma UNE 21.123 partes 4 ó 5, apartado 3.4.6, cumplen con la prescripción de emisión de humos y opacidad reducida.

- g) Las fuentes propias de energía de corriente alterna a 50 Hz, no podrán dar tensión de retorno a la acometida o acometidas de la red de Baja Tensión pública que alimenten al local de pública concurrencia.

3.4.8. Locales con riesgo de incendio o explosión

3.4.8.1. Emplazamientos

CLASE I

Selección de equipos eléctricos (excluidos cables y conductos)

Para seleccionar un equipo eléctrico el procedimiento a seguir comprende las siguientes fases:

- 1) Caracterizar la sustancia o sustancias implicadas en el proceso.
- 2) Clasificar el emplazamiento en el que se va a instalar el equipo.
- 3) Seleccionar los equipos eléctricos de tal manera que la categoría esté de acuerdo a las limitaciones de la tabla 1 y que éstos cumplan con los requisitos que les sea de aplicación, establecidos en la norma UNE-EN 60079-14. Si la temperatura ambiente prevista no está en el rango comprendido entre -20 °C y +40 °C el equipo deberá estar marcado para trabajar en el rango de temperatura correspondiente.
- 4) Instalar el equipo de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Reglas de instalación de equipos eléctricos

La instalación de los equipos eléctricos se realizará de acuerdo a lo especificado en la norma UNE EN 60079-14. Adicionalmente se tendrá en cuenta que la utilización de equipos con modo de protección por inmersión en aceite "o" queda restringida a equipos de instalación fija y que no tengan elementos generadores de arco en el seno del líquido de protección. Para la instalación de sistemas de seguridad intrínseca, se tendrá en cuenta también, lo indicado en la Norma UNE-EN 50039.

3.4.8.2. Emplazamientos

CLASE II

Selección de equipos eléctricos (excluidos cables y conductos)

Para seleccionar un equipo eléctrico el procedimiento a seguir comprende las siguientes fases:

- 1) Caracterizar la sustancia o sustancias implicadas en el proceso.
- 2) Clasificar el emplazamiento en el que se va a instalar el equipo.
- 3) Seleccionar los equipos eléctricos de tal manera que la categoría esté de acuerdo a las limitaciones de la tabla 2 y que estos cumplan con los requisitos que les sea de aplicación, establecidos en la norma EN 50281-1-2.
- 4) Instalar el equipo de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Reglas de instalación de equipos eléctricos

La instalación de los equipos eléctricos destinados a emplazamientos de clase II se hará de acuerdo con lo especificado en la norma EN 50281-1-2.

Es necesario tener presente que si un equipo eléctrico dispone de un modo de protección para gases, no garantiza que su protección sea adecuada contra el riesgo de inflamación de polvo.

Sistemas de cableado. Requisitos

Para instalaciones de seguridad intrínseca, los sistemas de cableado cumplirán los requisitos de la norma UNE-EN 60079-14 y de la norma UNE-EN 50039.

Los cables para el resto de las instalaciones tendrán una tensión mínima asignada de 450/750 V.

Las entradas de los cables y de los tubos a los aparatos eléctricos se realizarán de acuerdo con el modo de protección previsto. Los orificios de los equipos eléctricos para entradas de cables o tubos que no se utilicen deberán cerrarse mediante piezas acordes con el modo de protección de que vayan dotados dichos equipos.

Para las canalizaciones para equipos móviles se tendrá en cuenta lo establecido en la Instrucción ITC MIE-BT 21.

La intensidad admisible en los conductores deberá disminuirse en un 15% respecto al valor correspondiente a una instalación convencional. Además todos los cables de longitud igual o superior a 5 m estarán protegidos contra sobrecargas y cortocircuitos; para la protección de sobrecargas se tendrá en cuenta la intensidad de carga resultante fijada en el párrafo anterior y para la protección de cortocircuitos se tendrá en cuenta el valor máximo para un defecto en el comienzo del cable y el valor mínimo correspondiente a un defecto bifásico y franco al final del cable.

En el punto de transición de una canalización eléctrica de una zona a otra, o de un emplazamiento peligroso a otro no peligroso, se deberá impedir el paso de gases, vapores o líquidos inflamables. Eso puede precisar del sellado de zanjas, tubos, bandejas, etc., una ventilación adecuada o el relleno de zanjas con arena.

Los cables a emplear en los sistemas de cableado en los emplazamientos de clase I y clase II serán:

a) En instalaciones fijas:

- Cables de tensión asignada mínima 450/750V, aislados con mezclas termoplásticas o termoestables; instalados bajo tubo metálico rígido o flexible conforme a norma UNE-EN 50086-1.
- Cables contruidos de modo que dispongan de una protección mecánica; se consideran como tales:
 - Los cables con aislamiento mineral y cubierta metálica, según UNE 21157 parte 1.
 - Los cables armados con alambre de acero galvanizado y con cubierta externa no metálica, según la serie UNE 21123.
- Los cables a utilizar en las instalaciones fijas deben cumplir, respecto a la reacción al fuego, lo indicado en la norma UNE 20432-3.

b) En alimentación de equipos portátiles o móviles. Se utilizaran cables con cubierta de policloropreno según UNE 21027 parte 4 o UNE 21150, que sean aptos para servicios móviles, de tensión asignada mínima 450/750V, flexibles y de sección mínima 1,5 mm². La utilización de estos cables flexibles se restringirá a lo estrictamente necesario y como máximo a una longitud de 30 m.

3.4.9. Normas a cumplir por los materiales

Será responsabilidad del contratista la utilización de materiales que cumplan la reglamentación oficial vigente, las directivas europeas que les sean aplicables, aun cuando todavía no estén traspuestas a la legislación española.

Cables eléctricos flexibles con aislamiento de PVC de 450/750 V.	UNE EN 50525
Cables eléctricos con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de policloruro de vinilo de 0,6/1kv.	UNE 21123
Tubos, bandejas y canaletas aislantes	UNE EN 61386
Cajas de empalme o derivación, aislantes	UNE EN 60529 UNE EN 61140
Armarios y envolventes de material aislante	UNE EN 60529 UNE EN 61140
Armarios y envolventes metálicos	UNE EN 60529
Interruptores magnetotérmicos	UNE-EN 60898
Interruptores diferenciales	UNE EN 61008
Interruptores Automáticos	UNE EN 60947-2
Interruptores de corte en carga	UNE EN 60947-3
Interruptores y conmutadores para luminarias	UNE EN 61058
Contactores	UNE EN 60947-4-1
Tomas de corriente monofásicas	UNE 20315-1-2
Tomas de corriente trifásicas	UNE EN 60309-1
Luminarias para alumbrado de emergencia	UNE EN 60598.2.22
Fusibles de baja tensión	UNE EN 60269-1
Picas de puesta a tierra de acero-cobre	UNE 21056
Pararrayos de protección	UNE 21186

Siendo obligatorio, por tanto, el marcado CE de todos los materiales dentro del alcance de las citadas directivas.

Se prohíbe expresamente la instalación de cualquier material que no haya sido aprobado por la dirección técnica. Para ello se deberá seguir el proceso que se cita a continuación:

- a) Entregar documentación que acredite la adecuación del material a la calidad especificada en el proyecto: Registro de empresa en vigor según normas ISO9000, Catálogos, hojas técnicas, protocolos de ensayos, etc. Esta documentación se entregará con una antelación a la fecha prevista de colocación no inferior a un mes.
- b) Entregar documentación que acredite el cumplimiento de las normas aplicables: Marcas de producto otorgadas por AENOR; en vigor, protocolos de todos los ensayos de tipos exigibles en las normas aplicables, realizados por laboratorios independientes acreditados, etc. No se consideran válidos los ensayos de tipo con una antigüedad de más de 15 años. Esta documentación se deberá entregar con una antelación mínima de 20 días.
- c) Presentación de una muestra, completamente instalada y exactamente igual al material que se va a instalar. Esta muestra se someterá a la aceptación de la dirección técnica con una antelación mínima de 10 días.

En caso de incumplimiento, la dirección técnica podrá ordenar la sustitución del material instalado no autorizado y su retirada de la obra.

3.5. PRUEBAS REGLAMENTARIAS

Dichas pruebas comprenderán la realización de las siguientes operaciones en presencia de la Dirección Técnica.

- Comprobación de los calibres de todas y cada una de las protecciones existentes (fusibles, automáticos, etc.).
- Comprobación de la regulación de todos los relés existentes.
- Comprobación individual del buen funcionamiento de todas las luminarias de la instalación.
- Comprobación en general de que la instalación cumple con todos los apartados de este Pliego y la Reglamentación vigente.
- Comprobación en general del buen funcionamiento de todos los sistemas, equipos y aparatos comprendidos en la instalación en condiciones similares a las de trabajo de cada uno.
- Funcionamiento del grupo electrógeno y del sistema de conmutación.

3.5.1. Resultados de las Pruebas

Los resultados de las pruebas se reunirán en un documento denominado "PROTOCOLO DE PRUEBAS EN RECEPCIÓN PROVISIONAL" en el que deberá indicarse para cada prueba:

- Esquema del sistema ensayado, con identificación en el mismo de los puntos medidos.
- Mediciones realizadas y su comparación con las nominales, o de proyecto.
- Incidencias o circunstancias que puedan afectar a la medición o a su desviación.
- Persona, hora y fecha de realización.

3.5.2. Medidas Eléctricas

Las mediciones se realizarán con aparatos de medida independientes a los montados permanentes, contrastando los posibles errores de medición.

- Tensiones de alimentación generales y parciales, a intensidad nominal o máxima.
- Frecuencia en cuadro general.
- Tierras generales de cuadro y parciales de máquinas.

Las medidas de potencia en cada máquina, se realizarán en la prueba particular de cada una. En el protocolo de medidas se indicará además:

- Prueba de diferenciales.
- Prueba de magneto térmicos.
- Calibrado y prueba de guarda motores.
- Calibrado y prueba de térmicos.
- Calibrado y prueba de arrancadores.
- Verificación de enclavamientos.

3.5.3. Número de Mediciones

Las mediciones indicadas en el apartado anterior son las mínimas exigidas, siendo optativo de la Dirección de Obra, otro tipo de mediciones o pruebas si lo considerara necesario para la recepción provisional.

Estas pruebas podrán realizarse conjuntamente con un representante de la Propiedad y aquellas personas que la Dirección de Obra determine.

Las pruebas indicadas en los apartados anteriores se realizarán dos veces como mínimo y a máximas potencias.

Las pruebas indicadas en las secciones 2 y 4, se realizarán 3 veces al día durante 10 días mínimos. Las correspondientes a las secciones 3 y 5, serán realizadas una vez como mínimo.

3.5.4. Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos serán presentados en el protocolo de pruebas correspondientes dentro de los 15 días siguientes a la realización de las mismas.

3.6. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

3.6.1. Revisión de las tomas de tierra

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, será comprobada por el Director de la Obra e Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la **comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente**, en la época en la que el terreno esté más seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren. En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

3.6.2. Protección para garantizar la seguridad

Cuando se utiliza MBTS, cualquiera que sea su tensión asignada, la protección contra contactos directos debe estar proporcionada por:

- Barreras o envolventes con un grado de protección mínimo IP2X o IPXXB, según UNE EN 60529 o aislamiento capaz de soportar una tensión de ensayo de 500 V en valor eficaz en alterna durante 1 minuto.
- Una conexión equipotencial local suplementaria debe unir el conductor de protección asociado con las partes conductoras accesibles de los equipos de clase 1 en los volúmenes 1, 2 y 3, incluidas las tomas de corriente y las siguientes partes conductoras externas de los volúmenes 0, 1, 2 y 3.
- Canalizaciones metálicas de los servicios de suministro y desagües (por ejemplo agua, gas).
- Canalizaciones metálicas de calefacciones centralizadas y sistemas de aire acondicionado.
- Partes metálicas accesibles de la estructura del edificio. Los marcos metálicos de puertas, ventanas y similares no se consideran partes externas accesibles, a no ser que estén conectadas a la estructura metálica del edificio.
- Otras partes conductoras externas, por ejemplo partes que son susceptibles de transferir tensiones.

Estos requisitos no se aplican al volumen 3, en recintos en los que haya una cabina de ducha prefabricada con sus propios sistemas de drenaje, distintos de un cuarto de baño, por ejemplo un dormitorio.

Las bañeras y duchas metálicas deben considerarse partes conductoras externas susceptibles de transferir tensiones, a menos que se instalen de forma que queden aisladas de la estructura y de otras partes metálicas del edificio. Las bañeras y duchas metálicas pueden considerarse aisladas del edificio, si la resistencia de aislamiento entre el área de los baños y duchas y la estructura del edificio, medido de acuerdo con la norma UNE HD 60364-6, anexo A, es de cómo mínimo 100 k.

3.7. CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN QUE DEBE DISPONER EL TITULAR. AUTORIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN

El instalador estará obligado a aportar cuantos certificados de calidad o cumplimiento de normas exija la Dirección Facultativa, relativos a todos los materiales y equipos que se empleen en la instalación. En particular, de forma no extensiva, podrán exigirse certificados relativos a los conductores, luminarias, equipo auxiliar, lámparas y elementos de control y protección.

La instrucción ITC- BT-04 indica la documentación y puesta en servicio de las instalaciones para ser legalmente puestas en servicio, así como su tramitación ante el órgano competente de Administración.

- En el apartado 3 de la ITC-BT-04 indica que instalaciones precisan de proyecto.
- En el apartado 4 de la ITC-BT-04 indica que instalaciones requieren memoria técnica de diseño.
- En el apartado 5 de la ITC-BT-04 indica el procedimiento para ejecutar y tramitar las instalaciones.

- En el apartado 6 de la ITC-BT-04 indica el procedimiento de puesta en marcha.

El titular de la instalación debe de disponer de la documentación acreditativa de que la instalación ha sido dada de alta en Industria, tanto a nivel de presentación de documentación como de autorización de la misma. Mediante la documentación de puesta en marcha el titular realizará las contrataciones de suministro de energía eléctrica ante la empresa suministradora.

Una vez terminada la instalación y legalizada ante el Servicio Territorial (o Dirección Provincial) de Industria, el titular solicitará del Ingeniero Director de obra y certificación final de la instalación las adaptaciones correspondientes del Proyecto a la situación real de la instalación así como un certificado final de la misma, visados por el Colegio Oficial correspondiente. La citada documentación junto con la documentación de autorización de Industria la guardará y presentará si fuera necesario ante cualquier solicitud de la Administración o de alguno de sus Técnicos.

3.8. DIRECCIÓN TÉCNICA Y LIBRO DE ÓRDENES

Será obligatorio el libro de órdenes e incidencias, en el que el Técnico Director de la instalación deje constancia de las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de los trabajos. Cada asistencia, orden o instrucción deberá ser extendida en la hoja correspondiente con indicación de la fecha en que tenga lugar y la firma de la Dirección facultativa.

	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN PARA UNA FÁBRICA DE EMBALAJE DE CARTÓN
	POLÍGONO INDUSTRIAL LA PAHILLA CALLE COLLAO Nº 63 46930 CHIVA (VALENCIA)
4º	PRESUPUESTO

4. PRESUPUESTO

4.1. PRECIOS ELEMENTALES

Referencia Materiales	Ud.	Descripción	Precio (€)
m1	ud	Philips TCH481 3xTL5-250W/840 HFP M2 SW	145
m2	ud	Philips TBS260 2xTL5-28W/840 HFP C6 PI	115
m3	ud	Philips TPS680 1x35W/840 HFP C8 SM2 ALU	184
m4	ud	Philips TPS680 1x49W/840 HFP C8 SM2 ALU	192
m5	ud	Philips FBS163 2xPL-L55W HFP IND PI	124
m6	ud	Philips FBS163 2xPL-L36W HFR IND PI	132
m7	ud	Philips TBS105 1xTL5-49W/830 HFP A PI	105
m8	ud	Philips 4MX691 1xTL5-35W HFP SI	28.50
m9	m	RZ1-K(AS) 0,6/1KV 1X185 Negro	42.72
m10	m	RZ1-K(AS) 0,6/1KV 1X185 Marrón	42.72
m11	m	RZ1-K(AS) 0,6/1KV 1X185 Gris	42.72
m12	m	RZ1-K(AS) 0,6/1KV 1X185 Amarillo-Verde	42.72
m13	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X50 Negro	19.04
m14	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X50 Marrón	19.04
m15	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X50 Gris	19.04
m16	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X50 Amarillo-Verde	19.04
m17	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X35 Negro	16.86
m18	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X35 Marrón	16.86
m19	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X35 Gris	16.86
m20	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X35 Amarillo-Verde	16.86
m21	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Negro	13.82
m22	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Marrón	13.82
m23	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Gris	13.82
m24	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Azul	13.82
m25	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Amarillo-Verde	13.82
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41
m29	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Azul	7.41
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41
m31	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Negro	10.25
m32	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Marrón	10.25
m33	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Gris	10.25
m34	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Azul	10.25
m35	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Amarillo-Verde	10.25
m36	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	5.41
m37	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	5.41
m38	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	5.41
m39	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Azul	5.41
m40	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	5.41
m41	ud	Caja mecanismo	0.2
m42	ud	Caja derivación empotrar 100x100	0.95
m43	ud	Base enchufe schuko con seguridad EN blanco	3.75
m44	ud	Interruptor blanco	2.55
m45	ud	Marco 1 elemento compacto blanco	1.99
m46	ud	Marco 2 elemento compacto blanco	3.84
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35
m48	ud	Bloque Vigi MB Tetrapolar	615.75
m49	ud	Bloque Vigi MH Tetrapolar	610.25
m50	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 300mA Tetrapolar	170.95

Referencia Materiales	Ud.	Descripción	Precio (€)
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88
m52	ud	NS400N con STR23SE Tetrapolar	1056.25
m53	ud	NS160N con STR22SE Tetrapolar	732.22
m54	ud	NS160N con TM160D Tetrapolar	715.22
m55	ud	NS100N con STR22SE Tetrapolar	710.29
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50
m57	ud	Relé Térmico LR2-D1316	72.56
m58	ud	Relé Térmico LR2-D1321	74.45
m59	ud	Relé Térmico LR2-D2353	95.25
m60	ud	Conductor de puesta a tierra de cobre con aislante plástico antillama Pirelli o equivalente(verde-amarillo) de sección de 35 mm ²	2.81
m61	ud	Arqueta de conexión de polipropileno para toma de tierra, de 300x300mm, con tapa de registro.	65.25
m62	ud	Embarrado de puesta a tierra	22.43
m63	ud	Pica de toma de tierra y acero y recubrimiento de cobre , de 2m de largo de 14 mm de diámetro	7.3
m64	ud	Toma corriente PK Pratika empotrable 25A	26.13
M.O.D			
h1	h	Oficial 1ª	40.00
h2	h	Ayudante	18.00

4.2. PRECIOS DESCOMPUESTOS

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d1	ud	Montaje CGBT			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m52	ud	NS400N con STR23SE Tetrapolar	1056.25	1.00	1056.25
m48	ud	Bloque Vigi MB Tetrapolar	615.75	1.00	615.75
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					2315.35

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d2	ud	Montaje CDP Cuadro Fuerza 1			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m53	ud	NS160N con STR22SE Tetrapolar	732.22	1.00	732.22
m49	ud	Bloque Vigi MH Tetrapolar	610.25	1.00	610.25
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1985.82

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d3	ud	Montaje CDP Cuadro Fuerza 2			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m54	ud	NS160N con TM160D Tetrapolar	715.22	1.00	715.22
m49	ud	Bloque Vigi MH Tetrapolar	610.25	1.00	610.25
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1968.82

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d4	ud	Montaje CDP Cuadro Alumbrado			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m55	ud	NS100N con STR22SE Tetrapolar	710.29	1.00	710.29
m50	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 300mA Tetrapolar	170.95	1.00	170.95
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1524.59

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d5	ud	Montaje CDP Cuadro Oficinas			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m55	ud	NS100N con STR22SE Tetrapolar	710.29	1.00	710.29
m50	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 300mA Tetrapolar	170.95	1.00	170.95
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1524.59

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d6	ud	Montaje CDS CF1 Aspirador			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar Relé Térmico LR2-D2353	160.88	1.00	160.88
m59	ud	Relé Térmico LR2-D2353	95.25	1.00	95.25
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1594.98

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d7	ud	Montaje CDS CF1 TM1 (Cortadora)			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
m57		Relé Térmico LR2-D1316	72.56	1.00	72.56
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1572.29

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d8	ud	Montaje CDS CF1 TM2 (Prensa)			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
m57		Relé Térmico LR2-D1316	72.56	1.00	72.56
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1572.29

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d9	ud	Montaje CDS CF1 TM3 (Ranuradora)			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
m59		Relé Térmico LR2-D2353	95.25	1.00	95.25
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1594.98

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d10	ud	Montaje CDS CF2 TM4 (Troqueladora)			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
m57		Relé Térmico LR2-D1316	72.56	1.00	72.56
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1572.29

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d11	ud	Montaje CDS CF2 TM5 (Plegadora - Encoladora)			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
m59		Relé Térmico LR2-D2353	95.25	1.00	95.25
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1594.98

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d12	ud	Montaje CDS CF2 TM6 (Cinta Transportadora)			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
m58		Relé Térmico LR2-D1321	74.45	1.00	74.45
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1574.18

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d13	ud	Montaje CDS CF2 TM7 (Cinta Elevadora)			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
m58		Relé Térmico LR2-D1321	74.45	1.00	74.45
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1574.18

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d14	ud	Montaje CDS CF2 TM8 (Grapadora)			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
m57		Relé Térmico LR2-D1316	72.56	1.00	72.56
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1572.29

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d15	ud	Montaje CDS CA Alumbrado 1			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1499.73

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d16	ud	Montaje CDS CA Alumbrado 2			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1499.73

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d17	ud	Montaje CDS CA Alumbrado 3			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1499.73

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d18	ud	Montaje CDS CA Alumbrado 4			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigí 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1499.73

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d19	ud	Montaje CDS CA Alumbrado Aseos-Vestidores			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigí 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1499.73

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d20	ud	Montaje CDS CA Alumbrado Almacén			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigí 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1499.73

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d21	ud	Montaje CDS CO Aire Acondicionado			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigí 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1499.73

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d22	ud	Montaje CDS CO Alumbrado Oficinas			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1499.73

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d23	ud	Montaje CDS CO Cartel Luminoso			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1499.73

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d24	ud	Montaje CDS CO T.Corriente			
Materiales					
m47	ud	Cuadro eléctrico envolvente metálica	243.35	1.00	243.35
m56	ud	NS100N con STR22SE Tripolar	695.50	1.00	695.50
m51	ud	Interruptor diferencial NC100 bloc Vigi 100A, 30mA Tripolar	160.88	1.00	160.88
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	10.00	400.00
Total precio de ejecución material					1499.73

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d25	ud	Instalación LGA			
Materiales					
m9	m	RZ1-K(AS) 0,6/1KV 1X185 Negro	42.72	20.00	854.40
m10	m	RZ1-K(AS) 0,6/1KV 1X185 Marrón	42.72	20.00	854.40
m11	m	RZ1-K(AS) 0,6/1KV 1X185 Gris	42.72	20.00	854.40
m12	m	RZ1-K(AS) 0,6/1KV 1X185 Amarillo-Verde	42.72	20.00	854.40
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					3591.60

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d26	ud	Instalación del CGBT al CDP CF1			
Materiales					
M17	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X35 Negro	16.86	35.00	590.10
M18	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X35 Marrón	16.86	35.00	590.10
m19	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X35 Gris	16.86	35.00	590.10
M20	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X35 Amarillo-Verde	16.86	35.00	590.10
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					2534.40

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d27	ud	Instalación del CGBT al CDP CF2			
Materiales					
m13	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X50 Negro	19.04	23.00	437.92
m14	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X50 Marrón	19.04	23.00	437.92
m15	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X50 Gris	19.04	23.00	437.92
m16	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X50 Amarillo-Verde	19.04	23.00	437.92
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					1925.68

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d28	ud	Instalación del CGBT al CDP CA			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	30.00	222.30
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	30.00	222.30
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	30.00	222.30
m29	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Azul	7.41	30.00	222.30
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	30.00	222.30
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					1285.50

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d29	ud	Instalación del CGBT al CDP CO			
Materiales					
m21	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Negro	13.82	11.00	152.02
m22	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Marrón	13.82	11.00	152.02
m23	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Gris	13.82	11.00	152.02
m24	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Azul	13.82	11.00	152.02
m25	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Amarillo-Verde	13.82	11.00	152.02
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					934.10

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d30	ud	Instalación del CDP CF1 al CDS Aspirador			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	16.00	118.56
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	16.00	118.56
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	16.00	118.56
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	16.00	118.56
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					648.24

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d31	ud	Instalación del CDP CF1 al CDS TM1 (Cortadora)			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	6.00	44.46
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	6.00	44.46
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	6.00	44.46
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	6.00	44.46
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					351.84

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d32	ud	Instalación del CDP CF1 al CDS TM2 (Prensa)			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	15.00	111.15
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	15.00	111.15
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	15.00	111.15
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	15.00	111.15
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					618.60

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d33	ud	Instalación del CDP CF1 al CDS TM3 (Ranuradora)			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	13.00	96.33
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	13.00	96.33
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	13.00	96.33
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	13.00	96.33
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					559.32

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d34	ud	Inst. del CDP CF2 al CDS TM4 (Troqueladora)			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	7.00	51.87
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	7.00	51.87
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	7.00	51.87
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	7.00	51.87
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					381.48

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d35	ud	Instalación del CDP CF2 al CDS TM5 (Plegadora - Encoladora)			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	7.00	51.87
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	7.00	51.87
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	7.00	51.87
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	7.00	51.87
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					381.48

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d36	ud	Instalación del CDP CF2 al CDS TM6 (Cinta Transportadora)			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	17.00	125.97
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	17.00	125.97
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	17.00	125.97
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	17.00	125.97
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					677.88

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d37	ud	Instalación del CDP CF2 al CDS TM7 (Cinta Elevadora)			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	18.00	133.38
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	18.00	133.38
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	18.00	133.38
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	18.00	133.38
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					707.52

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d38	ud	Instalación del CDP CF2 al CDS TM8 (Grapadora)			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	12.00	88.92
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	12.00	88.92
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	12.00	88.92
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	12.00	88.92
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					529.68

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d39	ud	Instalación del CDP CA al CDS Alumbrado 1			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	25.00	185.25
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	25.00	185.25
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	25.00	185.25
m29	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Azul	7.41	25.00	185.25
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	25.00	185.25
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					1100.25

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d40	ud	Instalación del CDP CA al CDS Alumbrado 2			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	25.00	185.25
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	25.00	185.25
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	25.00	185.25
m29	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Azul	7.41	25.00	185.25
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	25.00	185.25
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					1100.25

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d41	ud	Instalación del CDP CA al CDS Alumbrado 3			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	25.00	185.25
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	25.00	185.25
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	25.00	185.25
m29	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Azul	7.41	25.00	185.25
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	25.00	185.25
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					1100.25

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d42	ud	Instalación del CDP CA al CDS Alumbrado 4			
Materiales					
m26	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	7.41	25.00	185.25
m27	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	7.41	25.00	185.25
m28	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	7.41	25.00	185.25
m29	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Azul	7.41	25.00	185.25
m30	m	RV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	7.41	25.00	185.25
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					1100.25

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d43	ud	Instalación del CDP CA al CDS Alumbrado Aseos-Vestidores			
Materiales					
m36	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	5.41	15.00	81.15
m37	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	5.41	15.00	81.15
m38	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	5.41	15.00	81.15
m39	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Azul	5.41	15.00	81.15
m40	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	5.41	15.00	81.15
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					579.75

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d44	ud	Instalación del CDP CA al CDS Alumbrado Almacén			
Materiales					
m36	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Negro	5.41	25.00	135.25
m37	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Marrón	5.41	25.00	135.25
m38	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Gris	5.41	25.00	135.25
m39	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Azul	5.41	25.00	135.25
m40	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X10 Amarillo-Verde	5.41	25.00	135.25
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					850.25

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d45	ud	Instalación del CDP CO al CDS Aire Acondicionado			
Materiales					
m31	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Negro	10.25	10.00	102.5
m32	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Marrón	10.25	10.00	102.5
m33	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Gris	10.25	10.00	102.5
m34	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Azul	10.25	10.00	102.5
m35	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Amarillo-Verde	10.25	10.00	102.5
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					686.50

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d46	ud	Instalación del CDP CO al CDS Alumbrado Oficinas			
Materiales					
m31	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Negro	10.25	20.00	205.00
m32	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Marrón	10.25	20.00	205.00
m33	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Gris	10.25	20.00	205.00
m34	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Azul	10.25	20.00	205.00
m35	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Amarillo-Verde	10.25	20.00	205.00
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					1199.00

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d47	ud	Instalación del CDP CO al CDS Cartel Luminoso			
Materiales					
m31	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Negro	10.25	15.00	153.75
m32	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Marrón	10.25	15.00	153.75
m33	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Gris	10.25	15.00	153.75
m34	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Azul	10.25	15.00	153.75
m35	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Amarillo-Verde	10.25	15.00	153.75
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					942.75

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d48	ud	Instalación del CDP CO al CDS Tomas de Corriente			
Materiales					
m31	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Negro	10.25	25.00	256.25
m32	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Marrón	10.25	25.00	256.25
m33	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Gris	10.25	25.00	256.25
m34	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Azul	10.25	25.00	256.25
m35	m	VV-K ACRIL 0,6/1KV 1X25 Amarillo-Verde	10.25	25.00	256.25
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	3.00	120.00
h2	h	Ayudante	18.00	3.00	54.00
Total precio de ejecución material					1455.25

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d49	ud	Montaje iluminación de la nave			
Materiales					
m1	ud	Philips TCH481 3xTL5-250W/840 HFP M2 SW	145	24.00	3480.00
m3	ud	Philips TPS680 1x35W/840 HFP C8 SM2 ALU	184	15.00	2760.00
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	5.00	200.00
h2	h	Ayudante	18.00	5.00	90.00
Total precio de ejecución material					6530.00

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d50	ud	Montaje iluminación de oficinas			
Materiales					
m2	ud	Philips TBS260 2xTL5-28W/840 HFP C6 PI	115	8.00	920.00
m5	ud	Philips FBS163 2xPL-L55W HFP IND PI	124	10.00	1240.00
m6	ud	Philips FBS163 2xPL-L36W HFR IND PI	132	8.00	1056.00
m7	ud	Philips TBS105 1xTL5-49W/830 HFP A PI	105	10.00	1050.00
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	4.00	160.00
h2	h	Ayudante	18.00	4.00	72.00
Total precio de ejecución material					4498.00

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d51	ud	Montaje iluminación de emergencia			
Materiales					
m8	ud	Philips 4MX691 1xTL5-35W HFP SI	28.50	24.00	684.00
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	5.00	200.00
h2	h	Ayudante	18.00	5.00	90.00
Total precio de ejecución material					974.00

Ref.	Ud.	Descripción	Precio(€)	Cantidad	Total(€)
d52	ud	Montaje puesta a tierra			
Materiales					
m60	ud	Conductor de puesta a tierra de cobre con aislante plástico antillama Pirelli o equivalente(verde-amarillo) de sección de 35 mm ²	6.80	120.00	816.00
m61	ud	Arqueta de conexión de polipropileno para toma de tierra , de 300x300mm, con tapa de registro.	65.25	5.00	326.25
m62	ud	Embarrado de puesta a tierra	22.43	8.00	179.44
m63	ud	Pica de toma de tierra de acero y recubrimiento de cobre , de 2m de largo de 14 mm de diámetro.	13.70	8.00	109.60
M.O.D					
h1	h	Oficial 1ª	40.00	4.00	160.00
h2	h	Ayudante	18.00	4.00	72.00
Total precio de ejecución material					1663.29

4.3. VALORACIÓN DESCOMPUESTOS

Referencia	Ud.	Descripción	Precio (€)
d1	ud	Montaje CGBT	2315.35
d2	ud	Montaje CDP Cuadro Fuerza 1	1985.82
d3	ud	Montaje CDP Cuadro Fuerza 2	1985.82
d4	ud	Montaje CDP Cuadro Alumbrado	1524.59
d5	ud	Montaje CDP Cuadro Oficinas	1524.59
d6	ud	Montaje CDS CF1 Aspirador	1594.98
d7	ud	Montaje CDS CF1 TM1 (Cortadora)	1572.29
d8	ud	Montaje CDS CF1 TM2 (Prensa)	1572.29
d9	ud	Montaje CDS CF1 TM3 (Ranuradora)	1594.98
d10	ud	Montaje CDS CF2 TM4 (Troqueladora)	1572.29
d11	ud	Montaje CDS CF2 TM5 (Plegadora - Encoladora)	1594.98
d12	ud	Montaje CDS CF2 TM6 (Cinta Transportadora)	1574.18
d13	ud	Montaje CDS CF2 TM7 (Cinta Elevadora)	1574.18
d14	ud	Montaje CDS CF2 TM8 (Grapadora)	1572.29
d15	ud	Montaje CDS CA Alumbrado 1	1499.73
d16	ud	Montaje CDS CA Alumbrado 2	1499.73
d17	ud	Montaje CDS CA Alumbrado 3	1499.73
d18	ud	Montaje CDS CA Alumbrado 4	1499.73
d19	ud	Montaje CDS CA Alumbrado Aseos-Vestidores	1499.73
d20	ud	Montaje CDS CA Alumbrado Almacén	1499.73
d21	ud	Montaje CDS CO Aire Acondicionado	1499.73
d22	ud	Montaje CDS CO Alumbrado Oficinas	1499.73
d23	ud	Montaje CDS CO Cartel Luminoso	1499.73
d24	ud	Montaje CDS CO T.Corriente	1499.73
d25	ud	Instalación LGA	3591.60
d26	ud	Instalación del CGBT al CDP CF1	2534.40
d27	ud	Instalación del CGBT al CDP CF2	1923.68
d28	ud	Instalación del CGBT al CDP CA	1285.50
d29	ud	Instalación del CGBT al CDP CO	934.10
d30	ud	Instalación del CDP CF1 al CDS Aspirador	648.24
d31	ud	Instalación del CDP CF1 al CDS TM1 (Cortadora)	351.84
d32	ud	Instalación del CDP CF1 al CDS TM2 (Prensa)	618.60
d33	ud	Instalación del CDP CF1 al CDS TM3 (Ranuradora)	559.32
d34	ud	Instalación del CDP CF2 al CDS TM4 (Troqueladora)	381.48
d35	ud	Instalación del CDP CF2 al CDS TM5 (Plegadora - Encoladora)	381.48
d36	ud	Instalación del CDP CF2 al CDS TM6 (Cinta Transportadora)	677.88
d37	ud	Instalación del CDP CF2 al CDS TM7 (Cinta Elevadora)	707.52
d38	ud	Instalación del CDP CF2 al CDS TM8 (Grapadora)	529.68
d39	ud	Instalación del CDP CA al CDS Alumbrado 1	1100.25
d40	ud	Instalación del CDP CA al CDS Alumbrado 2	1100.25
d41	ud	Instalación del CDP CA al CDS Alumbrado 3	1100.25
d42	ud	Instalación del CDP CA al CDS Alumbrado 4	1100.25
d43	ud	Instalación del CDP CA al CDS Alumbrado Aseos-Vestidores	579.75
d44	ud	Instalación del CDP CA al CDS Alumbrado Almacén	850.25
d45	ud	Instalación del CDP CO al CDS Aire Acondicionado	686.50
d46	ud	Instalación del CDP CO al CDS Alumbrado Oficinas	1199.00
d47	ud	Instalación del CDP CO al CDS Cartel Luminoso	942.75
d48	ud	Instalación del CDP CO al CDS Toma Corriente	1455.25

Referencia	Ud.	Descripción	Precio (€)
d49	ud	Montaje iluminación de la nave	6530.00
d50	ud	Montaje iluminación de oficinas	4498.00
d51	ud	Montaje iluminación de emergencia	974.00
d52	ud	Montaje puesta a tierra	1663.29

4.4. RESUMEN PRESUPUESTO

CONCEPTO	COSTE DE MATERIALES		
Puesta a tierra	1.431,29€		
Línea de acometida	3.417,60€		
Automáticos y diferenciales	28.938,93€		
Líneas	16.367,00€		
Luminarias	11.190,00€		
Tomas de corriente	1.281.25€		
Total materiales	62.626,07€		
Mano de obra	Horas (h)	Precio/hora (€/h)	Total (€)
Oficial 1ª	120	40	4.800,00
Ayudante electricidad	200	18	3.600,00
Ingeniería	100	60	6.000,00
Total mano de obra	14.400,00€		
Total Obra sin IVA	77.026,07€		
Beneficio Industrial (15%)	11.553,91€		
Total Obra sin IVA + BI (15%)	88.579,98€		
Total Obra + 21% IVA	107.181,78€		

5. PLANOS Y ESQUEMAS

Los planos correspondientes a la instalación eléctrica en baja tensión para una fábrica de embalaje de cartón, se pueden observar en el anexo correspondiente a planos y esquemas según sus referencias.

Planos	Referencias
Plano de Ubicación	Ref. 00
Plano de Alumbrado.	Ref. 01
Plano de Fuerza Motriz.	Ref. 02
Plano de Tomas de Corriente.	Ref. 03
Plano de Puesta a Tierra 1.	Ref. 04
Plano de Puesta a Tierra 2.	Ref. 05
Plano del Esquema Unifilar.	Ref. 06

Valencia, 20 de JULIO de 2019

Kelvin Adrián Frías Pérez