



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA ESCUELA
INFANTIL EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

Alumno: Ibai Santesteban Córdoba

Tutor: Jorge Odériz Ezcurra

Pamplona, 30 de Julio de 2013



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA ESCUELA
INFANTIL EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Alumno: Ibai Santesteban Córdoba

Tutor: Jorge Odériz Ezcurra

Pamplona, 30 de Agosto de 2013



INDICE

MEMORIA

PÁGINA

1. Introducción	5
1.1. Objeto del proyecto	5
1.2. Situación	5
1.3 Pueblo Mapuche	6
1.3.1 Organización socio política de los mapuches	6
1.3.2 Ubicación geográfica y Situación actual	7
1.3.3 Vivienda y organización familiar	8
1.3.4 Rituales Mapuche	9
1.3.5 Bandera y significado de sus colores	10
1.4. Descripción de la escuela	10
1.5. Superficie	11
1.6. Descripción de la actividad	11
1.7. Suministro de energía	11
1.8. Previsión de cargas	12
1.9. Normativa	13
2. Esquema de distribución	13
3. Alumbrado	15
3.1. Introducción	15
3.2. Conceptos luminotécnicos	16
3.3. Proceso de cálculo	19
3.3.1. Información previa de los factores de partida	19
3.3.2. Determinación del nivel de iluminación	20
3.3.3. Determinación del sistema de iluminación y tipo de luminaria- lámpara	21
3.3.3.1 Sistemas de iluminación	21
3.3.3.2. Tipos de lámparas	24
3.3.4. Determinación del factor de mantenimiento	25
3.3.4.1. Factor de mantenimiento bueno	25
3.3.4.2. Factor de mantenimiento medio	26
3.3.4.3. Factor de mantenimiento malo	26
3.3.5. Cálculos del índice del local	26
3.3.6. Determinación del factor de utilización	27
3.3.7. Cálculo del flujo a instalar	30
3.3.8. Cálculo del número de luminarias	30
3.3.9. Distribución de las luminarias	31
3.4. Alumbrado interior	31
3.4.1. Justificación de las lámparas y luminarias empleadas	31



3.4.2. Soluciones empleadas	32
3.5. Alumbrados especiales	33
3.5.1. Solución empleada	34
4. Conductores y distribución en baja tensión	36
4.1. Introducción	36
4.2. Factores para el cálculo de cables	36
4.3. Prescripciones generales	38
4.3.1. Conductores activos	38
4.3.2. Conductores de protección	38
4.4. Sistemas de canalizaciones	39
4.4.1. Canalizaciones	39
4.4.2. Tubos protectores	40
4.5. Receptores	42
4.5.1. Receptores para alumbrado	42
4.5.2. Receptores a motor	43
4.5.2.1. Un solo motor	43
4.5.2.2. Varios motores	43
4.6. Tomas de corriente	43
4.6.1. Introducción	43
4.6.2. Tipos de tomas de corriente	43
4.6.3. Situación y número de tomas de corriente	44
4.7. Proceso para el cálculo de secciones	44
4.8. Normas para la elección del cable	45
4.9. Normas de la elección del tubo	46
4.10. Soluciones adoptadas	47
5. Protecciones en baja tensión	48
5.1. Introducción	48
5.2. Protección de la instalación	48
5.2.1. Protección contra sobrecargas	48
5.2.2. Protecciones contra cortocircuitos	49
5.2.3. Proceso para el cálculo de las corrientes de cortocircuito	51
5.3. Protección de las personas	52
5.3.1. Protección contra contactos directos	53
5.3.2. Protección contra contactos indirectos	54
5.4. Solución adoptada	55
5.4.1. Cuadro general de protección	55
5.4.2. Cuadros secundarios	58
5.4.2.1. Cuadro auxiliar 1: Portería, sala de profesores, dormitorio, WC-s y distribuidor	58
5.4.2.2. Cuadro auxiliar 2: Aulas 1 ,2 y 3	63



5.4.2.3. Cuadro auxiliar 3: Comedor, cocina y trastero	69
6. Puestas a tierra	72
6.1. Introducción	72
6.1.1. Objetivo de la puesta a tierra	73
6.1.2. Partes de la puesta a tierra	74
6.2. Elementos a conectar a la toma de tierra	76
6.3. Solución adoptada	76
7. Corrección del factor de potencia	77
7.1. Generalidades	77
7.2. Ventajas de un elevado factor de potencia	77
7.3. Métodos para mejorar el factor de potencia	78
7.3.1. Procedimientos directos	78
7.3.2. Procedimientos indirectos	78
7.3.3. Elección del método de compensación	79
7.4. Clasificación y elección de la compensación	79
7.4.1. Clasificación por la situación de la compensación	79
7.4.2. Elección de la situación para la compensación	79
7.4.3. Clasificación por tipo de condensador	80
7.4.4. Elección del tipo de compensación	80
7.4.5. Características técnicas del equipo de compensación automática	80
8. Centro de transformación	81
8.1. Introducción	81
8.2. Características generales del centro de transformación	82
8.3. Características de las celdas	82
8.4. Descripción de la instalación	82
8.4.1. Obra civil	82
8.4.1.1. Local	82
8.4.1.2. Características constructivas	82
8.5. Instalación eléctrica	85
8.5.1. Características de la red de alimentación	85
8.5.2. Características de la aparamenta de media tensión	85
8.5.3. Características descriptivas de las celdas y transformadores de media tensión	87
8.6. Cuadro general de baja tensión	90
8.7. Instalación de puesta a tierra	90
8.7.1. Introducción	90
8.7.2. Investigación de las características del suelo	91
8.7.3. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente a la eliminación	91



del defecto.	
8.7.4. Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra	92
8.8. Instancias	92
8.9. Aparatos de media tensión	92
8.10. Aislamiento	93
8.11. Instalaciones secundarias en el centro de transformación	93
9. Resumen del presupuesto de la instalación	95



1. Introducción

1.1. Objeto del proyecto

Redactamos este proyecto con el objeto de definir cuáles son las características técnicas de la Instalación Eléctrica en Baja Tensión y el Centro de Transformación que se va proyectar en una escuela infantil, la cual estará situada en la comuna de los Vilos (Provincia de Choapa), en la región Chilena de Coquimbo.



Dicha escuela será construida con el objetivo de radicar el alto grado de analfabetismo existente en dicha región.

1.2. Situación

La escuela estará ubicada en la comuna de los Vilos en las siguientes coordenadas $31^{\circ}54'0''S$ $71^{\circ}31'0''O$. La ubicación será una parcela que muga con la calle Elicura.



1.3. Pueblo Mapuche

1.3.1 Organización socio-política de los mapuches:

El Totemismo.- Es organización social de los Mapuches y demás pueblos indígenas chilenos, este tipo de organización es usada en muchas partes del mundo. Esto consistía en la creencia en el Tótem, que era un ser espiritual que animaba a algún animal, ave, reptil, pez, planta, astro, fenómeno o aspecto de la naturaleza. El Tótem, que los Mapuches llamaban Cuga, habría hecho alianza con el fundador de cada estirpe, contrayendo entre ambos la obligación de respeto y protección mutuas, esta alianza debía ser respetada por los descendientes a través de todas las generaciones. El fundador o antepasado, al formular la alianza, tomaba el nombre del Tótem y lo transmitía a toda su descendencia constituyéndolo en el apellido del clan, por eso encontramos entre los mapuches apellidos como "Sol", "Pato", "Culebra", etc.

Organización Social Mapuche:

La familia habitaba en un aposento pequeño, la ruca, de madera y paja. Los consanguíneos se agrupaban formando un "lov". El hombre podía casarse con cuantas mujeres le permitieran sus recursos. Los más ricos (ulmenes) poseían seis o más; pero la mayor parte se conformaban con dos o tres. La desproporción entre los sexos se producía por las guerras con los vecinos y entre sí y por la presa de las mujeres del vencido. Como todos los pueblos en su etapa ascendente de la evolución social, los araucanos sentían la necesidad de engendrar muchos hijos. Además, la mujer, lejos de ser una carga, constituía la fuente fundamental de producción. Cultivaban la tierra, tejían, algunas eran expertas alfareras y preparaban con gran destreza pieles y cueros. También elaboraban bebidas fermentadas, justificación de todas las reuniones y orgullo de los jefes de hogar. Los sacerdotes llamados machis solían, casi en su totalidad, ser mujeres y asociaban sus conocimientos del valor curativo de las plantas medicinales al poder de la hipnosis.

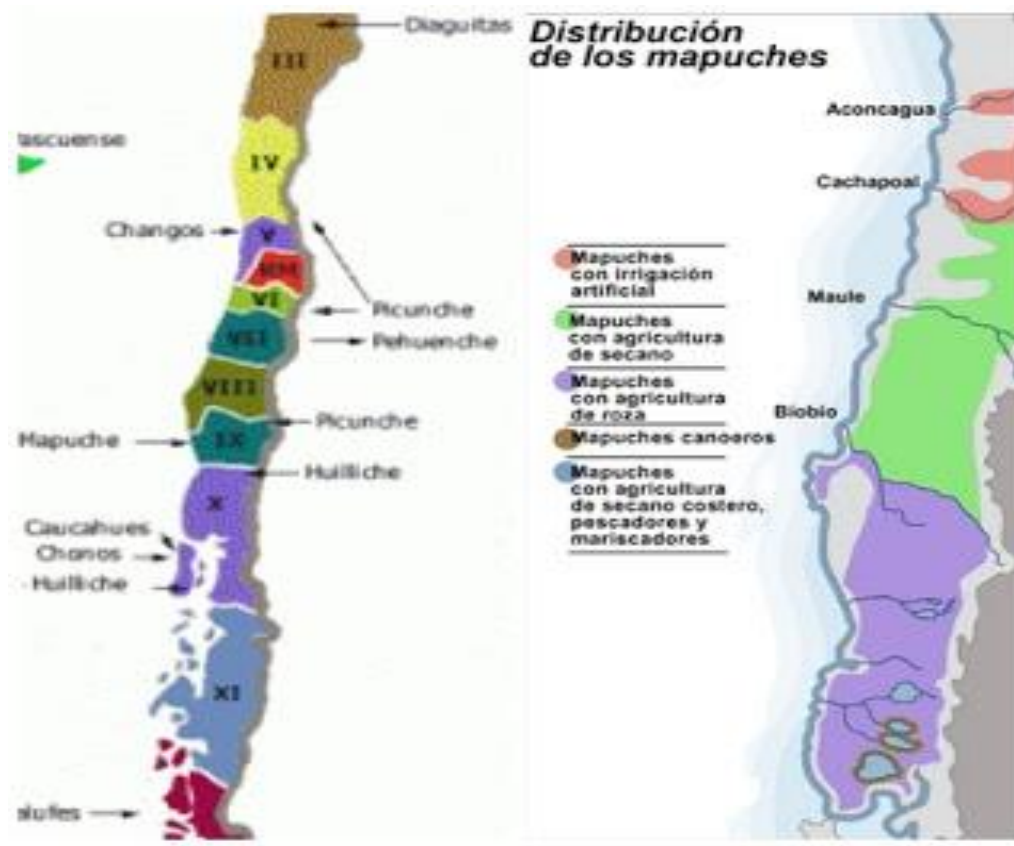
Era la primera mujer con que se casaba un mapuche (la unendomo), la real dueña del hogar, pues las siguientes le reconocían tal carácter, y su hijo mayor era el primogénito, aunque naciera después que los hijos varones de las otras. La unendomo quedaba libre en la viudedad, mientras que las demás mujeres formaban parte de la herencia del primogénito, o, si este no existía, del hermano mayor del difunto.

Organización Política Mapuche:

Las instituciones sociales y políticas partían del "lov", la cuál era una reunión de parientes inmediatos. Eran habitadas por una familia amplia, es decir, el padre con sus esposas y los hijos con sus cónyuges, núcleo de casi 30 personas que reconocían la autoridad paterna, autoridad que heredaba el hijo mayor.

Los asuntos internos de la comunidad se discutían en los cahuines, reuniones de caciquillos, indios principales y todos los que estaban unidos por el totem (dícese de aliado y protector de la familia).

1.3.2 Ubicación Geográfica y Situación actual:



Antes de la ocupación europea, la población mapuche se extendía entre la actual ciudad de Copiapó y el archipiélago de Chiloé; sin embargo, con la llegada de los españoles, la población se concentra principalmente entre los ríos Bío-Bío y Toltén, existiendo al sur del último y hasta

Chiloé, una zona con clara influencia cultural mapuche.

-La situación actual hoy esta con la promulgación de la Ley Indígena 19.253, se inicia un proceso de valoración, respeto y desarrollo de las comunidades que presentan una situación socioeconómica crítica y con altos índices de pobreza. El apoyo del Estado es fundamental para generar un desarrollo con identidad que permita mejorar las condiciones de vida y mantener sus tradiciones culturales. La población Mapuche actual es de 604.349 personas que representan el 87% de la Población Indígena del país, ubicándose en su gran mayoría entre las regiones VIII, IX y X.

1.3.3 Vivienda y organización Familiar Mapuche:



Vivienda (Ruca):

- El hogar de los mapuches, llamada ruca, en su lengua, era de paja y de barro, de forma redonda con techo rectangular. El menaje era bien pobre, ocupaban pieles para dormir y se sentaban en troncos o piedras. En el centro de la vivienda ardía constantemente una fogata. Para construir su ruca, debían avisar a un superior para dar el aviso al resto del pueblo. Así, el futuro dueño de la ruca debía recolectar los elementos para la construcción, mientras que el pueblo junto con él trabajaba construyendo la ruca; realizando un trabajo comunitario llamado *rukatum* ó *rukan*. Al finalizar el trabajo, se celebraban el trabajo con una comida compartida para los colaboradores y se bailaba con máscaras de madera o collón.

Organización Familiar y social :

Los mapuches no tenían ciudades, vivían en agrupaciones constituidas por varias tribus. Cada tribu estaba formada por familias y obedecían a un ulmén o cacique, que generalmente era el más viejo o el más valiente. Solamente en tiempo de guerra reconocían la autoridad suprema de un jefe guerrero, llamado toqui.

1.3.4 Rituales Mapuches:



La base de los ritos mapuches era la rogativa o petición

1) **El nguillatún** (ceremonia de rogación): Tenía por objeto pedir al Pillán y al tótem que beneficiaran al pueblo con lluvias, cosechas abundantes, el aumento del ganado y otros favores. Durante la ceremonia se realizan bailes acompañados de oraciones. Además se sacrificaba un animal. Para esto se necesitaba de un lugar especialmente dispuesto para este fin. En su centro se instala el rewe y a su alrededor los participantes. Dura un mínimo de dos días y un máximo de cuatro.

2) **El machitún** (ritual de sanación): se efectuaba para sanar a algún mapuche enfermo. Para ello intervenía un curandero llamado machi, la que se creía podía comunicarse con los espíritus. En el rito, el machi colocaba hojas de canelo considerado como el árbol sagrado mapuche y las encendía mientras realizaba cantos y danzas alrededor del paciente al son del kultrún. Así, cuando la ruca se llenaba de humo, el machi, usando sus conocimientos de hipnotismo, creaba un fenómeno de alucinación colectiva, y fingía clavar un cuchillo en el enfermo. Después "urgaba" en el interior del mismo y les mostraba a los parientes la causa del mal, representada en lagartijas o insectos. Finalmente, recetaba hierbas medicinales, como boldo, bailahuén, maitén, quillay y arrayán, entre otras.

3) **We tripantu** (Celebración año nuevo): es la celebración del año nuevo mapuche que se realiza en el día de solsticio de invierno entre el 21y el 24 de junio. De esta manera en el amanecer del día 24 de junio se inicia otro ciclo de vida en el mundo mapuche y en la madre tierra. Los ancianos cuentan historias a los niños, y a través del nüttram, conversación mapuche, los aconsejan. Tomando mate, comiendo sopaipillas y bailando se pasa la noche.

1.3.5 Bandera y significado de sus colores:



La bandera contemporánea recibe el nombre de Wenufoye, que significa "Canelo del cielo".

Los colores y formas de la bandera mapuche representan lo siguiente:

- Azul (Kallfü): Es el color que representa la vida, el orden, la abundancia y el universo. En lengua mapuche, kallfü también es un adjetivo que podría traducirse por "sagrado" o "espiritual".
- Blanco (Ayon-lig): Es el color que representa la limpieza, la curación y la longevidad. Símbolo de la sabiduría y la prosperidad
- Amarillo (Chod): Renovación. Símbolo del sol.
- Rojo (Kelü): Es el color que representa la fuerza y el poder. Símbolo de la historia.
- Verde (Karü): Color que representa la tierra o la naturaleza, la sabiduría, la fertilidad y el poder de curación. Símbolo de la machi.
- Cultrún o tambor mapuche (Kultrung): Este es un instrumento de percusión semiesférico para usos ceremoniales y sociales. Sobre su superficie plana, que representa la superficie de la Tierra están dibujados los cuatro puntos cardinales y entre ellos, el sol, la luna y las estrellas. Símbolo de la sabiduría universal
- Gemil o cruz escalonada, similar a la cruz inca o chacana: Representa el arte de la manufactura, la ciencia y el conocimiento. Es un símbolo del sistema de escritura.

1.4 Descripción de la escuela

Consta de una sola planta en la cual se distribuyen las siguientes zonas:

A la entrada nos encontramos a mano izquierda con la portería, la sala de profesores, los dormitorios y los baños. Al otro lado del pasillo están situadas las 3 aulas de enseñanza. Y finalmente encontraremos la cocina y el comedor. La instalación consta también de una pequeña zona destinada al almacenaje de distintos objetos.

Las características constructivas de la escuela son las siguientes:

- Las paredes de la escuela que separan los distintas salas son de pladur.



- El suelo de la escuela es de hormigón pintado.

1.5 Superficie

La distribución en metros útiles es la siguiente:

	Area (m²)
Clase 1	102,00
Clase 2	118,26
Clase 3	118,26
Comedor	359,64
Cocina	118,40
Sala de profesores	143,56
Portería	146,52
Dormitorio	76,25
WC chicas	28,91
WC chicos	28,91
Pasillo 1	31,25
Pasillo 2	14,75
Pasillo 3	38,75
Pasillo 4	117,25
Pasillo 5	46,75
Pasillo 6	119,00
Pasillo 7	38,75
Trastero	18,45
Centro de transformación	21,28
TOTAL	1686,94

1.6 Descripción de la actividad

En la escuela infantil se impartirán clases a niños/as de edades comprendidas entre los 3 y los 11 años con el principal objetivo de poder ofrecer una educación pública a una región que tiene un índice muy elevado de analfabetismo.

1.7 Suministro de energía

La energía que recibirá la escuela será suministrada por Iberdrola mediante una red de media tensión. Ésta red proporciona una tensión alterna trifásica de 13.200 voltios con una frecuencia de 50 ciclos por segundo.

La empresa suministradora se compromete, previo acuerdo, a facilitar e instalar una línea subterránea hasta el centro de transformación.



1.8 Previsión de cargas

Alumbrado	Potencia consumida (w)
Clase 1	264
Clase 2	369
Clase 3	369
Comedor	1440
Cocina	245
Sala de profesores	1296
Portería	1296
Dormitorio	560
WC chicas	280
WC chicos	280
Pasillo 1	140
Pasillo 2	140
Pasillo 3	280
Pasillo 4	700
Pasillo 5	280
Pasillo 6	700
Pasillo 7	280
Trastero	140
TOTAL	9059

Alumbrado de emergencia	Potencia consumida (w)
Clase 1	6
Clase 2	6
Clase 3	6
Comedor	12
Cocina	12
Sala de profesores	6
Portería	6
Dormitorio	6
WC chicas	6
WC chicos	6
Pasillo 1	6
Pasillo 2	6
Pasillo 3	12
Pasillo 4	12

Pasillo 5	12
Pasillo 6	12
Pasillo 7	12
TOTAL	144

TOTAL	9203
--------------	-------------

1.9 Normativa

La realización del presente proyecto así como la ejecución del mismo, se realizará de acuerdo a lo especificado en las normas y reglamentos vigentes en el momento, que son:

- **REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN.**
Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.
- **REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN CENTRALES ELÉCTRICAS, SUBESTACIONES Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.** Real Decreto 3275/82, de 12 de noviembre de 1982.
- **NORMAS UNE Y RECOMENDACIONES UNESA QUE SEAN DE APLICACIÓN.**
- **NORMAS PARTICULARES DE IBERDROLA.**
- **NORMAS TECNOLÓGICAS DE LA EDIFICACIÓN,** así como la **NORMA TECNOLÓGICA PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE PUESTA A TIERRA.**
- **REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.** Real Decreto 2267/2004 de 3 de Diciembre.
- **LEY 31/1995,** de 8 de noviembre, **DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.**
- **Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones (Ejemplo: CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN)**

2 Esquema de distribución

En este apartado analizaremos cuales son las alternativas más importantes que pueden afectar a la seguridad de las personas como la de la propia actividad y claro está también analizaremos lo referido a su viabilidad técnica y económica. Mediante todo esto buscamos que la instalación sea lo más fiable posible con el menor coste económico.



El esquema de conexión nos va a determinar las medidas de protección de nuestra red. Estos equipos de protección nos cubrirán frente a sobretensiones y frente a sobreintensidades.

Los esquemas de conexión se definen en función de cómo está puesta a tierra la red de alimentación y de cómo están puestas a tierra las masas de los receptores. Se designan por 2 o 3 letras:

- La primera letra indica cómo está conectada la alimentación respecto a tierra:
 - T; La red de alimentación tiene el neutro conectado directamente a tierra.
 - I; La red de alimentación tiene el neutro aislado o lo tiene conectado a tierra a través de una impedancia.
- La segunda letra indica cómo están conectadas las masas receptoras:
 - T; Las masas están conectadas directamente a tierra.
 - N; Las masas de los receptores están conectadas directamente a un punto de la alimentación (neutro o conductor de protección) que está conectado a tierra.
- La tercera letra se refiere a como se encuentran el conductor de neutro y el de protección:
 - S; Son conductores independientes
 - C; Son el mismo conductor, es decir, cumple las dos funciones.

Se analizarán las distintas conexiones que hay y se escogerá la que más convenga para nuestra instalación según las características técnicas y económicas. No obstante deberemos tener en cuenta los siguientes principios:

- a) Las redes de distribución pública de baja tensión tienen un punto puesto directamente a tierra por prescripción reglamentaria. Este punto es el punto neutro de la red. El esquema de distribución para instalaciones receptoras alimentadas directamente de una red de distribución pública de baja tensión es el esquema TT.
- b) En instalaciones alimentadas en baja tensión, a partir de un centro de transformación de abonado, se podrá elegir cualquiera de los tres esquemas citados.



- c) No obstante, puede establecerse un esquema IT en parte o partes de una instalación alimentada directamente de una red de distribución pública mediante el uso de transformadores adecuados, en cuyo secundario y en la parte de la instalación afectada se establezcan las disposiciones que para ese esquema se deben dar.

El sistema elegido es el TT (el neutro está conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación, tal y como se indica en la ITC 08 del REBT 2002.)

Con este tipo de régimen debemos colocar diferenciales para proteger la instalación ante cualquier corriente de defecto a tierra.

En principio la opción más segura sería elegir el esquema IT pero con este tipo de distribución tendríamos problemas en el caso de que se realizara algún tipo de ampliación o cambio. Por lo cual descartamos esta opción ya que desconocemos si en un futuro se va a realizar algún tipo de modificación.

El esquema TN también lo descartamos ya que es muy parecido al esquema TT, por el cual nos hemos decantado, ya que es el más utilizado en el tipo de instalación que vamos a realizar debido a las ventajas que nos aporta a la hora del mantenimiento o en lo que respecta a ampliaciones futuras y seguridad contra incendios.

Una de las ventajas más importantes que nos aporta el esquema de distribución TT es que la seguridad de la instalación depende de la resistencia de utilización, es decir, la del propio usuario (Ru). Esto hace que el propio usuario pueda vigilar y controlar la seguridad de la instalación.

3 Alumbrado

3.1 Introducción

La colocación de alumbrado artificial tiene como objeto sustituir o complementarse con la luz natural para poder continuar con la actividad que se está realizando durante los periodos de tiempo en los cuales la luz diurna es insuficiente o inexistente. Lo que queremos conseguir mediante el alumbrado artificial es iluminar adecuadamente los diferentes espacios cubiertos en los cuales se estén realizando diferentes actividades.

En el ámbito industrial la elección de una buena iluminación tiene diferentes consecuencias ya que se puede decir que es un factor de productividad y rendimiento, también tiene su influencia en el aspecto de seguridad laboral.

A la hora de proyectar una instalación tenemos que tener en cuenta las siguientes características que nos aporta el alumbrado:



- a) La intensidad de iluminación: crear unas condiciones óptimas de visibilidad mediante el suministro de una cantidad de luz suficiente.
- b) La distribución espacial de la luz, que comprende la combinación de la luz difusa y luz dirigida, el ángulo de incidencia, la distribución de las luminarias, la medida de la homogeneidad y el grado de deslumbramiento.
- c) Tenemos que asegurar una buena distribución de los colores, para ello tendremos que elegir unas fuentes luminosas que nos aporten las dichas condiciones
- d) Hay que elegir apropiadamente los aparatos de alumbrado para cada caso en particular.

3.2 Conceptos luminotécnicos

Dentro de la luminotécnica tenemos que tener conocer los siguientes conceptos:

- Flujo radiante (ϕ):
 - ❖ Se define como la potencia emitida, transportada o recibida, en forma de radiación.
 - ❖ La unidad es el vatio (W).
- Flujo luminoso (ϕ_v):
 - ❖ Magnitud que deriva del flujo radiante al evaluar su acción sobre el observador. Es la energía luminosa emitida por unidad de tiempo.
 - ❖ La unidad es el Lúmen (Lm).

- Lúmen:

Flujo luminoso emitido por un foco puntual de una Candela de intensidad sobre una porción esférica de un metro cuadrado a la distancia de un metro que corresponde a un ángulo sólido de un estereo-radián.

- Angulo sólido (w):

Se define por el volumen formado por la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera de radio r , y cuya base se encuentra situada sobre la superficie de la esfera, si el radio es un metro y la superficie de la base del cono es un metro cuadrado, el ángulo sólido vale un estereo-radián.

$$W = \frac{S}{r^2}$$

$$\phi_v = I \times w$$



Siendo:

- w: ángulo sólido.
- S: superficie de la base del cono.
- r: radio de la base del cono.
- I: intensidad lumínica.
- ϕ_v : flujo luminoso.

- Energía radiante (Q_e):

- ❖ Es la energía emitida, transportada o recibida en forma de radiación.
- ❖ La unidad es el Julio (J).

- Cantidad de luz (Q_v):

- ❖ Es la energía en función del tiempo del flujo luminoso, durante una duración dada de tiempo.
- ❖ Las unidades son: Lúmen por segundo ($Lm^* sg$) o Lúmen por hora ($Lm^* hora$).

- Intensidad luminosa (I):

- ❖ Es el flujo emitido en una dirección dada, por unidad de ángulo sólido.
- ❖ La unidad es la Candela (Cd).

- Candela (Cd):

Se define como la intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia $540 \cdot 10^{12}$ Hz y cuya intensidad radiante en esa dirección es $1/683$ w* estereo-radián.

- Distancia luminosa:

Conjunto de la intensidad luminosa de una lámpara en todas direcciones.

- Iluminancia (E):

- ❖ Es el flujo luminoso recibido por unidad de superficie. Es el cociente entre el flujo luminoso recibido por un elemento de la superficie que contiene al punto y el área de dicho elemento.
- ❖ La unidad es el Lux (Lx).

$$E = \frac{v\phi}{S}$$

- Lux (Lx):

Se define como la iluminancia producida por un flujo de un lúmen que se distribuye uniformemente sobre una superficie de un metro cuadrado.

$$1\text{Lux} = 1 \text{ Lm} / 1\text{m}^2$$



- Luminancia:
 - ❖ Intensidad luminosa en una dirección dada por unidad de superficie aparente iluminada.
 - ❖ Su unidad es Cd x m².

- Rendimiento luminoso o eficacia luminosa:
 - ❖ Relación entre el flujo emitido por la fuente y la potencia empleada para obtener tal flujo, con ella se puede evaluar el ahorro de energía que puede dar una lámpara con respecto a otra.
 - ❖ Su unidad de medida es el lúmen por vatio (Lm/ W).

A continuación se muestran los diferentes rendimientos luminosos que podemos encontrar dentro de las diferentes lámparas:

- Incandescentes (1-2000W): 8- 20 Lm/ W
- Incandescentes con halogenuros (3-10000W): 18- 22 Lm/ W
- Fluorescentes tubulares (4-250W): 40- 93 Lm/ W
- Fluorescentes compactas (5-36W): 50- 82 Lm/ W
- Vapor de mercurio (50-2000W): 40- 58 Lm/ W
- Halogenuros metálicos (75-3500W): 60- 95 Lm/ W
- Sodio a alta presión (50-1000W): 66- 130 Lm/ W
- Sodio a baja presión (18-180W): 100- 183 Lm/ W

- Temperatura del color:
 - ❖ Es la correspondiente a la temperatura del “cuerpo negro” que presenta el mismo color de la fuente. Se puede decir que la temperatura es un elemento de elección cualitativa de una lámpara, así como el flujo un elemento cuantitativo.

 - ❖ Su unidad de medida es el grado Kelvin (K).

La Comisión Electrónica Internacional (CEI) con fines prácticos de aplicación ha sugerido la siguiente clasificación, en cuanto a correspondencia entre la apariencia de color y la temperatura de color de las lámparas:

- Blanco cálido: 3000 K
- Blanco: 3500K
- Blanco frío: 4200 K
- Luz día: 6500 K

Ejemplos de distintas temperaturas de color:

- Incandescentes: 2600-2800 K
- Incandescentes con halogenuros: 3000 K
- Fluorescentes tubulares: 2600-6500 K
- Fluorescentes compactas: 2700 K



- Vapor de mercurio: 4000-4500 K
- Halogenuros metálicos : 4800-6500 K
- Sodio a alta presión: 2100 K
- Sodio a baja presión: 1800 K

Para tener una sensación visual confortable, a bajas iluminaciones le deben corresponder lámparas con una baja temperatura de color y a altas iluminaciones, lámparas con una temperatura de color elevada.

- Reproducción cromática:

Se trata de un índice que representa la capacidad que tiene una fuente luminosa para reproducir los colores de varios objetos en diferencia con una fuente de luz natural o ideal. Este índice (R_a) está comprendido entre 0 y 100, en el caso de que nuestro índice tenga el valor máximo (100) podremos decir que muestra todos los colores correctamente. A medida que vaya disminuyendo el índice R_a peor será la reproducción cromática.

A la hora de saber la calidad de reproducción cromática de nuestra fuente de luz encontramos la siguiente escala de valores:

- Rendimiento bajo: $R_a < 50$.
- Rendimiento moderado: $50 < R_a < 80$.
- Rendimiento bueno: $80 < R_a < 90$.
- Rendimiento excelente: $90 < R_a < 100$.

3.3 Proceso de cálculo

A la hora de calcular instalaciones interiores tenemos que tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Obtención de información previa de los factores de partida.
2. Fijar el nivel de iluminación.
3. Determinación del sistema de iluminación y del tipo de luminaria.
4. Determinación del factor de mantenimiento.
5. Calcular el índice local.
6. Calcular el flujo a instalar.
7. Cálculo del número de luminarias
8. Distribución de las luminarias.

3.3.1 Información previa de los factores de partida

Con el objetivo de conseguir el mejor diseño posible en lo referido a iluminación general y uniforme, tendremos en cuenta los siguientes factores de partida:

- Tipo de tarea que se va a desempeñar.
- Tensión de alimentación de la red eléctrica.
- La y la configuración que tiene el local.
- Las características y el tipo de objeto que se pretende iluminar.



3.3.2 Determinación del nivel de iluminación

Dependiendo de los diferentes locales y las actividades que se van a realizar en ellas, existen diferentes niveles de iluminación. Para determinar dichos niveles se han realizado diferentes estudios, los cuales determinan los valores orientativos que habría que colocar en cada situación. Hay que saber que al ser de carácter orientativo y habría que realizar un estudio detallado de cada

A continuación se incluye una tabla con los niveles de iluminación según la clase de edificio y la tarea a realizar:

Clase de edificio y espacio a iluminar	Nivel de iluminación en Lux (Lx)
Escuelas:	
Pasillos, vestíbulos, aseos	200
Aulas y bibliotecas	750
Cocinas y talleres en general	500
Aulas de dibujo	1000
Hospitales:	
Pasillos durante el día	250
Pasillos durante la noche	40
Aseos, locales de mantenimiento	200
Habitación iluminación general	150
Habitación iluminación lectura	250
Servicio médico general	250
Servicio médico reconocimiento	500
Sala de operación y autopsias:	
Iluminación general	1000
Puesto de trabajo	mayor 5000
Quirófano	20000-100000
Zona adyacente quirófano	10000
Hostales y restaurantes:	
Habitaciones y pasillos	200
Cocinas	500
Sala de lectura	500
Restaurante y autoservicio	300
Salas de costura	750
Imprenta:	
Alumbrado general	500
Comprobación colores	1200
Fotocomposición y montaje	1500
Locales de trabajo:	
Garajes y aparcamientos	80



Locales de vestuario, ducha y aseo	200
Locales de almacenaje	300
Fundiciones, cerámicas y granjas	150
Locales de venta y exposición:	
Almacenaje y exposición	250
Comercio y salas de exposición	500
Pabellones de ferias	500
Supermercados	1000
Escaparates	Más de 1000
Montaje de piezas:	
Mecánica en general	500
Montajes precisión eléctricos	1500
Trabajos finos en cristal	1500
Piezas miniaturizadas	2000
Oficinas:	
Trabajos de mecanografía	750
Dibujo técnico	1200
Comprobación de colores	1200
Punto y confección:	
Telares punto oscuro	700
Telares punto claro	500
Control calidad	1000
Trabajo de la madera:	
Trabajo en banco	300
Trabajo en máquinas	500
Acabado, pulido y barnizado	500

Hay que tener en cuenta que cuando la diferencia de nivel de iluminación entre dos locales contiguos sea superior al 20%, el nivel menos iluminado de ambos no será inferior a 200 Lx. En el de un local desprovisto totalmente de ventanas o huecos de iluminación natural, el nivel de iluminación no será inferior a 500 Lx.

3.3.3 Determinación del sistema de iluminación y tipo de luminaria- lámpara

3.3.3.1 Sistemas de iluminación

Dentro de los sistemas de iluminación, a partir de sus características, podemos diferenciarlos en 5 grupos:

- Directa:

Con este tipo de iluminación obtenemos altos niveles de iluminación sobre el plano útil de las mesas y los puestos de trabajo. Por sus características no ilumina las partes que están por encima de ella consiguiendo así que las pérdidas



de luz que tendríamos por las claraboyas sean mínimas. Lo que queremos conseguir con este tipo de iluminación es tener el menor número de sombras posibles, para ello cada objeto será iluminado desde diferentes puntos.

La iluminación directa se realiza, en general, por medio de reflectores de chapa esmaltada o de aluminio pulido, anodizado y abrillantado. Con el objeto de dar a la luz obtenida cierto grado de difusión favorable al suavizado, de las sombras, a la vez, concentrar el flujo luminoso hacia las zonas útiles del local, estos reflectores deben de ser anchos y profundos.

Mediante la iluminación directa se consigue una distribución luminosa tal que del 90% al 100% del flujo luminoso emitido llegue directamente al plano de trabajo.

- **Semidirecta:**

Con la iluminación semidirecta parte de la luz que emiten los aparatos, es reflejada sobre el techo, esto hace que su uso esté restringido para locales con un techo no muy alto. No es recomendable utilizarlo en locales que estén provistos de claraboyas. Con este tipo de iluminación conseguimos de una manera económica altos niveles de iluminación, obteniendo unas sombras más suaves que con la iluminación directa ya que los objetos reciben la luz directa del aparato y la que se refleja en las paredes y el techo.

Con este tipo de iluminación se consigue que entre el 60% y el 90% del flujo luminoso emitido se dirija hacia abajo, hacia el plano de trabajo, mientras que el resto del flujo luminoso, del 10% al 40%, se dirige hacia techo y paredes.

- **Difusa:**

Este tipo de iluminación da mucha importancia a la reflexión de luz proveniente de las paredes y el techo. Se consigue hacer desaparecer las sombras de los objetos, para esto y con el objetivo de que las paredes y el techo absorban la menor cantidad de luz posible, se aconseja pintar los locales con colores claros.

Con la iluminación difusa el flujo luminoso emitido hacia abajo es del 40% al 60% con ángulos por debajo de la horizontal, y entre el 40% y el 60% del flujo luminoso se dirige hacia arriba.

- **Semiindirecta e indirecta:**

La iluminación semiindirecta, y la iluminación indirecta, hacen que los manantiales luminosos secundarios, que equivalen a las paredes y techo del local, tengan un efecto preponderante sobre los manantiales luminosos primarios, que son las lámparas eléctricas.

Desaparecen las sombras totalmente y también el riesgo de deslumbramiento directo, ya que las lámparas están totalmente ocultas. La falta de plasticidad

obtenida con estos sistemas obliga en algunos casos a completar el alumbrado del local mediante alumbrado auxiliar. Estos dos tipos de iluminación, precisan que las paredes y techos del local estén pintados con materiales de alto factor de reflexión, y aunque esta condición se cumpla, el consumo de energía es mayor que para cualquier otro sistema de iluminación.

Mediante la iluminación semiindirecta e indirecta, del 60% al 100% del flujo luminoso emitido es dirigido hacia arriba en ángulos superiores a la horizontal.

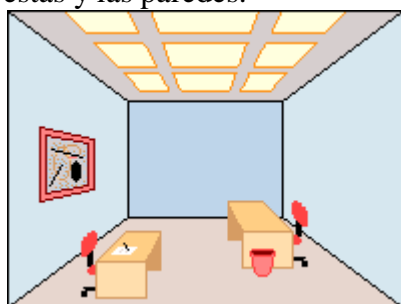
Dependiendo de la distribución que tenga la luz en el local que vamos a iluminar, podemos obtener tres clases de alumbrado con cada uno de los cinco tipos de iluminación que hemos comentado anteriormente.

A) Alumbrado general

Es un alumbrado que ilumina los espacios de una manera uniforme, sin tener en cuenta las necesidades particulares que puede tener cada zona. La iluminación media deberá ser igual al nivel de iluminación que requiera la tarea específica. Tiene la ventaja que podemos cambiar los espacios de trabajo ya que la con este tipo de alumbrado la iluminación seguirá siendo uniforme.

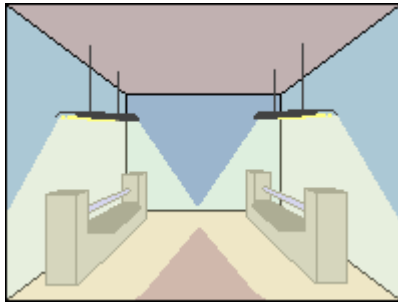
A la hora de distribuir los alumbrados, la forma más normal es colocar las luminarias de una forma simétrica, colocando en filas por columnas, siendo el producto el número total de luminarias a instalar.

Con el objetivo de que las luminarias queden repartidas lo más uniformemente posible, la distancia entre luminarias viene acotado y no puede sobrepasar un determinado valor. Este valor viene determinado por la altura de montaje, el nivel de iluminación o las características propias del local y de las propias luminarias. Normalmente, la distancia entre luminarias es el doble que entre estas y las paredes.



B) Alumbrado general localizado

Este tipo de alumbrado se centra en las zonas donde se necesita un alto nivel de iluminación, como pueden ser las zonas de trabajo. En las zonas contiguas será suficiente con el alumbrado general.



C) Alumbrado suplementario

Se trata de un alumbrado que proporciona un nivel de iluminación alto en puntos específicos de trabajo, se puede obtener combinando alumbrado general o alumbrado general localizado.



3.3.3.2 Tipos de lámparas

A) Lámpara de Incandescencia

Es un tipo de lámpara muy práctica y de fácil aplicación, en el mercado existe una amplia gama y las podemos encontrar con todo tipo de potencias. Se aconseja su uso para niveles de iluminación inferiores a 200 lux, tiene una gran presencia en alumbrado doméstico y de señalización. Este tipo de lámparas tienen un rendimiento luminoso bajo y una duración media reducida.

B) Lámpara Fluorescente

Se utiliza cuando necesitamos una elevada temperatura de color, la T^a de color define únicamente el color, es decir, el tono de la luz. También es utilizada cuando el nivel de iluminación necesario sobre el plano útil de trabajo, ha de alcanzar o sobrepasar los 200 lux, sobre todo si la instalación ha de estar funcionando durante un elevado número de horas el año (2000horas o más).

Es una de las lámparas más utilizadas universalmente ya que el flujo luminoso es del orden de siete veces mayor comparado con el que producen las lámparas incandescentes



de la misma potencia, otros factores que podemos resaltar es la gran calidad de luz y su larga vida. Estas características hacen que sean de aplicación universal para fines generales de alumbrado, sobre todo, en interiores de oficina, grandes almacenes, comercio escuelas, hospitales, industrias, etc.; donde la altura de montaje no supere los cinco metros.

C) Lámpara de vapor de Mercurio

Estas lámparas se utilizan para alumbrado industrial, cuando las condiciones de calidad de luz no son tan exigentes. Podemos encontrar dos tipos de lámparas: luz mixta o de color corregido; estas últimas tienen un elevado rendimiento luminoso y una larga vida media (6000-9000 horas), esto hacen que resulten la interesantes económicamente. Son muy apropiadas para alumbrado directo con aparatos de alumbrado suspendidos a mucha altura.

D) Lámpara de vapor de Sodio

Son muy utilizados para alumbrado exterior o en naves industriales con elevadas alturas de montaje. Podemos encontrar dos tipos: de baja o alta tensión.

Las de alta tensión presentan una gran duración y un alto rendimiento, lo que hace que se cambien cada mucho de tiempo. La elevada potencia unitaria que tiene hace que se utilicen en instalaciones interiores de industria.

3.3.4 Determinación del factor de mantenimiento

En cualquier instalación de alumbrado, encontramos tres elementos de mantenimiento, los cuales son variables y afectan a la cantidad de flujo luminoso útil que se obtiene en el espacio a iluminar.

- A) La depreciación luminosa de la propia lámpara.
- B) La pérdida por acumulación de polvo y suciedad sobre la superficie de la lámpara y la superficie reflectora y transmisora de la luminaria.
- C) Pérdida de luz reflejada en las paredes.

Teniendo en cuenta estos tres elementos, se definen tres condiciones de mantenimiento que nos permiten valorar cuantitativamente el factor de mantenimiento o factor de depreciación.

3.3.4.1 Factor de mantenimiento bueno

Cuando las luminarias se limpian frecuentemente y las lámparas se sustituyen por grupos antes de fundirse. Condiciones atmosféricas buenas exentas de polvo y suciedad. Este factor de mantenimiento toma valores comprendidos entre 0,70 y 0,90. Típicamente se toma 0,75 o 0,8.



3.3.4.2 Factor de mantenimiento medio

Cuando las luminarias no se limpian con frecuencia y las lámparas sólo se reponen cuando se funden. Condiciones atmosféricas menos limpias. Este factor de mantenimiento medio toma valores comprendidos entre 0,60 y 0,70.

Típicamente se toma 0,65.

3.3.4.3 Factor de mantenimiento malo

Cuando las condiciones atmosféricas son bastante sucias y la instalación tiene un mantenimiento deficiente. Este factor de mantenimiento malo toma valores comprendidos entre 0,50 y 0,60.

Típicamente se toma 0,55.

3.3.5 Cálculos del índice del local

Los locales a iluminar se clasifican según la relación que existe entre sus dimensiones, la altura de montaje, y el tipo de alumbrado. Es lo que denominamos índice local y nos sirve después, para determinar el factor de utilización. Se calcula de la siguiente forma:

Para iluminaciones directas, semidirectas y difusas, se utiliza:

$$\text{Relación del local} = \frac{A * L}{h * (A + L)}$$

Para iluminaciones indirectas y semiindirectas, se utiliza:

$$\text{Relación del local} = \frac{3 * A * L}{2 * h * (A + L)}$$

En ambas formulas:

A= ancho del local en metros.

L= longitud del local en metros.

h = altura de montaje en metros. Se considera la distancia que hay desde la luminaria hasta el plano útil o de trabajo situado a 0,85 metros sobre el suelo según la NTE.

La altura del local, H es la suma de la altura de suspensión de la luminaria C, más la altura de montaje h, y más el 0,85 metros al que está el plano de trabajo. Es decir:

$$H = C + h + 0,85 \text{ m}$$

Como H y C son datos previos de la instalación, la altura de montaje se calcula mediante la fórmula:

$$h = H - (C + 0,85) \text{ m}$$



Con el de relación del local calculado, Se calculará el índice del local, K con ayuda de la siguiente tabla:

Índice del local	Relación del local	
	Valor	Punto central
J	Menos de 0.7	0.60
I	0.7 a 0.9	0.80
H	0.9 a 1.12	1.00
G	1.12 a 1.38	1.25
F	1.38 a 1.75	1.50
E	1.75 a 2.25	2.00
D	2.25 a 2.75	2.50
C	2.75 a 3.50	3.00
B	3.50 a 4.50	4.00
A	Más de 4.50	5.00

3.3.6 Determinación del factor de utilización

Se conoce como factor de utilización de un sistema de alumbrado a la relación existente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo total que emiten las lámparas instaladas.

Se trata de un factor complejo y difícil de calcular, pero es necesario debido a su importancia a la hora de hacer el cálculo del alumbrado. Su dificultad en los cálculos radica en que hay que tener en cuenta factores como: el valor adecuado del nivel de iluminación, el sistema de alumbrado, las luminarias, la dimensión del local, la reflexión o el propio factor de mantenimiento.

Los valores del factor de utilización vienen tabulados según cada fabricante, para obtener los estos valores, se tienen en cuenta los siguientes aspectos: tipo de luminaria, índice del local y reflexión de los suelos y techos



Tipo de luminaria	Reflexión techo	75 %			50 %			30 %	
	Reflexión pared	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %	10 %
	Índice local K	Factor o coeficiente de utilización, F_u							
Fluorescente empotrado	J	0.40	0.37	0.35	0.39	0.37	0.35	0.37	0.35
	I	0.48	0.46	0.45	0.47	0.45	0.44	0.44	0.43
	H	0.52	0.50	0.50	0.51	0.49	0.49	0.48	0.48
	G	0.55	0.54	0.53	0.54	0.53	0.51	0.51	0.50
	F	0.58	0.56	0.54	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52
	E	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58	0.56	0.57	0.55
	D	0.65	0.62	0.60	0.62	0.61	0.59	0.59	0.58
	C	0.66	0.64	0.61	0.64	0.62	0.61	0.61	0.60
	B	0.67	0.65	0.64	0.65	0.63	0.62	0.62	0.61
A	0.68	0.66	0.65	0.66	0.65	0.63	0.64	0.62	

Fluorescente descubierto	J	0.32	0.27	0.23	0.32	0.26	0.23	0.25	0.23
	I	0.40	0.35	0.61	0.39	0.34	0.30	0.34	0.30
	H	0.44	0.39	0.36	0.43	0.39	0.35	0.36	0.35
	G	0.48	0.43	0.40	0.46	0.42	0.39	0.41	0.39
	F	0.52	0.47	0.43	0.50	0.46	0.42	0.45	0.42
	E	0.57	0.52	0.48	0.55	0.51	0.47	0.50	0.46
	D	0.62	0.56	0.52	0.59	0.55	0.51	0.54	0.51
	C	0.65	0.59	0.54	0.62	0.57	0.54	0.56	0.53
	B	0.69	0.63	0.59	0.65	0.61	0.58	0.60	0.58

Luminaria industrial abierta	J	0.38	0.32	0.28	0.37	0.32	0.28	0.31	0.28
	I	0.47	0.52	0.39	0.46	0.41	0.38	0.40	0.37
	H	0.51	0.47	0.44	0.50	0.47	0.43	0.46	0.43
	G	0.55	0.51	0.48	0.54	0.51	0.47	0.50	0.47
	F	0.58	0.54	0.51	0.57	0.53	0.51	0.52	0.50
	E	0.63	0.60	0.57	0.62	0.59	0.56	0.58	0.55
	D	0.68	0.64	0.61	0.66	0.64	0.61	0.63	0.60
	C	0.70	0.67	0.63	0.68	0.65	0.63	0.64	0.62
	A	0.74	0.72	0.70	0.72	0.70	0.68	0.69	0.67
Luminaria directa con rejilla difusora	J	0.33	0.28	0.26	0.32	0.28	0.26	0.28	0.26
	I	0.39	0.36	0.34	0.39	0.35	0.34	0.35	0.34
	H	0.43	0.40	0.38	0.42	0.40	0.38	0.39	0.38
	G	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.42	0.41
	F	0.48	0.46	0.43	0.47	0.45	0.43	0.45	0.43
	E	0.52	0.50	0.47	0.51	0.49	0.47	0.48	0.47
	D	0.55	0.53	0.51	0.54	0.52	0.51	0.52	0.51
	C	0.57	0.55	0.52	0.56	0.53	0.52	0.53	0.52
	A	0.59	0.57	0.56	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54



Luminaria esférica de vidrio	J	0.24	0.19	0.16	0.22	0.18	0.15	0.16	0.14
	I	0.29	0.25	0.22	0.27	0.23	0.20	0.21	0.19
	H	0.33	0.28	0.26	0.30	0.26	0.24	0.24	0.21
	G	0.37	0.32	0.29	0.33	0.29	0.26	0.26	0.24
	F	0.40	0.36	0.31	0.36	0.32	0.29	0.29	0.26
	E	0.45	0.40	0.36	0.40	0.36	0.33	0.32	0.29
	D	0.48	0.43	0.39	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33
	C	0.51	0.46	0.42	0.45	0.41	0.38	0.37	0.34
	B	0.55	0.50	0.47	0.49	0.45	0.42	0.40	0.38
	A	0.57	0.53	0.49	0.51	0.47	0.44	0.41	0.40
Luminaria reflector haz estrecho (incandescente o descarga)	J	0.43	0.40	0.39	0.42	0.40	0.39	0.40	0.38
	I	0.51	0.50	0.49	0.50	0.49	0.48	0.49	0.46
	H	0.55	0.54	0.53	0.54	0.53	0.52	0.53	0.52
	G	0.59	0.58	0.57	0.58	0.56	0.55	0.56	0.55
	F	0.61	0.60	0.58	0.59	0.58	0.58	0.58	0.57
	E	0.64	0.63	0.62	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60
	D	0.68	0.65	0.64	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63
	C	0.69	0.67	0.65	0.67	0.66	0.64	0.64	0.64
	B	0.70	0.68	0.67	0.68	0.67	0.66	0.66	0.65
	A	0.71	0.70	0.68	0.69	0.67	0.67	0.67	0.66
Luminaria reflector haz medio-ancho (incandescente o descarga)	J	0.40	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34	0.36	0.33
	I	0.48	0.45	0.43	0.47	0.44	0.43	0.44	0.42
	H	0.52	0.50	0.48	0.51	0.49	0.47	0.49	0.47
	G	0.55	0.53	0.52	0.55	0.52	0.51	0.52	0.51
	F	0.58	0.56	0.53	0.56	0.55	0.53	0.55	0.53
	E	0.62	0.60	0.58	0.61	0.59	0.57	0.58	0.57
	D	0.66	0.63	0.61	0.64	0.62	0.61	0.62	0.61
	C	0.67	0.65	0.62	0.66	0.64	0.62	0.63	0.62
	B	0.69	0.67	0.66	0.67	0.65	0.64	0.65	0.64
	A	0.70	0.68	0.67	0.69	0.67	0.65	0.66	0.62

El factor de reflexión, lo podemos definir como la relación que existe entre la luz reflejada por una superficie y la luz que incide sobre ella. Es un porcentaje que es diferente dependiendo del color y la tonalidad, todos estos aspectos viene tabulados en la siguiente tabla, de la cual obtenemos el valor de reflexión.



Color de paredes y techos	Factor de reflexión en %
Blanco	70 - 90
Beige claro	70 - 80
Amarillo y crema claro	60 - 75
Verde muy claro	60 - 75
Verde claro	70 - 80
Verde claro y rosas	45 - 65
Azul claro	45 - 55
Gris claro	40 - 50
Rojo claro	30 - 50
Marrón claro	30 - 40
Beige oscuro	25 - 35
Marrón, verde, azul oscuros	5 - 20
Negro	3 - 4

3.3.7 Cálculo del flujo a instalar

Para obtener el flujo total a instalar, utilizamos la siguiente fórmula:

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m}$$

Donde:

E = nivel de iluminación en lux según la tarea.

S= superficie del local.

f_m = factor de mantenimiento, determinado según se ha visto.

η = factor de utilización, determinado según se ha visto.

3.3.8 Cálculo del número de luminarias

Como ya tenemos el valor del flujo total Φ_T y el flujo de cada luminaria (nos lo proporciona el fabricante) Φ_L , podemos calcular el nº de luminarias que tendremos que instalar.

Para ello utilizaremos la siguiente fórmula

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L}$$

Donde:

N= Número de luminarias.

Φ_T = Flujo a instalar.

n = Número de lámparas por luminaria.

Φ_L = Flujo de la lámpara.



3.3.9 Distribución de las luminarias

Normalmente la distribución de luminarias más empleada es colocarlas de forma simétrica en filas y columnas, siendo el producto de ellas el nº total de luminarias a instalar.

En locales como aseos, el número de luminarias se aumenta para que todas las estancias queden iluminadas.

3.4 Alumbrado interior

3.4.1 Justificación de las lámparas y luminarias empleadas

- Para lugares como tiendas, escuelas, oficinas, edificios industriales, hospitales, etc. Se recomiendan luminarias que emitan luz de color blanca, con alto nivel de rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color.

Luminarias de empotrar Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB, estas luminarias vienen con sus lámparas fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840, albergando cuatro tubos fluorescentes. Las lámparas son de descarga de mercurio de baja presión.

- Para lugares como naves industriales, salas de exposición, supermercados, calles comerciales, grandes almacenes de bricolaje, iglesias, antesalas de aeropuertos y salas de espera de estaciones, en definitiva en locales de gran altura.

Luminarias Philips Cabana HPK150 1xHPI-P400W, estas luminarias vienen con su lámpara de vapor de mercurio de alta presión (VMAP), Philips HPI-P 400W. La luz que emiten estas lámparas es blanca y por lo tanto dan una iluminación más limpia y clara que las de vapor de sodio.

- Luminaria adosada Philips Mazda TCS 160 2xTL-D58 W HFP DP, estas luminarias vienen con sus lámparas fluorescentes Philips MASTER TL-D 58W/840, albergando 2 fluorescentes de 58 W. Las lámparas son de descarga de mercurio de baja presión.

La luz que emiten las lámparas fluorescentes es de color blanca, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color.

- Luminarias Downlights Philips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P26W/840 I 230V L W2 IP20, estas luminarias vienen con sus lámparas fluorescentes Philips PL-C/2P26W/840. La luz que emiten las lámparas de descarga de baja presión es de



color blanca, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color.

- Luminarias Philips MVF 480 2xSON-TPP 400W-NB, estas luminarias vienen con sus dos lámparas fluorescentes Philips SON-TPP 400W.

3.4.2 Soluciones empleadas

- **Portería:**
 - 6 tubos fluorescentes Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB
- **Sala de profesores:**
 - 6 tubos fluorescentes Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB
- **Dormitorio:**
 - 4 tubos fluorescentes Philips Mazda TBS 260 4xTL5-35w HPF DPB
- **WC-s:**
 - 2 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-35W/840 en e baño de las chicas.
 - 2 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-35W/840 en e baño de las chicos.
- **Distribuidor:**
 - 18 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-28W/840
- **Aula 1:**
 - 6 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-35W/840
 - 1 tubo fluorescente Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB
- **Aula 2:**
 - 9 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-35W/840
 - 1 tubo fluorescente Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB
- **Aula 3:**
 - 9 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-35W/840
 - 1 tubo fluorescente Philips Mazda TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB
- **Comedor:**



-15 tubos fluorescentes Philips MASTER TL-D-80W/840

- **Cocina:**

-7 tubos fluorescentes Philips MASTER TL5-35W/840

- **Trastero:**

--1 tubo fluorescente Philips MASTER TL5-35W/840

3.5. Alumbrados especiales

Este tipo de alumbrados tienen como objetivo asegurar la presencia de luz aún faltando el alumbrado general. Indican el acceso hasta las salidas para posibles evacuaciones de público o también iluminan otros puntos que señalen las salidas.

Podemos distinguir tres tipos de alumbrados especiales: de emergencia, de señalización y el de reemplazamiento.

Este tipo de alumbrados, vienen alimentados por líneas que están protegidas con interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Estas mismas líneas no podrán alimentar más de 12 puntos de luz, en el caso de en la misma estancia existieran varios puntos de luz de alumbrados especiales, tendrán que ser repartidos en dos líneas diferentes, independientemente de que el número sea inferior a 12.

Sólo puede ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior. Si esta fuente propia está constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se puede utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

Estos alumbrados tienen que tener una autonomía mínima de una hora y debe proporcionar en los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux. En cambio en los puntos donde estén situados los equipos de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado la iluminación mínima será de 5 lux.

Comenzarán a funcionar automáticamente cuando se den una de estas dos condiciones: al producirse un fallo en los alumbrados generales o cuándo la tensión de los alumbrados baje a menos del 70% de su valor nominal.

Se situará en las salidas de los locales y de las dependencias indicadas en cada caso y en las señales indicadoras de la dirección de los mismos. Cuando existe un cuadro principal de distribución, tanto el local donde está ubicado como sus accesos estarán provistos de este tipo de alumbrado.

Las zonas que se muestran a continuación deberán tener un alumbrado de emergencia:



- a) Todos los recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- b) Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a uso residencial o uso hospitalario, y los de zonas destinadas a cualquier uso que estén previstos para evacuación de más de 100 personas.
- c) Todas las escaleras y pasillos protegidos, los vestíbulos previos y las escaleras de incendios.
- d) Los aparcamientos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- e) Los locales de riesgo especial y los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- f) Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- g) Los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.

Con el objetivo de cumplir con lo dicho con anterioridad, puede aplicarse la siguiente regla práctica para la distribución de luminarias:

- Dotación: 5 lúmenes / m
- Flujo luminoso de las luminarias 4 h, siendo h la altura a las que estén instaladas las luminarias comprendidas entre 2,00 y 2,50 metros.

El alumbrado de señalización debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezca con público.

Cuando tengamos locales, dependencias o indicaciones que deban iluminarse y coincidan con las de emergencia, los dos puntos de luz serán los mismos.

Si el suministro habitual del alumbrado de señalización falla, o su tensión baja a menos del 70 % de su valor nominal, la alimentación del mismo debe pasar automáticamente al segundo suministro.

3.5.1. Solución empleada

Para llevar a cabo el alumbrado de emergencia se utilizarán los siguientes aparatos autónomos:

- Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6622 07; 6W de 100 lm. Estos aparatos los utilizaremos para el alumbrado de emergencia de oficinas, edificios exteriores y vestuarios.



La colocación del alumbrado de emergencia y señalización se situarán a una altura de 2,30 m respecto del suelo, justo encima de los marcos de las puertas, excepto en el caso de los proyectores, que se colocarán a una altura de 3 m respecto del suelo.

Solución adoptada:

- **Portería:**
 - 1 aparato autónomo de emergencia Legrand; Ref: 6627 07; 6W de 100 lm.
- **Sala de profesores:**
 - 1 aparato autónomo de emergencia Legrand; Ref: 6627 07; 6W de 100 lm.
- **Dormitorio:**
 - 1 aparato autónomo de emergencia Legrand; Ref: 6627 07; 6W de 100 lm.
- **WC-s:**
 - 2 aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6627 07; 6W de 100 lm.
- **Distribuidor:**
 - 4 aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6627 07; 6W de 100 lm.
- **Aula 1:**
 - 1 aparato autónomo de emergencia Legrand; Ref: 6627 07; 6W de 100 lm.
- **Aula 2:**
 - 1 aparato autónomo de emergencia Legrand; Ref: 6627 07; 6W de 100 lm.
- **Aula 3:**
 - 1 aparato autónomo de emergencia Legrand; Ref: 6627 07; 6W de 100 lm.



- **Comedor:**

-2 aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6627 07; 6W de 100 lm.

- **Cocina:**

-2 aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6627 07; 6W de 100 lm.

4 Conductores y distribución en baja tensión

4.1 Introducción

Se denominan líneas interiores a las instalaciones que encontramos dentro de los edificios, que comienzan en el punto de conexión del transformador y terminan en los elementos receptores.

Realizaremos la conducción de electricidad desde el transformador hasta los elementos receptores, teniendo en cuenta que nuestra instalación es de baja tensión, utilizaremos las tensiones normalizadas según lo indique el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Nosotros emplearemos corriente alterna trifásica (400/230 V), con lo que los conductores que utilicemos deberán calcularse para que tengan una resistencia mecánica suficiente. También habrá que tener en cuenta los criterios de caída de tensión y el criterio térmico

4.2 Factores para el cálculo de cables

A la hora de realizar los diferentes cálculos de las líneas de distribución, tendremos en dos factores:

1. Calentamiento de los conductores (criterio térmico)
2. Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores.

1. Calentamiento de los conductores (criterio térmico)

Cuando circula una intensidad “I” por un conductor que tiene una resistencia “R”, la temperatura se eleva hasta que el calor que ha transmitido la corriente al conductor y el calor cedido por el conductor al ambiente se igualan en igual tiempo.

Gracias a la ley de Joule podemos saber la cantidad de calorías recibidas en un segundo:

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \text{ Calorías}$$

Partiendo de esta fórmula y teniendo en cuenta que las calorías cedidas dependen de la temperatura del conductor respecto del ambiente que la rodea, a su superficie, el



material que forma su aislante, etc. Se demuestra que el aumento de temperatura es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad (considerando despreciables las variaciones de la resistencia con la temperatura).

$$\Delta T = \left(\frac{I}{I_n} \right)^2 \times \Delta T_n$$

Siendo:

ΔT = incremento admisible de la temperatura.

ΔT_n = incremento de la temperatura en condiciones normales.

I_n = intensidad nominal en condiciones normales.

I = intensidad admisible.

En los conductores se produce un equilibrio de temperaturas entre el calor que adquiere por el paso de la corriente y el calor cedido a través del medio que lo rodea (aislamiento, pared, aire, tubo, etc.).

El calor que se cede al exterior se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Q = M \times C \times \Delta T$$

Si la intensidad I crece, el calor producido por el paso de la corriente crece también. Al cabo de un periodo transitorio, el calor cedido al exterior será igual al producido por el paso de intensidad, por lo tanto este calor cedido al exterior aumenta también, produciéndose por consiguiente un aumento del incremento de la temperatura, pero como la temperatura del exterior es prácticamente constante, el incremento de la temperatura es debido al aumento de la temperatura del conductor.

Contra mayor sea la intensidad, mayor será la temperatura que circule por el conductor, esto pondrá el peligro los aislantes ya que no están diseñados para soportar estas temperaturas. Si se deterioran los aislantes, habrá el riesgo de que se produzcan cortocircuitos.

A consecuencia de lo comentado anteriormente, para cada sección de conductor que utilizemos existirá un límite de carga en amperios el cual corresponde con la temperatura máxima que puede soportar dicha sección sin que comience a deteriorarse, debido a esto, no deberá sobrepasarse.

Las intensidades de las corrientes eléctricas admisibles en los conductores, (Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, ITC BT 19), se regularán en función de las condiciones técnicas de las redes de distribución y de los sistemas de protección empleados en los mismos.

En estas tablas se dan las intensidades máximas admisibles según unas determinadas condiciones (condiciones normales), para cada sección de cable. Existen otras tablas



que son complementarias a las anteriores, en las cuales nos muestran diferentes factores de corrección de la intensidad admisible como pueden ser: resistividad térmica del suelo (cables subterráneos), disposición de los cables, temperatura del ambiente, clase de recubrimiento, etc.

Este tipo de factores de corrección se aplicarán cuando en nuestra instalación haya algunos aspectos que varíen de las condiciones normales.

2. Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores

Después de elegir la sección del cable teniendo en cuenta la intensidad nominal que va a circular (menor que la intensidad máxima admisible de dicho conductor para esa sección), tenemos que mirar ahora si esa sección cumple con las condiciones relativas a la caída de tensión.

La sección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 4,5% de la tensión nominal en el origen de la instalación para el alumbrado y del 6,5% para la fuerza.

4.3 Prescripciones generales

4.3.1 Conductores activos ITC BT 19

Son los encargados de transmitir la energía eléctrica, se aplica a los conductores de fase y neutro en corriente alterna. Los conductores flexibles serán únicamente de cobre.

La sección que tienen los conductores está calculada de tal forma que admiten una caída de tensión entre el punto de origen de la instalación y cualquier punto de utilización, menor del 4,5% de la tensión nominal en el punto de origen, en el caso del alumbrado y menor del 6,5% para los demás usos.

La caída de tensión se calcula considerando alimentados todos los aparatos de utilización que pueden funcionar simultáneamente.

El valor de las intensidades máximas admisibles a una temperatura ambiente del aire de 40°C y para distintos tipos de cable, métodos de instalación y agrupamiento, vienen reflejadas en la ITC BT 19 del RBT.

4.3.2 Conductores de protección ITC BT 19

En el caso de que los conductores de protección sean del mismo metal del que están constituidos los conductores de fase, tendrán una sección mínima, en función de la sección de los conductores de fase. Dichas secciones vienen reflejadas en la siguiente tabla.



Secciones de los conductores de fase (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S / 2
<ul style="list-style-type: none"> - Con un mínimo de 2.5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica. - Con un mínimo de 4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica. 	

Los conductores de fase y de protección irán bajo los mismos tubos y las posibles conexiones que puedan aparecer se realizarán mediante empalmes, dichos empalmes se realizarán mediante piezas de conexión de apriete por rosca.

Con el objetivo de mantener el mayor equilibrio posible en nuestra instalación, procuraremos repartir la carga entre las diferentes fases. Otro factor que tendremos en cuenta es que la instalación estará subdividida, para que en el caso de que se produzca alguna avería solo afecte a ciertas partes de la instalación.

La instalación deberá presentar una resistencia de aislamiento por lo menos igual a $1000 \times U$ ohmios, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250000 ohmios. Nuestra instalación tendrá que tener una rigidez dieléctrica tal que, desconectados los aparatos de utilización, resista durante un minuto una prueba de tensión de $2U + 1000$ voltios a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1500 V.

Ante la posibilidad de que se encuentren canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se tendrá que mantener una distancia entre las superficies exteriores de cada una por lo menos de 3 cm. En las canalizaciones eléctricas deberemos tener la opción de localizar y encontrar averías, poder reemplazarlas fácilmente y poder controlar su aislamiento

4.4 Sistemas de canalizaciones

4.4.1 Canalizaciones

A la hora de canalizar los conductores, encontramos muchos sistemas: conductores desnudos colocados sobre aisladores, conductores aislados colocados sobre aisladores, conductores aislados bajo molduras, conductores aislados fijados directamente sobre las paredes, etc.

Tenemos que tener en cuenta que cuando nuestras canalizaciones pasen a través de elementos de construcción como pueden ser muros, tabiques o techos, deberán tener en cuenta las siguientes prescripciones: instalaciones protegidas contra deterioros mecánicos, no habrá ni derivaciones ni empalmes, etc.



La solución más empleada hoy en día es la de conductores aislados sobre bandejas ó a través de tubos.

4.4.2 Tubos protectores

Dentro del mercado podemos encontrar diferentes tubos, dependiendo de las necesidades que tengamos. Algunas de estos son: Tubos metálicos rígidos blindados, tubos metálicos rígidos blindados con aislamiento interior, tubos aislantes rígidos normales curvables, tubos aislantes flexibles normales, tubo PVC rígido, etc.

Los tubos nombrados anteriormente tienen que soportar como mínimo las siguientes temperaturas sin deformarse:

- 60° C para los tubos aislantes constituidos por PVC.
- 70° C para los tubos metálicos aislantes.

En la ITC BT 21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, podemos encontrar diferentes tablas, en las cuales nos especifica cuál será el diámetro de los tubos y el número de conductores que pueden pasar por cada uno de ellos.

Cuando coloquemos canalizaciones bajo tubos protectores, tenemos que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección admisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- En el caso de que se hagan conexiones, estas se realizarán en el interior de cajas apropiadas de materiales aislantes y no propagadores de llama. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener.
- En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes 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.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrán en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

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. 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.
- Es 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.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta 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.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados.



- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra.

La elección de los tubos con sus diámetros correspondientes está especificada en el documento CÁLCULOS del presente proyecto.

4.5 Receptores ITC BT 43

En la ITC BT 43 podemos encontrar todas las especificaciones que nos da el reglamento en lo referido a receptores. Los aparatos receptores cuando estén funcionando no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase del local, emplazamiento, utilización, etc.), teniendo en cuenta los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación, necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos. Soportarán la influencia de los agentes externos a que estén sometidos en servicio, por ejemplo, polvo, humedad, gases y vapores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por medio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento y controlar esa conexión.

Los receptores no deberán conectarse a instalaciones cuya tensión asignada sea diferente de la indicada en el mismo.

4.5.1 Receptores para el alumbrado

Lo referido a los receptores para alumbrado lo podemos encontrar en la ITC BT 44.

Las lámparas de descarga deberán cumplir una serie de condiciones:

- Serán accionadas por interruptores, previstos para cargas inductivas o, en defecto de esta característica, tendrá una capacidad de corte no inferior a dos veces la intensidad del receptor o grupo de receptores.
- En el caso de que estas lámparas estén en locales en los cuales funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar accidentes causados por la ilusión óptica debido al efecto estroboscópico.
- Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los conductores de fase.



- En el caso de lámparas fluorescentes, será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,90, cumpliendo así con lo dispuesto en la ITC BT 44.

4.5.2 Receptores a motor ITC BT 47

Lo referido a los receptores se encuentra expresado en la ITC BT 47.

Los motores deberán instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda causar accidentes. Estos motores no podrán estar en contacto con materias combustibles

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

4.5.2.1 Un solo motor

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor.

4.5.2.2 Varios motores

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

4.6 Tomas de corriente

4.6.1 Introducción

Dentro de las tomas de corriente, al hacer nuestra instalación, tendremos que tener en cuenta diferentes normas dependiendo del uso que le demos a las tomas de corriente. En el caso de que las bases de tomas de corriente se utilicen para uso industrial, seguiremos lo acordado en la norma UNE 60309. En cambio si el uso que le vamos a dar a las bases de toma de corriente son para instalaciones interiores o receptoras serán de acuerdo a la norma UNE 20315.

El cálculo de la potencia a instalar en las tomas de corriente se encuentra en el documento CÁLCULOS del presente proyecto.

4.6.2 Tipos de tomas de corriente

Dentro de nuestra instalación utilizaremos tomas de corriente monofásicas y trifásicas:

- Tomas de corriente monofásicas:



- 230 V / 16 A / (2P+T).
 - 230 V / 25 A / (2P+T).
 - La correspondiente para los ordenadores.
- Tomas de corriente trifásicas:
 - 400 V / 25 A / (4P+T).

4.6.3 Situación y número de tomas de corriente

Las tomas irán fijadas a las paredes por sus medios convencionales y a una altura de 20 cm en toda la escuela.

4.7 Proceso para el cálculo de secciones

1. Se diferencian los cálculos de fuerza y alumbrado.
2. Se determinan las intensidades que circulan por cada tramo.
3. Se calcula la sección según la intensidad admisible.
4. Se calculan las caídas de tensión en los distintos tramos teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables de longitud e intensidad que pueden darse.
5. Si la caída de tensión en ese tramo es mayor que la fijada, procederemos a tomar un conductor de sección superior, y volveremos a repetir el cálculo de la caída de tensión, hasta que esté dentro de los márgenes que nos fijan.

La caída de tensión por línea depende de donde se encuentre ésta y de la función a la que ha sido encomendada. Así, para la acometida, que es la línea que une el transformador con el cuadro general de distribución, es permitida una caída de tensión tal del 1,5% de la tensión nominal. En el caso de la fuerza y el alumbrado se permiten un 6,5 % y un 4,5 % de la tensión nominal respectivamente. Los cálculos se basan en las siguientes fórmulas:

1. Criterio de la caída de tensión

a. Para líneas trifásicas

$$S = \frac{2 \times L \times P}{c \times u \times V}$$

b. Para líneas monofásicas

$$S = \frac{L \times P}{c \times u \times V}$$

Donde:

S = Sección (mm²)



L = Longitud de la línea (m)

P = Potencia conectada (W)

c = Conductividad del cobre (S/m=56)

u = Caída de tensión admisible (6,5% para fuerza y 4,5% para alumbrado)

V = Tensión nominal (V)

2. Criterio térmico

a. Para líneas trifásica

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

b. Para líneas monofásicas

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

I = Intensidad (A)

P = Potencia conectada (W)

V = Tensión nominal (V)

4.8 Normas para la elección del cable

Tendremos que tener en cuenta las siguientes consideraciones a la hora de elegir el cable:

- ❖ En primer lugar tendremos que asegurarnos que el aislamiento del cable nos permita una continuidad eléctrica duradera en la parte conductora del cable. Para saber qué tipo de aislamiento utilizar, nos fijaremos en los picos de tensión que deberá soportar.
- ❖ Normalmente la sección que vamos a utilizar en el alumbrado, si la longitud no es pequeña, vendrá determinado por la caída de tensión.
- ❖ Tenemos que saber que el cable será la parte de la instalación que mejor deberá soportar los cortocircuitos que puedan producirse.
- ❖ La sección que tendrán los conductores, vendrá determinado por la corriente que circule y el calentamiento que se pueda producir, sin sobrepasar las temperaturas que puedan hacer que el cable se deteriore.

Tenemos que prever que la temperatura y los posibles esfuerzos electrodinámicos producidos por cortocircuitos no deterioren el cable



4.9 Normas para la elección del tubo ITC BT 21

Para la elección del tubo protector de los conductores de distribución se ha atendido a lo dispuesto en la ITC BT 21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Los tubos deberán soportar como mínimo sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60° C para los tubos aislantes constituidos por PVC o polietileno.
- 70° C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Los diámetros de los tubos se eligen de acuerdo a las tablas que aparecen en la ITC BT 21 del citado reglamento. En estas tablas viene expresado el diámetro exterior mínimo en función del número, clase y sección de los conductores que ha de alojar, según el sistema de instalación y la clase de los tubos.

Para tubos en canalizaciones fijas en superficie, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 2.5 veces la sección total ocupada por los conductores.

Para tubos en canalizaciones empotradas, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 3 veces la sección total ocupada por los conductores.

Para canalizaciones aéreas o con tubos al aire, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

Para tubos en canalizaciones enterradas, para más de 10 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

El trazado de las canalizaciones se hará preferentemente siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan los conductores.

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes y que en tramos rectos nos estarán separados entre sí más de 25 metros.



Las conexiones entre los conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante.

4.10 Soluciones adoptadas

1. Conductores:

RZ1-K 0,6/ 1 kV GENERAL CABLE, (para la acometida).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.

T^a de servicio:

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.

RV-K 0,6/ 1 kV GENERAL CABLE, (para instalaciones interiores).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Cubierta: XLPE.

T^a de servicio:

Servicio permanente: 70°.

Cortocircuito: 160°.

Tendrán sección suficiente para las caídas de tensión, conforme al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y contada desde el origen de la instalación no excedan del 4,5 % para el alumbrado y del 6,5 % para la fuerza, siendo las intensidades admisibles por los conductores, en todos los casos, siempre superiores a las máximas previsibles para el circuito de la instalación.

Las secciones adoptadas, se justifican en el documento CÁLCULOS del presente proyecto, tanto por lo que se refiere a intensidades admisibles como a caídas de tensión.

2. Canalizaciones

La canalización por donde se llevarán los conductores se dividirá en las siguientes partes:

a) Acometida:

La acometida partirá desde el centro de transformación hasta el cuadro general en el interior de la escuela. Irá enterrada bajo tubo en una zanja.

Se llevará una terna de cables, constituida por tres fases y neutro, cada una de las fases por un conductor unipolar de 25 mm² y el neutro por un cable unipolares de 16 mm².

b) Canalización general:



La canalización general de la escuela se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado, se llevará canalizado desde la C.G.P. a los diferentes cuadros auxiliares de la empresa. Las bajantes a los cuadros auxiliares se hará a través de bandeja portacables y en los últimos 3 metros esta bandeja llevará una tapa para no tener acceso fácil a los conductores y evitar de esta manera peligros.

c) Derivaciones:

La derivación de esta canalización a las diferentes máquinas se realizará a través de bandeja portacables y los últimos tres metros de la bajante la bandeja ira con tapa.

5 Protecciones en baja tensión

5.1 Introducción

Dentro de las instalaciones de baja tensión, tendremos que utilizar diferentes protecciones las cuales vienen especificadas en el RBT. Dentro de las protecciones, podemos diferenciar entre las que protegen la instalación en lo referido a sobrecargas o cortocircuitos y las protecciones de las personas, en las cuales mencionaremos los contactos directos e indirectos.

5.2 Protección de la instalación

Con los elementos de protección contra instalaciones, buscamos identificar donde han ocurrido las posibles averías y separar las partes de las instalación. También buscamos limitar las sobreintensidades.

Normalmente dentro de la instalación dispondremos de varios interruptores en serie, los cuales serán selectivos. Con la selectividad conseguimos que solamente se dispare el interruptor inmediatamente anterior al fallo, en el caso de que el interruptor falle, deberá actuar uno de orden superior. Como tenemos varios interruptores en serie, habrá un tiempo de escalonamiento el cual es el intervalo necesario para que dispare con seguridad solo el interruptor de seguridad que se encuentre anterior al punto de defecto.

Las características de disparo de los diversos elementos de protección no deben entrecruzarse.

5.2.1 Protección contra sobrecargas

Conocemos por sobrecarga al paso de una intensidad superior a la nominal de la instalación. En principio si la sobrecarga se produce en un pequeño periodo de tiempo no producirá daños, en cambio cuando ese periodo de tiempo sea mayor, se podrán producir daños debido a que los aparatos receptores y los propios conductores no están preparados para aguantar ese aumento de temperatura que se producirá debido al aumento de intensidad.

Debido a que el mayor problema que podemos encontrar es el aumento de temperatura el cual es el que nos produce los desperfectos, las protecciones que utilizamos son



esencialmente térmicas, o lo que es lo mismo, miden directa o indirectamente la temperatura de un objeto que tenemos que proteger.

Para conseguir medir la temperatura, utilizamos un relé térmico que reproduce las condiciones de carga y calentamiento del objeto que hay que proteger.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas vienen indicados en la instrucción ITC BT 22 y podemos encontrar los siguientes:

- Cortocircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- Interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte.

5.2.2 Protecciones contra cortocircuitos

Dentro de los cortocircuitos, deberíamos saber las siguientes consideraciones:

- Corriente de cortocircuito

Podemos definir la corriente de cortocircuito como la corriente que fluye por el cortocircuito mientras este aun se mantiene activo.

La corriente de cortocircuito transcurre, generalmente, en un principio de forma asimétrica con respecto a la línea cero y contiene una componente alterna y otra continua. La componente de corriente alterna se amortigua hasta alcanzar el valor de la intensidad permanente de cortocircuito, mientras que la componente de corriente continua se atenúa hasta anularse.

- Corriente alterna de cortocircuito

Es la componente de la corriente de cortocircuito que fluye al punto defectuoso a través de las distintas derivaciones.

- Impulso de la corriente de cortocircuito

Es el valor máximo que se da en un instante después de producirse el cortocircuito y varía en función del momento en el que se produzca.

- Corriente alterna inicial de cortocircuito

Es el valor eficaz de la intensidad de la corriente alterna de cortocircuito en el momento de producirse este.

- Corriente permanente de cortocircuito

Se trata del valor eficaz de corriente alterna que tenemos después de haber finalizado el proceso de amortiguación. Este valor suele depender de la



excitación que tengan los generadores, en el caso de que no se indique otra cosa, entendemos como corriente permanente de cortocircuito la que se establece en caso de cortocircuito en todos los polos de las bornas y la excitación nominal.

- Potencia inicial de cortocircuito

Es la potencia que obtenemos si hacemos el producto entre la corriente alterna inicial de cortocircuito, la tensión de servicio y el factor de concatenación.

- Retardo mínimo de desconexión

Se trata del tiempo que pasa entre el momento que se produce el cortocircuito y el momento en el que queda totalmente abierto el interruptor.

El retardo mínimo de desconexión viene dado por la suma del tiempo propio de reacción del relé y el tiempo de ruptura del interruptor. Los retardos ajustables de los dispositivos de disparo no deben considerarse, puesto que el retardo mínimo de desconexión no incluye los tiempos de retardo intencionado.

- Tipos de cortocircuito según las clases de defecto

Podemos encontrar diferentes tipos de cortocircuitos pero los más conocidos son los siguientes: tripolares, bipolares, bipolares con contacto (simples o dobles)

- Impedancia de cortocircuito

Se trata de la impedancia que se encuentra la corriente cuando ocurre el cortocircuito. Lo que nos encontramos cuando ocurre un cortocircuito es que la intensidad que nos encontramos es muy grande, aproximadamente 10 veces más grande que la intensidad nominal

Lo que nosotros buscamos en nuestra instalación es interrumpir rápidamente los cortocircuitos en el punto más cercano de donde ha ocurrido. Para ello en la ITC BT 22 encontramos diferentes dispositivos de protección contra cortocircuitos, los cuales se muestran a continuación:

- Cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- Interruptor automático con sistema de corte omnipolar.

En todo circuito que tengamos en la instalación, en su origen dispondremos de un dispositivo de protección contra cortocircuitos, el cual tendrá un poder de corte que dependerá de la intensidad que podremos encontrar en dicho punto. En el caso de que el circuito principal tenga otros circuitos derivados de él, estos estarán protegidos contra los cortocircuitos por el dispositivo de cabecera. De lo que si dispondrá cada uno de estos circuitos, será de protecciones contra sobrecargas.

Con el objetivo de cumplir con la norma UNE 20460 seguiremos las indicaciones de la tabla 1 de la ITC BT 22 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.



5.2.3 Proceso para el cálculo de las corrientes de cortocircuito

Ley general:

El valor de la corriente de cortocircuito se obtiene por la relación:

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} * Z_t}$$

Donde:

I_{cc} = corriente de cortocircuito eficaz en KA

U_s = tensión entre fases en vacío del secundario del transformador

Z_T = impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en $m\Omega$.

Cálculo de Z_t :

Cada constituyente de una red de baja tensión se caracteriza por una impedancia Z compuesta de un elemento resistivo R y otro elemento inductivo X .

Para obtener el valor de la impedancia, descompondremos la red en trozos y para cada uno de ellos calcularemos los valores de R y X , después los sumaremos aritméticamente por separado. Una vez que tengamos estos valores y utilizando trigonometría, obtendremos el valor de la impedancia total Z_t . Para ello sabemos que R y X son los catetos y Z_t es la hipotenusa con lo que utilizando el teorema de Pitágoras, obtendremos el valor de la impedancia.

$$Z_t = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Determinación de la impedancia “aguas arriba de la red”:

La compañía eléctrica suministradora, nos dará el valor de la potencia de cortocircuito de la red, que suele ser de 400 MVA.

Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba desde el secundario del transformador:

$$Z = X = \frac{U_s^2}{S_{cc}}$$

Donde:

U_s^2 = tensión en vacío del secundario en voltios.

S_{cc} = potencia de cortocircuito en KVA.

Z, X = impedancia o reactancia aguas arriba en $m\Omega$.

Transformador:

Con el objetivo de tener un cálculo aproximado, podemos despreciar la resistencia debida a las pérdidas en el cobre según la relación:

$$Z = X = \frac{U_s^2}{S_n} * \frac{U_{cc}}{100}$$

Donde:

Us = tensión en vacío entre fases en voltios.

Ucc = tensión de cortocircuito en % (4%)

S = potencia aparente en KVA (400 KVA)

Z, X = impedancia o reactancia al secundario en mΩ.

La resistencia, o parte real de la impedancia del transformador es despreciable.

La resistencia y reactancia de todo el aparillaje de alta tensión lo consideramos despreciable.

Conductores:

El valor de la resistencia de los conductores la calcularemos mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{L}{S} * \rho$$

Donde:

R = resistencia del conductor (Ω).

ρ = resistividad del conductor (en nuestro caso cobre).

L = longitud del conductor.

S = sección por fase del conductor.

El cálculo de la reactancia:

$$X = 0,15 * L$$

Donde:

X = reactancia del conductor (para secciones inferiores a 25 mm² se podría despreciar la reactancia).

L= longitud del conductor (m).

5.3 Protección de las personas



Cuando tengamos dos puntos unidos por un elemento conductor y exista una diferencia de potencial entre ellos, circulará una corriente eléctrica entre ellos.

Esta corriente puede circular por una persona de dos formas:

- a) Cuando las personas se pongan en contacto con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión (contacto directo) debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por ruptura, defecto de aislamiento, etc.
- b) Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica accidentalmente bajo tensión (contacto indirecto), como puede ser la carcasa conductora de un motor o máquina, etc., que puedan quedar bajo tensión por defecto de aislamiento por confusión en la conexión del conductor de protección con el de fase activa.

Debido al peligro que supone esto en las personas, se han realizado diferentes estudios para saber con exactitud qué valores son peligrosos en intensidad y tiempo, dibujando curvas límites tiempo-corriente mostrando el nivel de peligrosidad. En general, valores inferiores a 30 mA se ha comprobado que no son peligrosos para el hombre, así como tiempos inferiores a 30 ms. Como es lógico, los valores de esta intensidad dependerán de los de la tensión existente y de la resistencia eléctrica del cuerpo humano. Las distintas precauciones que se emplean tenderán a limitar la tensión de contacto. La tensión límite convencional según la instrucción ITC BT 24 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.

El Reglamento Electrotécnico para Baja tensión fija unos valores de tensiones máximas de contacto que son:

- En locales o emplazamientos húmedos 24 V.
- En locales secos la tensión será inferior a 50 V.

En el caso de que se produzca un contacto directo o indirecto, el grado de peligrosidad, lo determinarán diferentes factores como pueden ser los fisiológicos. Pero por lo general, lo más importante suele ser la corriente que circula.

5.3.1 Protección contra contactos directos

Para considerar satisfecha en las instalaciones la protección contra contactos directos, se llevará a cabo alguno de los métodos indicados en la Norma UNE 20460 que son:

- Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente a un valor no superior a 1 mA.
- Protección por medio de barreras o envolventes; las partes activas se situarán en el interior de las envolventes o detrás de las barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB según UNE 20324.



- Protección por medio de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.
- Protección por alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen que no sea posible un contacto fortuito con las manos por la manipulación de objetos conductores cuando estos se utilicen habitualmente cerca de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual; 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; tales dispositivos no constituyen por sí mismos una medida de protección completa.

En la instalación se adoptará principalmente que todos los conductores activos estarán recubiertos por aislamientos apropiados.

5.3.2 Protecciones contra contactos indirectos

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos dependen del esquema de distribución; siendo en este caso un esquema TT las características y prescripciones serán las siguientes:

- Todas las masas de los equipos eléctricos y protegidos por un mismo dispositivo de protección deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.
- El punto neutro de cada generador o transformador, o, si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A * I_A < U$$

Donde:

R_A = suma de las resistencias de tima de tierra y de los conductores de protección de las masas.



I_A = corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección.

U = tensión de contacto límite convencional.

Los dispositivos de protección utilizados en el esquema TT son los siguientes:

- Dispositivos de protección de corriente diferencial residual.
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles o interruptores automáticos.

Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial residual temporizada, en serie con dispositivos de protección diferencial- residual de tipo general, con un tiempo de funcionamiento como máximo igual a 1 s.

5.4 Solución adoptada

En el cuadro general de distribución se ha de colocar un interruptor automático de cabecera. A continuación cada línea dispondrá de un interruptor diferencial. Se colocan de esta manera con el fin de que hubiese algún fallo imprevisto (contacto indirecto), no nos quedemos sin suministro en toda la escuela. A parte de esto, también se ha de colocar un interruptor automático al principio de cada una de las líneas, para la protección de éstas. La línea que va a la batería de condensadores está protegida por su interruptor automático y su interruptor diferencial.

Para los cuadros auxiliares cada línea estará protegida por un interruptor automático y abra un interruptor diferencial por cada 5 líneas como máximo.

La distribución de las distintas protecciones estará representada en los planos de los cuadros auxiliares.

Los elementos de protección utilizados son de la marca Merlin Gerin. Para su elección se tendrá en cuenta, aparte del calibre y del poder de corte, la selectividad y las curvas de limitación de los mismos que aparecen en los catálogos comerciales.

La protección diferencial debe ser selectiva para lo cual se debe dotar a los diferenciales situados en cabecera de línea una sensibilidad menor que la de los interruptores diferenciales situados aguas abajo.

Los cuadros de la instalación quedan definidos de la siguiente manera:

5.4.1 Cuadro general de protección

ENTRADA:

Sección del cable: 4x25/16 mm² Cu

RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE.

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 500A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D y MA.

SALIDAS:

Línea cuadro auxiliar 1: Portería, sala de profesores, dormitorio, WC-s y distribuidor.

Sección del cable: 4x6+TTx6 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 125A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P
- Curva B.

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 45A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B.

Línea cuadro auxiliar 2: Aulas 1, 2 y 3

Sección del cable: 4x16+TTx16 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 125A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A



- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva DyMA.

Línea cuadro auxiliar 3: Cocina, comedor y trastero.

Sección del cable: 4x6+TTx6 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 125A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva DyMA

Línea de la batería de condensadores:

Sección del cable: 4x1,5+TTx1,5 mm²
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 500A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: 4P
- Curva DyMA

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 200 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P



5.4.2 Cuadros secundarios

Desde el Cuadro General se alimentará a varios cuadros secundarios. Se rotularán de modo que pueda identificarse cada protección con su circuito o máquina.

5.4.2.1 Cuadro auxiliar 1: Portería, sala de profesores, dormitorio, WC-s y distribuidor.

ENTRADA:

Sección del cable: 4x6+TTx6 mm² Cu
RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE.

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 45A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva B

- Interruptor de corte en carga: 100 A

Circuito 1.1:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1.5 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 3 KA
- N° de polos: F+N
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA



- Nº de polos: 2P

Circuito 1.2:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 3 KA
- Nº de polos: 2P.
- Curva DyMA.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- Nº de polos: 2P

Circuito 1.3:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 3 KA
- Nº de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- Nº de polos: 2P

Circuito 1.4:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 3 KA
- Nº de polos: 2P
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- Nº de polos: 2P

Circuito 1.5:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 3 KA
- Nº de polos: 2P
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- Nº de polos: 2P

Circuito 1.6:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 3 KA



- Nº de polos: 2P
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- Nº de polos: 2P

Circuito 1.7:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 3 KA
- Nº de polos: 2P
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- Nº de polos: 2P

Circuito 1.8:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 3 KA
- Nº de polos: 2P
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- Nº de polos: 2P

Circuito 1.9:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 3 KA
- Nº de polos: 2P
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- Nº de polos: 2P

Circuito 1.10:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 3 KA
- Nº de polos: 2P
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- Nº de polos: 2P



Circuito 1.11:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 3 KA
- Nº de polos: 2P
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- Nº de polos: 2P

5.4.2.2 Cuadro auxiliar 2: Aulas 1, 2 y 3

ENTRADA:

Sección del cable: 4x16+TTx16 mm² Cu
RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 15 KA
- Nº de polos: 4P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor de corte en carga 100 A.

Circuito 2.1:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 15 KA
- Nº de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- Nº de polos: 2P

Circuito 2.2:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 15 KA
- Nº de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- Nº de polos: 2P

Circuito 2.3:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 15 KA
- Nº de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

**Características principales:**

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 2P

Circuito 2.4:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 2P

Circuito 2.5:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 2P

Circuito 2.6:



Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 2P

Circuito 2.7:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 2P

Circuito 2.8:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: 2P.



- Curva B,C y D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 25 A
 - Sensibilidad: 300 mA
 - N° de polos: 2P

Circuito 2.9:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 6A
 - Poder de corte: 15 KA
 - N° de polos: 2P.
 - Curva B,C y D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 25 A
 - Sensibilidad: 300 mA
 - N° de polos: 2P

Circuito 2.10:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 6A
 - Poder de corte: 15 KA
 - N° de polos: 2P.
 - Curva B,C y D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 25 A
 - Sensibilidad: 300 mA
 - N° de polos: 2P

Circuito 2.11:



Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 2P

Circuito 2.12:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 2P

Circuito 2.13:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 15 KA



- Nº de polos: 2P.
- Curva B,C y D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 25 A
 - Sensibilidad: 300 mA
 - Nº de polos: 2P

5.4.2.3 Cuadro auxiliar 3: Cocina, comedor y trastero.

ENTRADA:

Sección del cable: 4x6+TTx6 mm² Cu
RZ1-K 0,6/1 KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 40A
 - Poder de corte: 15 KA
 - Nº de polos: 4P.
 - Curva DyMA.

-Interruptor de corte en carga 100 A

Circuito 3.1:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 6A
 - Poder de corte: 15 KA
 - Nº de polos: 2P.
 - Curva B,C y D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 25 A.
 - Sensibilidad: 30 mA.
 - Nº de polos: 2P.

Circuito 3.2:



Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A.
- Sensibilidad: 30 mA.
- N° de polos: 2P.

Circuito 3.3:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A.
- Sensibilidad: 30 mA.
- N° de polos: 2P.

Circuito 3.4:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 15 KA



- Nº de polos: 2P.
- Curva B,C y D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 25 A.
 - Sensibilidad: 30 mA.
 - Nº de polos: 2P.

Circuito 3.5:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 6A
 - Poder de corte: 15 KA
 - Nº de polos: 2P.
 - Curva B,C y D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 25 A.
 - Sensibilidad: 30 mA.
 - Nº de polos: 2P.

Circuito 3.6:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu
RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 6A
 - Poder de corte: 15 KA
 - Nº de polos: 2P.
 - Curva B,C y D.
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 25 A.
 - Sensibilidad: 30 mA.
 - Nº de polos: 2P.

Circuito 3.7:



Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A.
- Sensibilidad: 30 mA.
- N° de polos: 2P.

Circuito 3.8:

Sección del cable: 2x1,5+TTx1,5 mm² Cu

RV-K 0,6/1KV GENERAL CABLE

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: 2P.
- Curva B,C y D.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A.
- Sensibilidad: 30 mA.
- N° de polos: 2P.

6 Puestas a tierra

6.1 Introducción

Con el objetivo principal de limitar la tensión, que con respecto a tierra podemos encontrar en las masas metálicas, colocamos las puestas a tierra. Gracias a las puestas a tierra, aseguraremos la actuación de las protecciones y eliminaremos o disminuirémos el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.



Podemos decir que la puesta a tierra es un circuito de protección, que se plantea como una instalación paralela a la instalación eléctrica. Gracias a la puesta a tierra, logramos proteger a las personas, las instalaciones eléctricas o a los receptores conectados a ellas.

El límite de tensión admisible entre una masa cualquiera en relación a tierra, o entre masas distintas, nos viene definido en la instrucción 18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

- Locales húmedos 24 voltios.
- Locales secos 50 voltios.

Estos valores son los máximos que se supone soporta el cuerpo humano sin alteraciones significativas.

Gracias a las tomas de tierra, limitamos las sobreintensidades que aparecen en las instalaciones, contra menor sea la impedancia de las tomas de tierra al paso de la corriente mayor será la limitación.

En el caso de que tengamos algún tipo de perturbación, tenemos que conseguir mediante corrección de pequeños valores de puesta a tierra que los equipos de una misma instalación queden al mismo potencial, es decir, la equipotencialidad.

6.1.1 Objetivo de la puesta a tierra

La puesta a tierra tiene el objetivo de conseguir que en las instalaciones, en los edificios y en las superficies que están próximas al terreno que no haya diferencias de potencial que pueden resultar peligrosas y al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta o las descargas atmosféricas que se puedan dar. Definiremos como puesta a tierra a la unión eléctrica directa (sin ningún tipo de protección y de sección suficiente) entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Con la instalación de puesta a tierra, conseguimos que todas las corrientes eléctricas que salgan de su recorrido normal, descargas de orígenes atmosféricos o procedentes de otras fuentes sean derivadas a tierra.

El paso de estas diferentes corrientes por el terreno conductor, con unas características eléctricas variables por sus características geológicas, producen unas distribuciones de potencial en toda su masa y en particular en su superficie, con las consiguientes diferencias de potencial entre puntos del terreno que inciden directamente sobre la seguridad de las personas. Por ello, los estudios de las puestas a tierra deberían considerar:

- La seguridad de las personas.
- La protección de las instalaciones.
- La protección de los equipos sensibles.



- Un potencial de referencia.

Para ello es necesario conocer:

- Los elementos que forman las instalaciones.
- Las diferentes fuentes de corriente que las solicitan.
- Las respuestas de los diferentes elementos a estas diferentes fuentes.
- El terreno, teniendo en cuenta su heterogeneidad (rocas que lo forman, estratos, textura, etc.) y los factores que sobre él actúan (humedad y temperatura).

6.1.2 Partes de la puesta a tierra

Terreno:

En las puestas a tierra el terreno se considera como un elemento de disipar las posibles corrientes de defecto o las descargas de origen atmosférico que podamos encontrar en una instalación. Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece un material al ser atravesado por una corriente eléctrica.

Dependiendo de la resistividad que nos pueda ofrecer cada cuerpo dejarán pasar con más o menos facilidad la corriente eléctrica, en el caso de que tenga una resistividad muy baja, dejarán pasar más fácilmente la corriente eléctrica. Cada terreno tendrá diferentes capas de materiales con lo que tendrá una resistividad media producida por la resistividad de cada terreno. La resistividad del terreno se mide en ohmios por metro.

La investigación de las características eléctricas del terreno es un requerimiento de la instrucción MIE-RAT-13, para realizar el proyecto de una instalación de puesta a tierra.

El terreno, como conductor de la corriente eléctrica, se puede considerar como un agregado formado por una parte sólida mineral y sendas partes líquida y gaseosa. La resistividad del terreno depende de los siguientes conceptos:

- Humedad.
- Resistividad de los minerales que forman la fracción sólida.
- Resistividad de los líquidos y gases que rellenan los poros de la fracción sólida.
- Porosidad.
- Salinidad.
- Superficie de separación de la fase líquida con la fase sólida.
- Temperatura.
- Textura.

Tomas de tierra:

Conocemos como toma de tierra al elemento que une el terreno y el circuito interior instalado en el interior del edificio. Dentro de los componentes que forman la toma de tierra estos son los indispensables:



1.- Electrodos.

Se trata del elemento metálico que está en contacto permanente con el terreno, facilitando el paso de la corriente de defecto o la posible carga eléctrica que nos podamos encontrar.

Los electrodos que nos encontremos, podrán ser naturales o artificiales; en el caso de los naturales, se tratan de electrodos constituidos por conducciones metálicas enterradas como conducciones metálicas enterradas, cubiertas de plomo de redes subterráneas, pilares metálicos de edificios. En cambio los artificiales suelen ser, picas, placas metálicas, cables etc.

La sección que tendrá el electrodo dependerá del valor de resistencia a tierra, por norma general la sección no deberá ser inferior a un cuarto de la sección del conductor de la línea principal de tierra.

2.- Líneas de enlace con tierra.

La línea de enlace, está formada por los conductores que unen el electrodo con el punto de puesta a tierra. Los conductores de enlace con tierra desnudos en el suelo, se consideran que forman parte del electrodo y deberán ser de cobre u otro metal de alto punto de fusión con un mínimo de 35 mm² de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

3.- Punto de puesta a tierra.

El elemento de puesta a tierra, está colocado fuera del terreno y se utiliza como conexión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. Dependerá del tipo de instalación el número de puntos de puesta a tierra conectados al mismo electrodo conjunto de ellos.

Línea principal de tierra:

Es la parte del circuito de puesta a tierra del edificio, que está formado por conductores de cobre, que partiendo de los puntos de puesta a tierra, conecta con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de todas las masas o elementos necesarios.

El conductor tendrá como mínimo una sección de 16mm² y serán de cobre, de todas formas para saber cuál es la sección apropiada, se dimensionarán con la máxima corriente de falta que se prevé. A la hora de hacer la instalación, buscaremos los caminos más cortos posibles, evitando los cambios de dirección bruscos. Los conductores estarán preparados para evitar la corrosión y evitaremos someterlos a desgastes mecánicos.

La línea principal de tierra termina en el punto de puesta a tierra, teniendo especial cuidado en la conexión, asegurando una conexión efectiva.

Derivaciones de las líneas principales de tierra:



Son los conductores que unen la línea principal de tierra con los conductores de protección o bien directamente las masas significativas que existen en el edificio. Serán de cobre o de otro metal de elevado punto de fusión. El dimensionamiento viene en la ITC BT 18 en la siguiente tabla:

Secciones de los conductores de fase (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S / 2
<ul style="list-style-type: none"> - Con un mínimo de 2.5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica. - Con un mínimo de 4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica. 	

Conductores de protección:

Estos conductores serán los encargados de unir eléctricamente las masas de una instalación y los aparatos eléctricos con las derivaciones de la línea principal de tierra con el objetivo de asegurar la protección contra los contactos indirectos. Por norma general, estos conductores serán de cobre y se dimensionarán en función de la sección del conductor de fase de la instalación que protege según la ITC BT 19.

6.2 Elementos a conectar a la toma de tierra

Después de haber realizado la toma de tierra del edificio, conectaremos en los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión con el fin de conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto íntimo con tierra.

Según la norma tecnológica de la edificación, deberá conectarse a tierra:

- a) Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.
- b) Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- c) Caja General de Protección (no obligatorio según R.E.B.T.).
- d) Instalación de pararrayos.
- e) Instalación de antenas colectivas de TV y FM.
- f) Redes equipotenciales de cuarto de baño, que unan enchufes eléctricos y masas metálicas.
- g) Toda masa o elemento metálico significativo.
- h) Estructuras metálicas y armaduras de muros de hormigón.

6.3 Solución adoptada



Nuestro electrodo de puesta a tierra es un conductor de cobre de 50mm^2 desnudo el cual está enterrado a una profundidad de 0.8 m, dicho conductor cubre todo el perímetro de la escuela y cada uno de sus vértices, tiene una pica de acero recubierto de El electrodo de puesta a tierra está formado por un conductor de cobre de 50mm^2 desnudo y enterrado a una profundidad de 0,8 m. El conductor abarca todo el perímetro de la escuela, y en cada vértice tendrá una pica de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

El número total de picas será 4, y toda la red estará unida al mallazo metálico de cimentación y a los pilares metálicos. Todas las uniones se realizarán mediante soldadura aluminotérmica. En cada pica se pondrá una arqueta de registro para poder comprobar el buen estado de las picas y de las conexiones al anillo de cobre desnudo.

El anillo de puesta a tierra se conectará al borneo principal de tierra del cuadro general a través de una caja de seccionamiento y medida de puesta a tierra situada junto al cuadro, desde donde partirán las derivaciones a los cuadros auxiliares de distribución y de estos partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la escuela, tomas de corriente).

Los conductores de tierra se distinguirán fácilmente de los conductores activos por los colores amarillo-verde.

7 Corrección del factor de potencia

7.1 Generalidades

Las diferentes máquinas y aparatos que utilizamos en nuestra instalación, consumen tanto energía activa como energía reactiva inductiva; los receptores inductivos absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos y la entregan durante la destrucción de estos. Esto provoca un consumo de energía que no es aprovechado directamente por los receptores. La energía reactiva está representada por el $\cos\phi$ o factor de potencia.

Dependiendo de las características de los receptores y del régimen de funcionamiento (tipo de motor, velocidad, carga) el factor de potencia variará; dicho factor es independiente de los rendimientos de los receptores.

7.2 Ventajas de un elevado factor de potencia

En el caso de que tengamos un buen factor de potencia, obtendremos las siguientes ventajas:

- Reducción en el recibo de la electricidad.
- Optimización de las instalaciones eléctricas. Entre estas se pueden describir:
 - a) Disminución de la caída de tensión en las líneas.



- b) Reducción del dimensionamiento de las líneas.
- c) Disminución de las pérdidas por calentamiento en línea.

La resistencia de los conductores siempre provoca pérdidas de potencia.

Estas pérdidas son proporcionales al cuadrado de la corriente transportada, la cual, para una misma potencia activa, disminuye a medida que el factor de potencia aumenta.

- d) Aumento de la potencia disponible en el transformador de alimentación.
Mientras el factor de potencia crece, la potencia aparente S para una misma potencia activa P disminuye; es decir, se utiliza tanto mejor un transformador conforme el factor de potencia de la carga más se aproxima a la unidad.
- e) Facilita el suministro de la tensión nominal a los receptores.
- f) Reporta una disminución de costes de la factura de energía eléctrica al realizar una bonificación la compañía suministradora para valores de: $0,95 < \cos\varphi < 1$.

7.3 Métodos para mejorar el factor de potencia

7.3.1 Procedimientos directos

Con el objetivo de mejorar nuestro factor de potencia, podemos actuar directamente sobre la causa que hace que tengamos un bajo factor de potencia, para ello procuraremos en la medida de lo posible disminuir el consumo innecesario de energía reactiva actuando sobre las cargas de nuestra instalación, considerando las más importantes, las siguientes:

- Correcta elección del equipo eléctrico.
- Evitar marchas en vacío o cargas reducidas de los motores eléctricos.
- Sustituir los motores defectuosos fuera de las horas de trabajo.
- Reducir las marchas en vacío o con poca carga de los transformadores.

7.3.2 Procedimientos indirectos

Otra manera de mejorar nuestro factor de potencia, sería de una manera indirecta, la cual consiste en compensar el consumo de energía reactiva mediante elementos productores de energía capacitiva, compensando parcial o totalmente la energía inductiva consumida por los elementos receptores. Para este tipo de procedimientos se utilizan compensadores que se dividen en:

- Compensadores giratorios, también llamados compensadores síncronos. Son motores síncronos trabajando sobreexcitados, los cuales proporcionan energía capacitiva.



- Compensadores estáticos o condensadores, pueden ser individualmente o en baterías de condensadores conectados adecuadamente.

7.3.3 Elección del método de compensación

Aunque a la hora de realizar la instalación se tendrán en cuenta todos los casos expuestos en la compensación directa, considerando que aún así el factor de potencia no es el adecuado, se optará por realizar una compensación indirecta con una batería de condensadores.

7.4 Clasificación y elección de la compensación

7.4.1 Clasificación por la situación de la compensación

- Situación en cabecera:

En el caso de que nuestros condensadores, estén colocados en la cabecera de la instalación, provocarán que se reduzca el consumo de energía reactiva, lo cual supone evitar penalizaciones económicas por un consumo excesivo de dicha energía. Gracias a esto conseguiremos ajustar la potencia aparente “S” a lo que requiera la instalación.

De todos modos tenemos que tener en cuenta que la corriente reactiva estará presente en toda la instalación ya que la compensación se produce en la cabecera, por lo cual no conseguiremos disminuir las pérdidas por efecto Joule.

- Situación en cada receptor inductivo:

Con este método conectaremos los condensadores en los bornes de cada uno de los receptores de tipo inductivo, con esto conseguimos ajustar el valor de la “S” a la necesidad real, evitar penalizaciones por consumo de energía y reducir las pérdidas por efecto Joule de los cables ya que la corriente reactiva se abastece en el mismo lugar de su consumo y por lo cual no circula en los cables de la instalación.

- Situación en una zona intermedia:

Situando los condensadores en una zona intermedia, se conseguirá evitar la penalización por consumo de energía reactiva y se reducirán por tanto las pérdidas por efecto Joule.

7.4.2 Elección de la situación para la compensación

En este caso la segunda opción de compensación individual no es viable ya que son numerosos, y de poca potencia, los receptores con carga inductiva, con lo cual resultaría imposible la compensación individual.

Por otro lado la longitud de los conductores es relativamente corta con lo cual la diferencia de las pérdidas por efecto Joule no van a ser importantes.



Finalmente se optará por una compensación en la cabecera de la instalación.

7.4.3 Clasificación por tipo de condensador

- Compensación fija:

Con este tipo de compensación, en todo momento los condensadores están suministrando una energía reactiva fija, que debe ser consumida en su totalidad por el receptor. De no ser así la red absorbería energía capacitiva.

- Compensación automática (variable):

La compensación automática se realiza con un equipo de condensadores que se adecúan a las variaciones de potencia reactiva de la instalación para conseguir mantener el factor de potencia objetivo.

El equipo de compensación automático, o batería de condensadores, está compuesto de un regulador, que mide el factor de potencia de la instalación y conecta los distintos escalones de energía reactiva, contactores, que conectan los distintos condensadores de la batería para conseguir los distintos escalones de potencia capacitiva.

7.4.4 Elección del tipo de compensación

Si se elige una compensación fija para la instalación, en los momentos en los que la potencia reactiva de la instalación sea menor que la potencia que suministran los condensadores, se estará introduciendo energía capacitiva en la red.

Según lo establecido en el reglamento de baja tensión; se podrá realizar la compensación de energía reactiva “pero sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva” por tanto el factor de potencia de la instalación en el punto de conexión con la compañía nunca podrá ser capacitivo.

Para que esto no ocurra se elegirá compensación automática para la instalación ya que el consumo de energía reactiva de la instalación no va a ser siempre el mismo, variará en función de las cargas inductivas conectadas (luminarias, motores, etc).

Así que se colocará un equipo de compensación automática en cabecera de la instalación del edificio, para compensar la energía reactiva consumida por la totalidad de las cargas inductivas de la instalación.

7.4.5 Características técnicas del equipo de compensación automática

El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 10 KVAR M12540 de Legrand 400V, que se colocará en el lado del Cuadro General de BT.

Referencias:



Q(kvar): 10 kVAr
Composición kvar (nº grupos x kvar): 25+50+50
I nominal (A): 325 A
Tensión (V): 400 V

Características:

Tensión asignada: 400 V trifásicos, 50 Hz.
Tensión máxima admisible: 470 V.
Grado de protección: IP 2X con la puerta abierta.
Protección: IP 31- IK 05.
Normas: IEC 60439-1 y 2, y EN 60439-1.

8. Centro de transformación

8.1. Introducción

Mediante un transformador propiedad de la empresa, se alimentarán todos los circuitos de la instalación, el cual, estará ubicado en un local exclusivo y de fácil acceso. Dentro de dicho local, encontraremos los elementos de unión entre la red de distribución y el transformador de potencia. A este centro de transformación, llegará la acometida de alta tensión a 13.2 KV subterránea, en el local estarán todos los elementos necesarios y exigidos por la reglamentación vigente.

Colocaremos un transformador de 400 KVA mediante el cual cubriremos las necesidades que nos pueda requerir nuestra instalación-

Reglamentación y disposiciones oficiales:

Para la elaboración del proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de transformación, e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 3.275/82, de noviembre de 1982).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de agosto de 2002).
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica (Real Decreto 1075/1986 de 2 de mayo de 1986).
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.



8.2. Características generales del centro de transformación

La acometida será subterránea, se alimentará de la red de Media Tensión, el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 13,2 KV y a una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora Iberdrola.

Dadas las características de ubicación de la parcela en la que se emplaza la escuela, la empresa suministradora, clasifica el centro de transformación objeto de estudio como centro de transformación de abonado. Por lo que se considerará la llegada de una única línea de media tensión, y no será necesaria la instalación de una celda de salida.

El centro de transformación será prefabricado de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-5, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltorio metálica según la norma UNE-20.099-90 de la marca ORMAZABAL. Se encuentra situado en la parte norte de la escuela.

8.3. Características de las celdas

Los tipos generales de celdas empleadas en este proyecto son sistema CGM: celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafloruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de apartamento bajo envoltorio metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-20.099-90.

8.4. Descripción de la instalación

8.4.1. Obra civil

8.4.1.1. Local

El centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad, situado en la parte exterior.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-5.

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

8.4.1.2. Características constructivas

Se trata de una constitución prefabricada de hormigón modelo PFU-5 de ORMAZABAL, cuyas características más destacadas serán:

**Compacidad:**

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

- Calidad en origen.
- Reducción del tiempo de instalación.
- Posibilidad de posteriores traslados.

Facilidad de instalación:

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

Material:

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes, techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado, se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica y una perfecta impermeabilidad.

Equipotencialidad:

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la recomendación UNESA las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema equipotencial.

Entre la armadura, embebida de hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10000Ω .

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

Impermeabilidad:

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

Grados de protección:

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será IP339.

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

Envolvente:



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

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

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

Suelos:

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

Cuba de recogida de aceite:

La cuba de recogida de aceite se integra en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad suficiente para transformadores de hasta 800 KVA, estando así diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que este se derrame por la base.

Puertas y rejillas de ventilación:

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

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

El acabado estándar del centro se realiza con pintura acrílica rugosa, de color blanco en las paredes y marrón en los techos, puertas y rejillas.

Las dimensiones del centro de transformación quedan reflejadas a continuación:

- Longitud (mm): 6080
- Altura (mm): 3045
- Fondo (mm): 2380
- Peso (kg): 17460



Los equipos eléctricos inmersos en el centro de transformación serán prefabricados y cumplirán con las especificaciones indicadas en MIE RAT 19.

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la compañía eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado.

8.5. Instalación eléctrica

8.5.1. Características de la red de alimentación

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 13,2 KV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 400 MVA según datos suministrados por la compañía suministradora.

8.5.2 Características de la aparamenta de media tensión

Las características generales de los tipos de aparamenta empleados en la instalación son los siguientes:

Celdas CGM

El sistema CGM está formado por un conjunto de celdas modulares de media tensión, con aislamiento y corte de hexafluoruro de azufre (SF₆), cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos patentados por ORMAZABAL y denominados “conjuntos de unión”, consiguiendo una unión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas.

Las partes que componen estas celdas son:

Base y frente:

La altura y el diseño de esta base permiten el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso, y presentan el mismo unifilar del circuito principal y ejes de accionamiento de la aparamenta a la altura idónea para su operación. Igualmente, la altura de esta base facilita la conexión de los cables frontales de la acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos de los accionamientos del mando y, en la parte inferior, se encuentran las tomas para las lámparas de señalización de tensión y el panel de acceso de los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.



Cuba:

La cuba fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles. El gas SF₆ se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bares. El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con la ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, los cables, o la aparamenta del centro de transformación.

Interruptor – Seccionador – Seccionador de puesta a tierra:

El interruptor disponible en el sistema CHM tiene las tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra (salvo para el interruptor de la celda CMIP).

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

Mando:

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

Fusibles (Celda CMP-F):

En las celdas CMP-F de protección mediante fusibles, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve, debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos.

Conexión de cables:

La conexión de cables se realiza por la parte frontal, mediante unos pasatapas estándar.

Enclavamientos:

Los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGM pretenden que:



- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado y, recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal, si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal, si el seccionador de puesta a tierra está abierto y, a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

Características eléctricas:

Las características eléctricas generales de las celdas CGM son las siguientes:

Tensión nominal. (U_n) → 24 kV

Nivel de aislamiento:

Frecuencia industrial (1min)

-A tierra y entre fases → 50 kV

-A la distancia de seccionamiento

Impulso tipo rayo → 60 kV

-A tierra y entre fases → 125 kV

-A la distancia de seccionamiento → 145 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica.

8.5.3. Características descriptivas de las celdas y transformadores de media tensión

Entrada: CGM-CML Interruptor – seccionador.

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de $U_n = 24$ kV e $I_n = 400$ A y 370 mm de ancho por 850 mm de fondo por 1800 mm de alto y 135 kg de peso.

La celda CML de interruptor seccionador, o celda de línea, está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF₆, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornes enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detención de tensión en los cables de acometida.

Permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de media tensión.

Otras características constructivas son:

- Capacidad de ruptura 400A
- Intensidad de cortocircuito 16 kA/20kA



- Capacidad de cierre 40 kA

Celda de protección con fusibles:

Celda con envolvente metálica prefabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo UN = 24 kV e $I_n = 400$ A y 480 mm de fondo por 1800 mm de alto y 215 kg de peso.

La celda CMP-F de protección con fusibles está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF₆, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornes enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

Otras características constructivas son:

- Capacidad de ruptura 400^a
- Intensidad de cortocircuito 16 KA/20KA
- Capacidad de cierre 40 KA
- Fusibles 3 x 63 A

Celda de medida:

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de $U_n = 24$ kV y 800 mm de ancho por 1025 de fondo por 1800 de alto y 180 kg de peso.

La celda CMM de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas empresas suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos auxiliares y permiten el sellado de la misma para garantizar la no manipulación de las conexiones.

La celda de medida contiene:

- 2 juegos de barras tripolar $I_n = 400$ A
- 3 transformadores de intensidad de relación 30 – 60 / 5 A Clase 0,5, aislamiento 24 kV
- 3 transformadores de tensión, bipolares de relación 13200 – 22000 / 110, Clase 0,5, aislamiento 24 kV



- Embarrado de puesta a tierra

Transformador:

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 13,2 kV, y la tensión a la salida de 400 V entre fases y 230 V entre fases y neutro.

El transformador a instalar será de la marca Ormazabal conectado con acoplamiento Dyn 11.

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

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

- Potencia: 50 KVA
- Tensión primaria: 13200 – 20000 V
- Refrigeración: natural.
- Aislamiento: aceite mineral.
- Cuba de aletas: Llenado integral.

Equipo base:

- Pasatapas de media tensión de porcelana.
- Pasatapas de baja tensión de porcelana.
- Conmutador de regulación maniobrable sin tensión.
- 2 cáncamos de elevación y desencubado
- Orificio de llenado
- Dispositivo de vaciado y toma de muestras
- 4 ruedas bidireccionales
- 2 tomas de puesta a tierra

Características eléctricas del transformador:

Potencia en (KVA)	50
Tensión primaria (kV)	13,2 /20
Tensión secundaria en vacío (V)	420
Grupo de conexión	Dyn 11
Pérdidas en vacío (W)	750



Pérdidas en carga (W)	4600
Tensión de cortocircuito (%)	4
Caída de tensión a plena carga (%)	1,22
Rendimiento (%)	99

Dimensiones del transformador:

Potencia (KVA)	50
Largo (mm)	1537
Ancho (mm)	941
Alto (mm)	1004

En cuanto a las medidas de seguridad a tomar, se colocarán rótulos indicadores, extintores, equipos para primeros auxilios, etc., de conformidad con las Normas del Reglamento de centros de Transformación en vigor.

8.6. Cuadro general de baja tensión

La distribución de potencia del Centro de Transformación al C.G.P. situado dentro del recinto de la fábrica se realizará mediante canalización subterránea.

8.7. Instalación de puesta a tierra

8.7.1. Introducción

Todo centro de transformación estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en la propia instalación. Este sistema de puesta a tierra complementado con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto con las masas puestas en tensión.

De acuerdo con el Real Decreto 3275 / 1982 de 12 de Noviembre, que aprueba el “Reglamento sobre condiciones y garantías de seguridad de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación” y con la O.M. de 6-7-84 que señala las “Instrucciones Técnicas Complementarias” para aplicar dicho reglamento, la instalación que se pretende realizar es de Tercera Categoría por ser la máxima tensión utilizada igual a 20 kV.



El diseño de la puesta a tierra del centro de transformación se efectuará mediante la aplicación del documento UNESA “Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a Redes de Tercera Categoría”.

Se dispondrá por tanto de una tierra de protección a la que se conectarán, de acuerdo con la instrucción MIE-RAT 13, todas las partes metálicas de la instalación que no estén normalmente en tensión, pero puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Se conectará a la tierra de protección entre otros los siguientes elementos:

- Chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Las envolventes de los conjuntos de los armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las armaduras metálicas del centro de transformación.
- Los blindajes metálicos de los cables.
- Las tuberías y conjuntos metálicos.
- Las carcasas de los transformadores.

De igual manera se dispondrá por tanto de una puesta a tierra de servicio a la que se conectarán, según la instrucción MIE-RAT 13, los elementos necesarios de la instalación. La puesta a tierra de servicio será separada e independiente respecto a la puesta a tierra de protección.

Se conectará a la tierra de servicio entre otros los siguientes elementos:

- Los neutros de los transformadores.
- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.
- Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, etc.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

Con el fin de garantizar en el mayor grado posible, la seguridad de las personas que manejan los mandos del centro de transformación, además de dotarlo con un sistema de puesta a tierra como indica la MIE RAT 13, se tendrá a disposición del personal, guantes y calzados aislantes.

8.7.2. Investigación de las características del suelo

Según la investigación previa del terreno (Método Wenner) donde se instalará este centro de transformación, se determina una resistividad media de 500 Ωm (Terreno cultivable poco fértil).

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

En instalaciones eléctricas de alta tensión de tercera categoría, los parámetros de la red que definen la corriente de puesta a tierra son, la resistencia y la reactancia de las líneas.



El aspecto más importante que debe tenerse presente en el cálculo de la corriente máxima de puesta a tierra es el tratamiento del neutro de la red.

En este caso el neutro irá conectado rígidamente a tierra.

Cuando se produce un defecto a tierra, este se elimina mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por la orden que le transmite un dispositivo que controla la intensidad de defecto.

A efectos de determinar el tiempo máximo de eliminación de la corriente de defecto a tierra, el elemento de corte será un interruptor cuya desconexión está controlada por un relé que establezca su tiempo de apertura. Los tiempos de apertura del interruptor, incluido el de extinción del arco, se consideran incluidos en el tiempo de actuación del relé.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en la configuración tipo (representada en el anexo 2 del “Método de cálculo de UNESA”) que está de acuerdo con la forma y dimensiones del centro de transformación.

8.7.4. Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra

Tierra de protección:

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

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de picas en rectángulo de 4 x 6 m cuyo código de identificación es 70-60/5/46 dentro del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

Tierra de servicio:

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de 4 picas en hilera separadas 6 m y con profundidad de 4 m, cuyo código de identificación es 5/44 dentro del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

8.8. Instancias

Las celdas de media tensión en este proyecto, están constituidas por aparatos de fabricación en serie, y cumplen con lo indicado por el Ministerio de Industria, de acuerdo con la orden 11 – 1971.



8.9. Aparatos de media tensión

Todos los aparatos que se proyectan colocar están previstos para una tensión nominal de 20 kV, con lo que cumplen las prescripciones del Reglamento.

8.10. Aislamiento

Todos los elementos que se utilicen en el montaje de la instalación de alta tensión, estarán diseñados según la técnica de aislamiento pleno. Siendo 20 kV, el valor eficaz de la tensión nominal de servicio y de 24 kV, el valor eficaz de la tensión más elevada de la red entre fases, deberán soportar sin fallo alguno los siguientes ensayos:

- 125 KV (cresta) tensión de ensayo soportada al choque con onda 1,2 / 50µseg.
- 50 KV (valor eficaz) tensión soportada durante un minuto a 50 Hz.

8.11. Instalaciones secundarias en el centro de transformación

Alumbrado:

En el interior del centro de transformación se instalará 1 luminarias de Philips, modelo Mazda TCS 160 2xTL-D 58w HPF DPB.; capaz de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo.

La luminaria estará dispuesta de tal forma que mantenga la misma uniformidad posible en la iluminación. Además se deberá poder efectuar la sustitución de las lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se instalará también un punto de luz de alumbrado de emergencia de carácter autónomo, formado por una lámpara de emergencia y señalización de Legrand; Ref: B65 615 61; 6W de 100 lm, el cual señalará el acceso peatonal al centro de transformación.

Ventilación:

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural por convención mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto. Se dispondrá de una rejilla lateral inferior para entrada de aire de 1,95 m², y dos rejillas situadas en la parte superior de superficie total 2,30 m² para la salida del aire.

Estas rejillas estarán protegidas mediante una tela metálica con el fin de impedir el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

Elementos y medidas de seguridad:

Como requerimiento de seguridad para trabajos en el interior de celdas, los interruptores instalados cumplen por si solos en cuanto a distancias de seccionamiento, ya que su tensión de cebado entre polos abiertos se halla conforme a la exigencia de la norma UNE 20099.



Las celdas estarán separadas eléctricamente y mecánicamente por medio de placas metálicas y por el propio carácter aislante del interruptor seccionador, los que asegura la independencia entre ellas y evitan la posible propagación de defecto entre celdas contiguas.

El centro estará dotado con el siguiente equipamiento auxiliar:

- Banqueta aislante.
- Cuadro de primeros auxilios.
- Par de guantes aislantes.
- Placa de peligro y cartel de primeros auxilios para guía en caso de accidente eléctrico (cinco reglas de oro).



9. Resumen del presupuesto total de la instalación

Orden	Descripción	TOTAL (€)
Capítulo I	Acometida	854,06
Capítulo II	Protecciones	13.568,72
Capítulo III	Conductores, tubos y canalizaciones	8.165,58
Capítulo IV	Puesta a tierra	790,19
Capítulo V	Alumbrado	12.438,05
Capítulo VI	Tomas de corriente y elementos varios	793,65
Capítulo VII	Centro de transformación	35.945,17
Capítulo VIII	Compensación de energía reactiva	1.729,92
Capítulo IX	Seguridad y salud	739,28
TOTAL	Presupuesto de ejecución material	75.024,62
	Gastos generales (5%)	3.751,23
	Beneficio industrial (10%)	7.502,46
TOTAL	Presupuesto de ejecución por contrata sin I.V.A.	86.278,31
	I.V.A. (21%)	18.118,45
TOTAL	Presupuesto de ejecución por contrata con I.V.A.	104.396,76
	Redacción del proyecto (4%)	3.451,13
	Dirección del proyecto (4%)	3.451,13
	I.V.A. Honorarios(21%)	1.449,48
TOTAL	Presupuesto total	112.748,50

El presupuesto total de ejecución por contrata asciende a la cantidad de:

“CIENTO DOCE MIL SETECIENTOS CUARENTA Y OCHO CON CINCUENTA CÉNTIMOS DE EURO”

Pamplona, Septiembre 2013

Ibai Santesteban Córdoba



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA ESCUELA
INFANTIL EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 2:
CALCULOS

Alumno: Ibai Santesteban Córdoba

Tutor: Jorge Odériz Ezcurra

Pamplona, 30 de Agosto de 2013



INDICE

CÁLCULOS ELÉCTRICOS

PÁGINA

1.	Datos iniciales	4
2.	Cálculo de la instalación de alumbrado	4
2.1.	Pasos para el cálculo	4
2.2.	Nivel de iluminación	4
2.3.	Cálculo lumínico	6
2.3.1.	Datos de partida	6
2.3.2.	Fórmulas para el cálculo del flujo y de las luminarias	8
2.3.3.	Cálculo de iluminación interior	9
2.3.3.1.	Portería	9
2.3.3.2.	Sala de profesores	10
2.3.3.3.	Dormitorio	11
2.3.3.4.	Baños	12
2.3.3.5.	Distribuidor	13
2.3.3.6.	Aula 1	14
2.3.3.7.	Aula 2	15
2.3.3.8.	Aula 3	16
2.3.3.9.	Cocina	17
2.3.3.10.	Comedor	18
2.3.3.11.	Trastero	19
2.3.4.	Cálculo de iluminación de emergencia	20
2.3.4.1.	Portería	20
2.3.4.2.	Sala de profesores	20
2.3.4.3.	Dormitorio	21
2.3.4.4.	Baños	21
2.3.4.5.	Distribuidor	21
2.3.4.6.	Aula 1	22
2.3.4.7.	Aula 2	22
2.3.4.8.	Aula 3	22
2.3.4.9.	Cocina	23
2.3.4.10.	Comedor	23
3.	Cálculos eléctricos de la instalación	24
3.1.	Ordenación de los cuadros de baja tensión	24
3.2.	Potencia de la instalación	25
3.3.	Cálculo de secciones	28
3.4.	Cálculo de las protecciones magnetotérmicas	29



3.5. Instalación de puesta a tierra	35
3.5.1. Resistencia del electrodo	37
3.5.2. Características del electrodo	38
3.6. Cálculo de condensadores para la corrección del factor de potencia	40
3.6.1. Batería de condensadores para la instalación	40
3.6.2. Cálculo del conductor de unión de la batería	42
3.6.3. Cálculo de la protección de la batería de condensadores	43
3.7. Instalación de puesta a tierra	43
3.7.1. Resistencia del electrodo	43
3.7.2. Características del electrodo	44
3.8. Cálculo del centro de transformación	45
3.8.1. Datos del transformador	45
3.8.2. Intensidad de alta tensión	45
3.8.3. Intensidad en baja tensión	45
3.8.4. Cortocircuitos	46
3.8.4.1. Corriente de cortocircuito del lado de alta tensión	46
3.8.4.2. Corriente de cortocircuito del lado de baja tensión	46
3.8.5. Dimensionamiento del embarrado	47
3.8.5.1. Celdas	47
3.8.5.2. Comprobación por densidad de corriente	47
3.8.5.3. Comprobación por sollicitación electrodinámica	47
3.8.5.4. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito	48
3.8.6. Protecciones de Alta y Baja Tensión.	48
3.8.6.1. Alta tensión	48
3.8.6.2. Baja tensión	49
3.8.7. Dimensión de la ventilación del Centro de transformación	49
3.8.8. Dimensión del pozo apagafuegos	50
3.8.9. Cálculo de la puesta a tierra	50
3.8.9.1. Terreno	50
3.8.9.2. Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación de defecto para esas corrientes	50
3.8.9.3. Diseño de la instalación de tierra	51
3.8.9.3.1. Tierra de protección	52
3.8.9.3.2. Tierra de servicio	53
3.8.9.4. Cálculo de la resistencia de la instalación de tierra	54
3.8.9.4.1. Tierra de protección	54
3.8.9.4.2. Tierra de servicio	55
3.8.9.5. Cálculo de las tensiones exteriores de la instalación	55



3.8.9.6	Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación	56
3.8.9.7	Cálculo de las tensiones máximas aplicadas	56
3.8.9.7	Investigación de tensiones transferibles al exterior.	57
3.8.9.8	Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.	58



CÁLCULOS ELÉCTRICOS

1. Datos iniciales

Con el objetivo de construir una escuela infantil en una comuna situada en la región Chilena de Coquimbo se ha encargado la realización del dimensionamiento del conjunto de instalaciones que se van a necesitar para que se dé una adecuada iluminación a la hora de impartir la enseñanza a los estudiantes.

La empresa se dedica al mantenimiento industrial.

Cálculos eléctricos:

Con el objetivo de saber cuál va a ser la instalación eléctrica necesaria que tenemos que instalar, en primer lugar tenemos que conocer las demandas de potencia previstas para la ejecución de las actividades que se van a realizar. Para ello tenemos que estudiar cada uno de los receptores que se van a formar la instalación, tendremos que calcular cuál va a ser la potencia necesita cada uno de ellos, calculándose las intensidades y caídas de tensión correspondientes, para poder saber si las secciones y protecciones escogidas cumplen con las especificaciones del REBT.

2. Cálculo de la instalación de alumbrado

2.1 Pasos para el cálculo

A la hora de realizar los cálculos del sistema de iluminación, seguiremos los siguientes pasos:

1. Determinar el nivel de iluminación, el índice unificado de deslumbramiento, el índice de rendimiento de color de la luz y el plano de trabajo.
2. Elección del tipo de lámpara.
3. Elección del sistema de iluminación y de los aparatos de alumbrado.
4. Cálculo de la distribución y del número de luminarias

Se adopta como plano de trabajo, una superficie situada a 0,85 metros del suelo.

2.2 Nivel de iluminación

Con el objetivo de que los estudiantes y profesores puedan realizar sus actividades sin ningún riesgo para su seguridad y salud, es importante que tengan una iluminación adecuada en los lugares de trabajo.



En el Real Decreto 486/1997 se incluye una tabla detallada con los niveles mínimos de luz recomendados para diferentes actividades y tareas:

ANEXO IV: ILUMINACIÓN EN LOS LUGARES DE TRABAJO.

1. La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:
 - a. Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.
 - b. Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.
2. Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.
3. Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la siguiente tabla:

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1) Bajas exigencias visuales	100
2) Exigencias visuales moderadas	200
3) Exigencias visuales altas	500
4) Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100

(*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.

Deberemos de duplicar estos niveles mínimos en el caso de que se cumpla alguna de las siguientes circunstancias:

- a. En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- b. En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el



trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

En el caso de que la naturaleza lo impida, los límites señalados en el párrafo anterior no tendrán que ser aplicados.

4. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:
 - a. La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
 - b. Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
 - c. Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.
 - d. Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
 - e. No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.
5. Los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.
6. Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión, cumpliendo, a tal efecto, lo dispuesto en la normativa específica vigente.

2.3 Cálculo lumínico

Para realizar los cálculos lumínicos, nos hemos basado en un libro escrito por el autor D. José Ramírez Vázquez en el cual nos explica cómo realizar el cálculo lumínico. El libro se llama LUMINOTECNICA de la enciclopedia CEAC de electricidad.

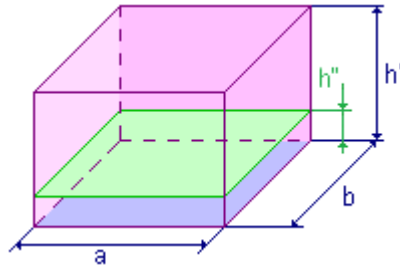
2.3.1 Datos de partida

Con el sistema de cálculo elegido no obtendremos resultados exactos, obtendremos aproximaciones.



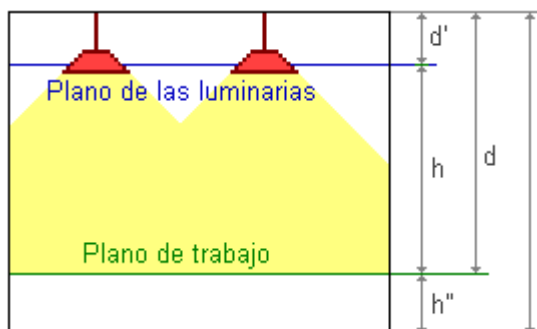
A continuación se numeran los datos de partida necesarios para empezar con los cálculos:

- Debemos conocer las dimensiones del local y del plano de trabajo.
El plano de trabajo depende de la actividad que realicemos, tal y como se ha visto en un apartado anterior.



- Debemos saber la iluminancia media que queremos para el local. Esta la elegiremos siguiendo los criterios de la tabla del anexo 4 del Real Decreto 486/1997 tal y como lo hemos hecho anteriormente.
- Escogeremos el tipo de lámpara, el sistema de alumbrado y las luminarias que mejor se adapten a la actividad del local.
- Determinar la altura de suspensión de las lámparas o si éstas van empotradas. Para ello nos guiaremos de la siguiente tabla.

	Altura de luminarias:
Locales de altura normal (Oficinas, viviendas, aulas..)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa.	Óptimo: $h = \frac{4}{5}(h' - 0,85)$



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias.
 h': altura del local.
 h'': altura del plano de trabajo.
 d: altura del plano de trabajo al techo.
 d': altura entre el techo y las luminarias.

- Obtendremos el índice del local (k) a partir de la fórmula:



$k = \frac{a \times b}{h \times (a+b)}$ Donde k tomará un valor entre 1 y 10. Si el valor obtenido es superior, se tomará 10. En cambio si el valor obtenido es menor, se tomará 1.

- Estableceremos el factor de reflexión por defecto de nuestro local. La reflexión para el suelo será del 20%.
- Con estos dos últimos factores y la tabla que se proporciona a continuación obtendremos el factor de utilización, y si fuera preciso, interpoláramos en ella.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.15	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

- Por último, estableceremos el factor de mantenimiento (fm), que en este caso será de 0,8, ya que se prevé tener limpias las instalaciones.

2.3.2 Fórmulas para el cálculo del flujo y de las luminarias

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m}$$

Donde:

- Φ_T = Flujo luminoso total.
- E = Iluminancia media deseada.
- S = Superficie del plano de trabajo.
- η = Factor de utilización.
- f_m = Factor de mantenimiento.

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L}$$

Donde:



N = Número de luminarias.

Φ_L = Flujo luminoso de cada lámpara.

n = Número de lámpara por luminaria.

Redondearemos en exceso.

2.3.3 Cálculo de iluminación interior

Se establecen los diferentes parámetros para los cálculos lumínicos de cada zona.

2.3.3.1 Portería.

Dimensiones del local:

a (m) = 9,9 m b (m) = 14,8 m h' (m) = 2,5 m h'' = 0,85 m S (m) = 146,52 m²
 d' = 0,2 m h = 1,84 m n = 1 E = 200 lux Φ_L = 5200

Iluminancia media deseada: 200 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara de vapor de mercurio de alta presión (VMAP) , HPI Plus de Philips, 400 W.

Tipo de luminaria: Modelo: Cabana HPK150 1xHPI-P400

Flujo luminoso de la lámpara: 42500 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{9,9 \times 14,8}{1,84 \times (9,9 + 14,8)} = 3,22$$

Utilizaremos el factor $k=1,747$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,26$$

Obtenemos el flujo luminoso total



$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 146,52}{0,26 \times 0,8} = 140884,6$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{140884,6}{4 \times 5200} = 6,7$$

Utilizaremos 6 luminarias.

2.3.3.2 Sala de profesores.

$$\begin{aligned} a \text{ (m)} &= 14,8 \text{ m} & b \text{ (m)} &= 9,7 \text{ m} & h' \text{ (m)} &= 3,15 \text{ m} & h'' &= 0,85 \text{ m} & S \text{ (m}^2\text{)} &= 143,56 \text{ m}^2 \\ d' &= 0,2 \text{ m} & h &= 1,84 \text{ m} & n &= 2 & E &= 200 \text{ lux} & \Phi_L &= 5200 \end{aligned}$$

Iluminancia media deseada: 200 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{9,9 \times 14,8}{1,84 \times (9,9 + 14,8)} = 3,22$$

Utilizaremos el factor $k=3,22$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,28$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 146,52}{0,28 \times 0,8} = 130821,4$$



Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{130821,4}{4 \times 5200} = 6,289$$

Utilizaremos 6 luminarias.

2.3.3.3 Dormitorio.

a (m) = 12,5 m **b (m)** = 6,10 m **h' (m)** = 3,15 m **h'' = 0,85 m** **S (m)** = 76,25 m²
d' = 0,2 m **h = 1,84 m** **n = 1** **E = 200 lux** **$\Phi_L = 5200$**

Nivel de iluminación: 200 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{12,5 \times 6,1}{1,84 \times (12,5 + 6,1)} = 2,18$$

Utilizaremos el factor $k=2,18$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,28$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 76,25}{0,28 \times 0,8} = 68080,36$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:



$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{68080,367}{4 \times 5200} = 3,27$$

Utilizaremos 4 luminaria.

2.3.3.4 WC-s (Chicos y Chicas).

Dimensiones del local:

$$\begin{aligned} a \text{ (m)} &= 4,9 \text{ m} & b \text{ (m)} &= 5,9 \text{ m} & h' \text{ (m)} &= 3,15 \text{ m} & h'' &= 0,85 \text{ m} & S \text{ (m}^2\text{)} &= 28,91 \text{ m}^2 \\ d' &= 0,2 \text{ m} & h &= 1,84 \text{ m} & n &= 1 & E &= 250 \text{ lux} & \Phi_L &= 5200 \end{aligned}$$

Iluminancia media deseada: 250 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{4,9 \times 5,9}{1,84 \times (4,9 + 5,9)} = 1,45$$

Utilizaremos el factor $k=1,45$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,28$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{250 \times 28,91}{0,28 \times 0,8} = 32265,6$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{32265,65}{4 \times 5200} = 1,55$$



Utilizaremos 2 luminarias.

2.3.3.5 Distribuidor.

h' (m) = 3,15 m $h'' = 0$ m S (m) = 406,4 m² $d' = 0,2$ m $h = 2,3$ m $n = 4$
 $E = 200$ lux $\Phi_L = 5200$

Nivel de iluminación: 200 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{2,7 \times 1}{2,3 \times (2,7 + 1)} = 0,32$$

Utilizaremos el factor $k=0,32$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,28$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 406,4}{0,28 \times 0,8} = 362857,14$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{362857,149}{4 \times 5200} = 17$$

Utilizaremos 17 luminarias.



2.3.3.6 Aula 1.

a (m) = 12 m b (m) = 8,5 m h' (m) = 3,15 m h'' = 0,85 m S (m²) = 102 m²
 d' = 0,2 m h = 1,84 m n = 4 E = 300 lux Φ_L = 14500

Nivel de iluminación: 300 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{12 \times 8,5}{1,84 \times (12 + 8,5)} = 2,7$$

Utilizaremos el factor $k=2,7$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,28$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{300 \times 102}{0,28 \times 0,8} = 136607,1$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{136607,1}{4 \times 5200} = 6,56$$

Utilizaremos 7 luminarias.



2.3.3.7 Aula 2

a (m) = 14,6 m b (m) = 8,1 m h' (m) = 3,15 m h'' = 0,85 m S (m) = 118,26 m²
 d' = 0,2 m h = 1,84 m n = 1 E = 300 lux Φ_L = 14500

Nivel de iluminación: 300 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{14,6 \times 8,1}{1,84 \times (14,6 + 8,1)} = 2,83$$

Utilizaremos el factor $k = 2,83$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,28$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{300 \times 118,26}{0,28 \times 0,8} = 158383,92$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{158383,92}{1 \times 14500} = 10,92$$

Utilizaremos 10 luminarias.



2.3.3.8 Aula 3.

a (m) = 14,6 m b (m) = 8,1 m h' (m) = 3,15 m h'' = 0,85 m S (m²) = 118,26 m²
 d' = 0,2 m h = 1,84 m n = 1 E = 300 lux Φ_L = 14500

Nivel de iluminación: 300 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{14,6 \times 8,10}{1,84 \times (14,6 + 8,1)} = 2,83$$

Utilizaremos el factor $k = 2,83$. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,28$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{300 \times 118,26}{0,28 \times 0,8} = 158383,92$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{158383,92}{1 \times 14500} = 10,92$$

Utilizaremos 10 luminarias



2.3.3.9 Cocina.

$$a \text{ (m)} = 8 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 14,8 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 3,15 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m)} = 118,4 \text{ m}^2$$

$$d' = 0,2 \text{ m} \quad h = 1,84 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 400 \text{ lux} \quad \Phi_L = 14500$$

Nivel de iluminación: 400 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{8 \times 14,8}{1,84 \times (8 + 14,8)} = 2,82$$

Utilizaremos el factor $k=2,82$. En este caso cogemos el valor mínimo que será de 1. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,28$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{400 \times 118,4}{0,28 \times 0,8} = 211428,6$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{211428,6}{2 \times 14500} = 7,29$$

Utilizaremos 7 luminarias.



2.3.3.10 Comedor.

a (m) = 24,3 m b (m) = 14,8 m h' (m) = 3,15 m $h'' = 0,85$ m S (m) = 359,64 m²
 $d' = 0,2$ m $h = 1,84$ m $n = 1$ $E = 400$ lux $\Phi_L = 35000$

Nivel de iluminación: 400 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D 58W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D58W HFP DP

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{24,3 \times 14,8}{1,84 \times (24,3 + 14,8)} = 1,13$$

Utilizaremos el factor $k=1,13$. En este caso cogemos el valor mínimo que será de 1. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,28$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{400 \times 359,64}{0,28 \times 0,8} = 642214,3$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{642214,3}{1 \times 35000} = 18,35$$

Utilizaremos 18 luminarias.



2.3.3.11 Trastero.

a (m) = 4,1m b (m) = 4,5 m h' (m) = 3,15 m $h'' = 0,85$ m S (m) = 18,45 m²
 $d' = 0,2$ m $h = 1,84$ m $n = 1$ $E = 200$ lux $\Phi_L = 5200$

Nivel de iluminación: 200 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5-54W/840

Tipo de luminaria: Marca Philips; Modelo: Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB

Flujo luminoso de la lámpara: 4450 lúmenes

Factor de mantenimiento: 0,8

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50 %

Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{4,1 \times 4,5}{1,84 \times (4,1 + 4,5)} = 1,192$$

Utilizaremos el factor $k=1,192$. En este caso cogemos el valor mínimo que será de 1. Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,28$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 18,45}{0,28 \times 0,8} = 16473,21$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{16473,21}{4 \times 5200} = 0,791$$

Utilizaremos 1 luminaria.



2.3.4 Cálculo alumbrado de emergencia

El cálculo del alumbrado de emergencia se realiza para obtener una iluminación media de 5 lux/m^2 en toda la escuela, de manera que en caso de que el alumbrado general falle se mantenga un nivel de iluminación que permita evacuar la escuela por las rutas marcadas.

La colocación del alumbrado de emergencia y señalización se situarán a una altura de 2,30 m respecto del suelo, justo encima de los marcos de las puertas.

2.3.4.1 Portería.

Área del local: $146,52 \text{ m}^2$

Proporción: 5 lúmenes / m^2

Flujo necesario: $130821,43 \text{ lm}$

Tipo de lámpara: Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 660843; 6 W;

Flujo luminoso de la lámpara: 1500 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 662707; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Proyectores necesarios: 1

Lámparas necesarias: 1

2.3.4.2 Sala de profesores.

Área del local: $143,56 \text{ m}^2$

Proporción: 5 lúmenes / m^2

Flujo necesario: $128178,57 \text{ lm}$

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 662222; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 150 lm

Lámparas necesarias: 1



2.3.4.3 Dormitorio.

Área del local: 76,25 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 6808,36 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 1

2.3.4.4 Baños.

Área del local: 28,91 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 32265,63 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 2x6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 2

2.3.4.5 Distribuidor.

Área del local: 406,5 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 363823,6 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 4x6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 4 (con cartel de salida).



2.3.4.6 Aula 1.

Área del local: 102 m²

Proporción: 15 lúmenes / m²

Flujo necesario: 1366607,1 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 34; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 260 lm

Lámparas necesarias: 1

2.3.4.7 Aula 2.

Área del local: 118,26 m²

Proporción: 15 lúmenes / m²

Flujo necesario: 158383,9lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 22; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 150 lm

Lámparas necesarias: 1

2.3.4.8 Aula 3

Área del local: 118,26 m²

Proporción: 15 lúmenes / m²

Flujo necesario: 158383,9lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 34; 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 260 lm

Lámparas necesarias: 1



2.3.4.9 Cocina.

Área del local: 118,4 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 211428,5 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 22; 2x 6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 150 lm

Lámparas necesarias: 2 (1 con cartel de salida).

2.3.4.10 Comedor.

Área del local: 359,64 m²

Proporción: 5 lúmenes / m²

Flujo necesario: 642214,3 lm

Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 07; 2x6W;

Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm

Lámparas necesarias: 2



3 Cálculos eléctricos de la instalación

3.1 Ordenación de los cuadros de baja tensión

A continuación se dividirán los diferentes circuitos de la instalación interior en distintos cuadros.

En las siguientes tablas se muestra la composición de los distintos cuadros de baja tensión repartidos por la escuela.

CGP:

Cuadro	Circuito	Utilización	Distancia al C.G.P (metros)
		Alumbrado y fuerza	
CGP 1	1	Portería, sala de profesores, baños, dormitorio, pasillos	79,5
		Alumbrado y fuerza	
CGP 2	2	Aula 1, aula 2, aula 3	48,8
		Alumbrado y fuerza	
CGP 3	3	Cocina, comedor y trastero	38,6

Cuadro Auxiliar 1: “Portería, sala de profesores, dormitorio, pasillos y WC-s”

CUADRO AUXILIAR 1	CIRCUITO	UTILIZACION	Máxima Longitud (metros)
		ALUMBRADO	
Alumbrado Portería	1.1	Encendido 1	17,1
Alumbrado Sala profesores	1.2	Encendido 2	25,8
Alumbrado Dormitorio	1.3	Encendido 3	34,5
Alumbrado WC Chicas	1.4	Encendido 4	37,5
Alumbrado WC Chicos	1.5	Encendido 5	43,7
Alumbrado Pasillos (interruptor crepuscular)	1.6	Encendido 6	79,3
Alumbrado emergencia	1.7	Emergencias	88,8
		FUERZA	
Tomas SAI (portería y sala de profesores)	1.8	Tomas SAI	11,7
T.C (portería y sala de profesores y dormitorio)	1.9	T.C1	32,7
T.C húmedas (WC-s)	1.10	T.C2	35,8
T.C (pasillos)	1.11	T.C3	48,1



Cuadro Auxiliar 2: “Aula 1, aula 2 y aula 3”

CUADRO AUXILIAR 2	CIRCUITO	UTILIZACION	Máxima Longitud (metros)
		ALUMBRADO	
Alumbrado Clase 1	2.1	Encendido 1	18,4
Alumbrado Clase 1	2.2	Encendido 2	21,4
Alumbrado Clase 1 (pizarra)	2.3	Encendido 3	22,7
Alumbrado Clase 2	2.4	Encendido 4	10,8
Alumbrado Clase 2	2.5	Encendido 5	12,1
Alumbrado Clase 2 (pizarra)	2.6	Encendido 6	15,4
Alumbrado Clase 3	2.7	Encendido 7	16,7
Alumbrado Clase 3	2.8	Encendido 8	18
Alumbrado Clase 3 (pizarra)	2.9	Encendido 9	21,3
Emergencia s	2.10	Encendido 10	20,7
		FUERZA	
T.C clase 1	2.11	T.C	24,6
T.C clase 2	2.12	T.C	20
T.C clase 3	2.13	T.C	28,9

Cuadro Auxiliar 3: “Comedor, cocina y trastero”

CUADRO AUXILIAR 3	CIRCUITO	UTILIZACION	Máxima Longitud (metros)
		ALUMBRADO	
alumbrado Cocina	3.1	Encendido 1	17,8
alumbrado comedor 1	3.2	Encendido 2	27,5
alumbrado comedor 2	3.3	Encendido 3	36,9
alumbrado comedor 3	3.4	Encendido 4	30,5
alumbrado trastero	3.5	Encendido 5	36,8
alumbrado emergencia Cocina 1	3.6	Emergencia	34,5
		FUERZA	
T.C Cocina (TIPO C3 pag 253)	3.7	T.C	15,8
T.C Comedor y trastero	3.8	T.C	33

3.2 Potencia de la instalación

Después de saber cuál va ser la distribución de los diferentes receptores, vamos a calcular cuál será la corriente eléctrica que circulará por cada cuadro. Mediante unos coeficientes se obtiene la dimensión aproximada del transformador que necesitamos, de las líneas, y de las protecciones.

Para ello se utilizan las siguientes ecuaciones:



$$I_{\text{calculo}} = I \times Fc$$

Donde:

I = Corriente nominal de cada receptor.

Fc = Coeficiente (1,8 para los fluorescentes, según la ITC-REBT 44 y 1,25 para los motores según la ITC-REBT 47).

$$I_{\text{total}} = I_{\text{calculo}} \times C_u$$

Donde:

C_u = Coeficiente de utilización.

Cuadro Auxiliar 1: "Porteria, sala de profesores, dormitorio, pasillos y WC-s"

CIRCUIT O	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	RAIZ DE 3	In (A)	Fc	Icalc (A)	FASES
1.1	Encendido 1	324	220	0,9	1,73	1,64	1,8	2,95	R-N
1.2	Encendido 2	324	220	0,9	1,73	1,64	1,8	2,95	R-N
1.3	Encendido 3	140	220	0,9	1,73	0,71	1,8	1,27	R-N
1.4	Encendido 4	108	220	0,9	1,73	0,55	1,8	0,98	S-N
1.5	Encendido 5	108	220	0,9	1,73	0,55	1,8	0,98	S-N
1.6	Encendido 6	336	220	0,9	1,73	1,70	1,8	3,05	S-N
1.7	Emergencias	72	220	0,9	1,73	0,36	1,8	0,65	S-N
1.8	SAI	1725	220	1	1,73	7,84	1	7,84	T-N
1.9	T.C1	3450	220	1	1,73	15,68	1	15,68	T-N
1.10	T.C2 (húmedas)	3450	220	1	1,73	15,68	1	15,68	T-N
1.11	T.C3	3450	220	1	1,73	15,68	1	15,68	T-N

	TOTAL	14616,6				62,02		67,72	
F. simul. (0,6)		8769,96				37,21		40,63	

Cuadro Auxiliar 2: "Aula 1, aula 2 y aula 3".

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	RAIZ DE 3	In (A)	Fc	Icalc (A)	FASES
2.1	Encendido 1	105	220	0,9	1,73	0,53	1,8	0,95	R-N
2.2	Encendido 2	105	220	0,9	1,73	0,53	1,8	0,95	R-N



2.3	Encendido 3	54	220	0,9	1,73	0,27	1,8	0,49	R-N
2.4	Encendido 4	210	220	0,9	1,73	1,06	1,8	1,91	R-N
2.5	Encendido 5	105	220	0,9	1,73	0,53	1,8	0,95	R-N
2.6	Encendido 6	54	220	0,9	1,73	0,27	1,8	0,49	R-N
2.7	Encendido 7	210	220	0,9	1,73	1,06	1,8	1,91	S-N
2.8	Encendido 8	105	220	0,9	1,73	0,53	1,8	0,95	S-N
2.9	Encendido 9	54	220	0,9	1,73	0,27	1,8	0,49	S-N
2.10	Emergencia	24	220	0,9	1,73	0,12	1,8	0,22	S-N
2.11	T.C1	3450	220	1	1,73	15,68	1	15,68	T-N
2.12	T.C2	3450	220	1	1,73	15,68	1	15,68	T-N
2.13	T.C3	3450	220	1	1,73	15,68	1	15,68	T-N

TOTAL	TOTAL	12196,8				52,23		56,37
Factor de simultaneidad (1)		12196,8				52,23		56,37

Cuadro Auxiliar 3: “Comedor, cocina y trastero”.

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	COS FI	RAIZ DE 3	In (A)	Fc	Icalc (A)	FASES
3.1.	Encendido 1	210	220	0,9	1,73	1,06	1,8	1,91	R-N
3.2.	Encendido 2	480	220	0,9	1,73	2,42	1,8	4,36	R-N
3.3	Encendido 3	480	220	0,9	1,73	2,42	1,8	4,36	S-N
3.4	Encendido 4	240	220	0,9	1,73	1,21	1,8	2,18	S-N
3.5	Encendido 5	35	220	0,9	1,73	0,18	1,8	0,32	S-N
3.6	Emergencia	32	220	0,9	1,73	0,16	1,8	0,29	S-N
3.7	T.C cocina	3450	220	1	1,73	15,68	1	15,68	T-N
3.8	T.C comedor y trastero	3450	220	1	1,73	15,68	1	15,68	T-N

	TOTAL	9558,6				38,82		44,79
Factor de simultaneidad (0,8)		7646,88				31,06		35,83

CGP:

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	TENSIÓN (V)	In (A)	Icalc (A)
1	Cuadro Auxiliar 1	8769,96	380	37,21	40,63
2	Cuadro Auxiliar 2	12196,8	380	52,23	56,37
3	Cuadro Auxiliar 3	7646,88	380	31,06	35,83

TOTAL:	28613,64		120,50	132,84
---------------	-----------------	--	---------------	---------------



3.3 Elección del transformador

Una vez finalizado este cálculo, se sumarán las potencias que afecta a cada cuadro y se multiplicarán por un coeficiente de simultaneidad para cada cuadro.

$$Potencia = P_{total} \times k_s$$

Donde:

k_s = Coeficiente de simultaneidad (en este caso 0,9).

Finalmente se aplicará un coeficiente para prevenir el crecimiento de demanda de potencia en un 30 %.

La potencia aparente será:

$$S_{calc} = \frac{Pot.}{\cos\phi} \times F_c$$

Donde:

$Pot.$ = Potencia activa (W).

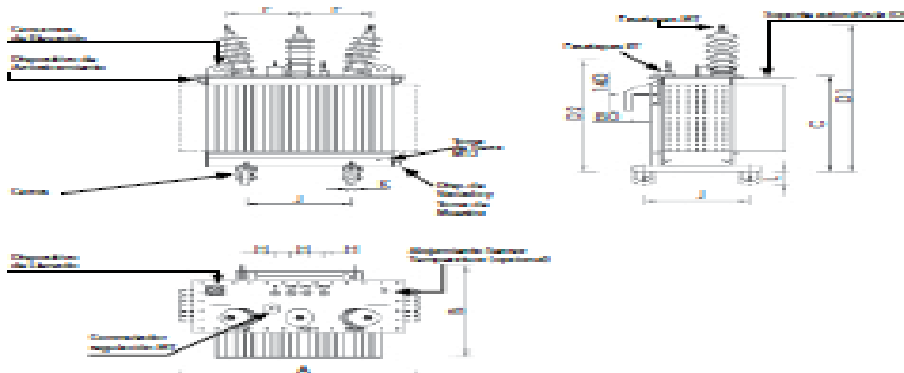
S_{calc} = Potencia aparente (VA).

$\cos\phi$ = Factor de potencia compensado por la batería de condensadores (0,97)

F_c = Factor de crecimiento (1,25).

POTENCIA	K_s	POT.	$\cos\phi$	F_c	Scale
28613,64	0,9	25752,3	0,97	1,25	33185,95

El transformador escogido es un transformador ORMAZABAL de 50 KVA aislado mediante aceite y con un nivel de aislamiento de 36 KV. Este será de “llenado integral”. De esta forma la instalación de la escuela queda abastecida.



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		36 kV: B ₁₀₀ , B ₁₅₀				
POTENCIA ASIGNADA [kVA]		25	50	100	150	
Tensión [kV]	Primaria	25				
Tensión [kV]	Secundaria en vacío	400				
Grupo de Conexión		Yen1/Dyn11				
Pérdidas en Vacío- P ₀ [W]	Lista B ₁₀₀	115	190	320	600	
Pérdidas en Vacío- P ₀ [W]	Lista B ₁₅₀	900	1200	1900	2500	
Pérdidas en Carga- P _k [W]	Lista B ₁₀₀	4,5	4,5	4,5	4,5	
Pérdidas en Carga- P _k [W]	Lista B ₁₅₀	50	57	58	59	
Impedancia de Cortocircuito (%) a 75°C		4,5				
Nivel de Potencia Acústica L _{WA} [dB]	Lista B ₁₀₀	59	57	58	59	
Caída de tensión a plena carga (%)	cos φ = 1	3,64	2,67	2,03	1,68	
	cos φ = 0,8	4,50	4,26	4,01	3,89	
Rendimiento (%)	Carga 100%	cos φ = 1	98,70	97,20	97,78	98,15
	Carga 75%	cos φ = 0,8	98,17	98,53	97,29	97,20
	Carga 100%	cos φ = 1	98,79	97,67	98,15	98,45
	Carga 75%	cos φ = 0,8	98,82	97,11	97,69	98,06

DIMENSIONES (mm)		36 kV: B ₁₀₀ , B ₁₅₀			
POTENCIA ASIGNADA [kVA]		25	50	100	150
A (Largo)		899	905	1006	1205
B (Ancho)		709	725	796	848
C (Alto a tapa)		768	810	889	947
D1 (Alto a MT con Porcelana MT)		1221	1263	1342	1390
D2 (Alto a BT con Palas)		919	960	1039	997
F (separación MT)		375	375	375	375
H (separación entre BT)		80	80	80	80
J (Distancia entre ruedas)		520	520	520	520
K (ancho rueda)		90	90	90	90
Ø (diámetro rueda)		125	125	125	125
L (Rueda)		110	110	110	110
Distancia entre Carchoes para poste		530	530	530	530
Volumen Aceite [Litros]		100	130	190	200
Peso total [kg]		230	475	610	760

3.4 Cálculo de secciones

En primer lugar calcularemos la sección correspondiente a cada línea y a continuación realizaremos el cálculo de las protecciones para esas líneas. Para la realización del primer cálculo, se hará un ejemplo paso a paso y posteriormente se resumirán todas las líneas en tablas con todos los parámetros calculados.

Para calcular la sección de una línea, primero es necesario conocer la potencia que se conectará en su extremo.

Para el cálculo vamos a utilizar dos criterios:

1. Criterio de la caída de tensión
 - a. Para líneas trifásicas



$$S = \frac{2 \times L \times P}{c \times u \times V}$$

b. Para líneas monofásicas

$$S = \frac{L \times P}{c \times u \times V}$$

Donde:

S = Sección (mm^2)

L = Longitud de la línea (m)

P = Potencia conectada (W)

c = Conductividad del cobre ($S/m=56$)

u = Caída de tensión admisible (6,5% para fuerza y 4,5% para alumbrado)

V = Tensión nominal (V)

2. Criterio térmico

a. Para líneas trifásica

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi}$$

b. Para líneas monofásicas

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

I = Intensidad (A)

P = Potencia conectada (W)

V = Tensión nominal (V)

Con la intensidad que circulará por la línea, podemos ver cuál es la sección normalizada para ello, se debe ir a la ITC-REBT 07 si se trata de una instalación subterránea, o a la ITC-REBT 19 si se trata de alguna de las instalaciones que se especifican en esta ITC. Después se busca la sección del cable adecuada para que soporte la intensidad calculada.

En el caso de tratarse de una instalación subterránea, se debe de aplicar un coeficiente por llevar los cables bajo zanja y en contacto.



Después se calcula la acometida, es decir, la línea que une el centro de transformación con el cuadro general de distribución. Transporta toda la corriente de la instalación y está diseñada para ampliar en un 30% la carga de la misma, o para poder aprovechar el transformador al 100%.

Como se ha calculado anteriormente, esta línea se dimensionará para una potencia de 28613,64 W, es decir para una corriente de 132,84 amperios.

La longitud desde el centro de transformación hasta el cuadro general es de 43 metros.

Se designan 3 conductores por fase, por lo que la corriente que lleve cada conductor será un tercio de la total.

La línea irá enterrada en zanja en el interior de tubo. Según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión se debe aplicar un factor de corrección de 0,8 por ir en el interior de tubo y un factor de corrección de 0,8 por haber 3 ternas de cables unipolares separados entre sí $d=0,25$ m. En total se aplicara un factor de corrección de $0,8 \times 0,8 = 0,64$.

Criterio de la caída de tensión

$$S = \frac{2 \times L \times P}{c \times u \times V} = \frac{2 \times 43 \times 28613,64}{56 \times 6 \times 380} = 19,27 \text{ mm}^2$$

Se normaliza esta sección y se obtiene que se debe poner una sección de 25 mm^2 .

Criterio térmico

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} = \frac{28613,64}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,97} = 44,82 \text{ A}$$

Como se trata de una línea subterránea que lleva 4 cables juntos, hay que mirar el coeficiente de corrección que se debe aplicar en la tabla correspondiente de la ITC-REBT 07 (0,64).

$$I_{calc} = \frac{I}{F_c} = \frac{44,82}{0,64} = 70,03 \text{ A}$$

Con esta intensidad hay que buscar en la tabla de la ITC-REBT 07 la sección necesaria para que cumpla este criterio (16 mm^2).

En este caso, la sección obtenida por el criterio de caída de tensión es mayor que la obtenida por el criterio térmico, por lo que como mínimo la sección debe de ser 25 mm^2 .



Las protecciones hacen que debamos subir la sección por lo que se colocará la que nos especifiquen para cumplir los criterios.

Acometida: 3x25 mm² Cu / 1x16 mm² Cu

El aislamiento será XLPE y el diámetro exterior de los tubos será de 90 mm (ITC-REBT 21).

El resto de los cálculos de las distintas líneas se refleja en las siguientes tablas. Los aislamientos de los conductores serán de XLPE, y estos irán en bandeja portacables de malla de acero galvanizado, de 200 mm de ancho y 35 mm de alto. Cuando se realicen las bajantes a los cuadros auxiliares, la bandeja ira con tapa a partir de los 3 metros de altura para no tener acceso directo a los cables de la bandeja. Esta bandeja irá rodeando las diferentes zonas de la escuela, a una altura de 3 metros.

Las secciones están calculadas en mm² y la Cdt. y la tensión en V.

Cuadro general de protecciones: CGP.

LÍNEA	FASES (mm ²)	NEUTRO (mm ²)	C.P. (mm ²)	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	6	6	6	Bandeja	3x6/6 + 6TT
2	16	16	16	Bandeja	3x16/16 + 16TT
3	6	6	6	Bandeja	3x6/6 + 6TT

Cuadro Auxiliar 1:

LÍNEA	FASES (mm ²)	NEUTRO (mm ²)	C.P. (mm ²)	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
2	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
3	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
4	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
5	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
6	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
7	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
8	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
9	4	4	4	Bandeja	2x4/4 + 4 TT
10	4	4	4	Bandeja	2x4/4 + 4 TT
11	4	4	4	Bandeja	2x4/4 + 4 TT

**Cuadro Auxiliar 2:**

LÍNEA	FASES (mm ²)	NEUTRO (mm ²)	C.P. (mm ²)	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
2	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
3	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
4	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
5	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
6	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
7	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
8	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
9	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
10	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
11	4	4	4	Bandeja	2x4 +4 TT
12	4	4	4	Bandeja	2x4 +4 TT
13	4	4	4	Bandeja	2x4 +4 TT

Cuadro Auxiliar 3:

LÍNEA	FASES (mm ²)	NEUTRO (mm ²)	C.P. (mm ²)	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
2	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
3	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
4	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
5	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
6	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 +1,5 TT
7	4	4	4	Bandeja	2x4 +4 TT
8	4	4	4	Bandeja	2x4 +4 TT

A continuación se añade una tabla donde se resumen todos los cálculos realizados para calcular las secciones de los conductores.

Las secciones que no coinciden entre la tabla resumen y las de las tablas anteriores, son las secciones que se han cambiado debido a las protecciones.



2. Cálculos

Universidad Pública de Navarra

RECEPTOR	CUADRO	CIRCUITO	SEC. CALCULADA (Ccdt)	P. RECEPTOR (W)	DISTANCIA (m)	Cu	CDT.	TENSIÓN	Cos ϕ	RAÍZ DE 3	INTENSIDAD	FACTOR DE CORRECCION	INTENSIDAD CALC.	SECCIÓN CDT.	SECCIÓN INTENSIDAD (Ct)
Acometida			10,14	28613,64	43	56	5,7	380	0,97	1,73	44,82	0,64	132,84	25,00	25,00
Cuadro Auxiliar 1			2,65	8769,96	79,50	56,00	24,70	380,00	0,90	1,73	14,81		40,63	4,00	6,00
Cuadro Auxiliar 2			2,26	12196,80	48,80	56,00	24,70	380,00	0,90	1,73	20,59		56,37	4,00	16,00
Cuadro Auxiliar 3			1,12	7646,88	38,60	56,00	24,70	380,00	0,90	1,73	12,91		35,83	1,50	6,00
Encendido 1	C.A.1	1.1	0,05	324	17,10	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	1,64	1,80	2,95	1,50	1,50
Encendido 2	C.A.1	1.2	0,07	324	25,80	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	1,64	1,80	2,95	1,50	1,50
Encendido 3	C.A.1	1.3	0,04	140	34,50	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,71	1,80	1,27	1,50	1,50
Encendido 4	C.A.1	1.4	0,03	108	37,50	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,55	1,80	0,98	1,50	1,50
Encendido 5	C.A.1	1.5	0,04	108	43,70	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,55	1,80	0,98	1,50	1,50
Encendido 6	C.A.1	1.6	0,22	336	79,30	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	1,70	1,80	3,05	1,50	1,50
Emergencias	C.A.1	1.7	0,05	72	88,80	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,36	1,80	0,65	1,50	1,50
Tomas SAI	C.A.1	1.8	0,11	1725	11,70	56,00	14,30	220,00	0,80	1,73	9,80	1,80	17,64	1,50	1,50
T.C1	C.A.1	1.9	0,64	3450	32,70	56,00	14,30	220,00	0,85	1,73	18,45	1,80	33,21	1,50	4,00
T.C2 (húmedas)	C.A.1	1.10	0,70	3450	35,80	56,00	14,30	220,00	0,85	1,73	18,45	1,80	33,21	1,50	4,00
T.C3	C.A.1	1.11	0,94	3450	48,10	56,00	14,30	220,00	0,85	1,73	18,45	1,80	33,21	1,50	4,00
Encendido 1	C.A.2	2.1	0,02	105	18,4	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,53	1,80	0,95	1,50	1,50
Encendido 2	C.A.2	2.2	0,02	105	21,4	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,53	1,80	0,95	1,50	1,50
Encendido 3	C.A.2	2.3	0,01	54	22,7	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,27	1,80	0,49	1,50	1,50
Encendido 4	C.A.2	2.4	0,02	210	10,8	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	1,06	1,80	1,91	1,50	1,50
Encendido 5	C.A.2	2.5	0,01	105	12,1	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,53	1,80	0,95	1,50	1,50
Encendido 6	C.A.2	2.6	0,01	54	15,4	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,27	1,80	0,49	1,50	1,50
Encendido 7	C.A.2	2.7	0,03	210	16,7	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	1,06	1,80	1,91	1,50	1,50
Encendido 8	C.A.2	2.8	0,02	105	18	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,53	1,80	0,95	1,50	1,50
Encendido 9	C.A.2	2.9	0,01	54	21,3	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,27	1,80	0,49	1,50	1,50
Emergencias	C.A.2	2.10	0,00	24	20,7	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,12	1,80	0,22	1,50	1,50
T.C1	C.A.2	2.11	0,48	3450	24,60	56,00	14,30	220,00	0,85	1,73	18,45	1,80	33,21	1,50	4,00
T.C2	C.A.2	2.12	0,39	3450	20,00	56,00	14,30	220,00	0,85	1,73	18,45	1,80	33,21	1,50	4,00
T.C3	C.A.2	2.13	0,57	3450	28,90	56,00	14,30	220,00	0,85	1,73	18,45	1,80	33,21	1,50	4,00
Encendido 1	C.A.3	3.1	0,03	210	17,80	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	1,06	1,80	1,91	1,50	1,50
Encendido 2	C.A.3	3.2	0,11	480	27,50	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	2,42	1,80	4,36	1,50	1,50
Encendido 3	C.A.3	3.3	0,15	480	36,90	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	2,42	1,80	4,36	1,50	1,50
Encendido 4	C.A.3	3.4	0,06	240	30,50	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	1,21	1,80	2,18	1,50	1,50
Encendido 5	C.A.3	3.5	0,01	35	36,80	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,18	1,80	0,32	1,50	1,50
Emergencia	C.A.3	3.6	0,01	32	34,50	56,00	9,90	220,00	0,90	1,73	0,16	1,80	0,29	1,50	1,50
T.C cocina	C.A.3	3.7	0,31	3450	15,80	56,00	14,30	220,00	0,85	1,73	18,45	1,80	33,21	1,50	4,00
T.C comedor	C.A.3	3.8	0,65	3450	33,00	56,00	14,30	220,00	0,85	1,73	18,45	1,80	33,21	1,50	4,00



3.5 Cálculo de las protecciones magnetotérmicas

El cálculo de protecciones es posible que nos fuerce a cambiar alguna de las secciones de los cables debido a:

- La intensidad nominal normalizada de los interruptores.
- El tiempo máximo que el conductor aguanta la intensidad de cortocircuito es inferior que el marcado (0,1 segundos).
- La ITC-REBT 25 obliga a unas determinadas secciones e intensidades de los interruptores que conllevarán al cambio para cumplir todas las condiciones.

La primera protección que se calculará será el I.C.P., que se coloca a la entrada del cuadro C.G.P. para proteger la empresa frente a sobrecarga. Para calcular las protecciones hay que calcular primero las impedancias de la red de baja tensión, del transformador, la apartamentada y los demás componentes

Así pues, se calculan los datos necesarios para todas las protecciones.

Lo primero que se hará es poner las fórmulas que se usarán para el cálculo, comunes para todos los circuitos. La apartamentada habrá que ir aumentándola a medida que bajemos en el circuito, ya que se añaden protecciones. No obstante, estos cálculos se realizarán por medio de una tabla Excel, lo que facilitará el cálculo.

$$Z_{M.T.}(j) = \frac{u_{M.T.}^2}{S_{cc}}$$

$$Z_{B.T.}(j) = Z_{M.T.}(j) \times \frac{u_{B.T.}^2}{u_{M.T.}^2}$$

$$Z_{Trafo}(j) = U_{cc} \times \frac{u_{B.T.}^2}{S_n}$$

$$Z_{Apartamentada}(j) = n^2 \times 0.00015$$

$$Z_{DI} = \phi \times \frac{L}{s} \quad |Z_d| = \sqrt{(Z_{Líneas})^2 + (Z(j))^2}$$

$$I_{cc \max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} \quad I_{cc \min} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{2|Z_d + Z_o|}$$

$$|Z_o| = \sqrt{(3 \times Z'_{Líneas})^2 + (Z_{Trafo}(j) + 3 \times Z_{Apartamentada}(j))^2}$$

$$t_{mcicc} = \frac{\Delta T_{cc} \times s^2 \times Cc}{I_{ccf}^2}$$

Definición de las abreviaturas:

$Z_{M.T.}(j)$ = Impedancia de Media Tensión.

$Z_{B.T.}(j)$ = Impedancia de Baja Tensión.

$Z_{Trafo}(j)$ = Impedancia del transformador.



$Z_{Aparametna1}(j)$ = Impedancia de la Aparamenta hasta el cuadro C.G.P.

Z_{DI} = Impedancia de la Derivación Individual. Esta fórmula se utilizará para todas las líneas que calculemos.

$|Z_d|$ = Impedancia directa.

$|Z_o|$ = Impedancia homopolar.

$u_{M.T.}$ = Tensión en Media Tensión (13200 V).

S_{cc} = Corriente de cortocircuito al principio de la línea dada por la compañía eléctrica (400000000 VA).

$u_{B.T.}$ = Tensión en Baja Tensión (400 V ó 230 V).

U_{cc} (%) = Tensión de cortocircuito que se rige por la siguiente tabla:

	U_{cc}
$S_n \leq 630KVA$	4%
$630KVA \leq S_n \leq 800KVA$	4.5%
$800KVA \leq S_n \leq 1000KVA$	5%
$1000KVA \leq S_n \leq 1600KVA$	6%

S_n = Potencia del transformador (400000 VA).

n^o = Número de aparatos o protecciones.

ϕ = Resistividad del cobre (0.018).

L = Longitud de la línea.

s = Sección de la línea.

$I_{cc\ max}$ = Calculamos la intensidad de cortocircuito máxima para el punto en el que nos encontramos y puede ser calculada con tres fórmulas.

Cortocircuito trifásico	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times Z_d }$
Cortocircuito bifásico	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{2 \times Z_d }$
Cortocircuito Fase-Tierra	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{2 Z_d + Z_o }$

$I_{cc\ min}$ = Corriente de cortocircuito mínima, suele ser el cortocircuito fase-tierra.

c = Se rige por la siguiente tabla:

	$I_{cc\ max}$	$I_{cc\ min}$
230/400 V	1	0.95
Otras tensiones	1.05	1

t_{mcicc} = Tiempo máximo que el conductor es capaz de soportar la intensidad de cortocircuito.



C_c = Coeficiente del conductor. Ser rige por la siguiente tabla:

	PVC	XLPE/EPR
Cu	135	135
Al	57	57

$$I_{ccf} = I_{cc \text{ min}}$$

ΔT_{cc} = Variación de la temperatura máxima que aguanta el aislamiento de funcionamiento nominal a cortocircuito.

	ΔT
PVC	90
XLPE	160

3.5.1 Ejemplo de cálculo: Magnetotérmico de C.G.P. para el cuadro auxiliar 2

Este elemento va a proteger frente a sobrecarga y cortocircuito por lo que hay que calcular el poder de corte, el calibre y su curva:

$$Z_{M.T.}(j) = \frac{u_{M.T.}^2}{S_{cc}} = \frac{13200^2}{400000000} = 0,4356j\Omega$$

$$Z_{B.T.}(j) = Z_{M.T.}(j) \times \frac{u_{B.T.}^2}{u_{M.T.}^2} = 0,4356 \times \frac{400^2}{13200^2} = 0,0004j\Omega$$

$$Z_{Trafo}(j) = U_{cc} \times \frac{u_{B.T.}^2}{S_n} = \frac{4}{100} \times \frac{400^2}{400000} = 0,016j\Omega$$

$$Z_{Aparametna1}(j) = n^0 \times 0,00015 = 1 \times 0,00015 = 0,00015j\Omega$$

$$Z_{Acometida} = \phi \times \frac{L}{S} = 0,018 \times \frac{48,8}{380} = 0,0023\Omega$$

$$|Z_d| = \sqrt{(Z_{Líneas})^2 + (Z(j))^2} = \sqrt{(0,0023)^2 + (0,0023 + 0,016 + 0,0004)^2} = 0,0167$$

$$I_{cc \text{ max}} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} = \frac{1 \times 380}{\sqrt{3} \times 0,0167} = 13128,937 \text{ A}$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de 15 KA.

Para calcular el calibre:

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; 56,37A < I_n < 68A$$



Se escoge un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 63 A, que es la intensidad normalizada.

A continuación se calcula la curva de la protección:

$$Z_{Línea C.S.1.} = \phi \times \frac{L}{S} = 0,018 \times \frac{10.93}{5010} = 0,0196\Omega$$

Para este cálculo, se deben hallar las impedancias de las líneas a temperatura de cortocircuito:

$$\begin{aligned} Z'_{Línea C.S.1.}(250^\circ) &= Z_{Línea C.S.1.} \times (1 + \alpha \times \Delta T) \\ &= 0,023 \times (1 + 0,004 \times 230) = 0,0044 \Omega \end{aligned}$$

$$Z'_{Acometida}(250^\circ) = Z_{Acometida} \times (1 + \alpha \times \Delta T) = 0,0023 \times (1 + 0,004 \times 230) = 0,00441\Omega$$

Se coge toda la aparamenta de la línea:

$$Z_{Aparamenta}(j) = n^2 \times 0,00015 = 1 \times 0,00015 = 0,00015j\Omega$$

$$\begin{aligned} Z_d = Z'_{Líneas} + Z(j) &= 0,0044 + 0,00144 + (0,0004 + 0,016 + 0,00015)j \\ &= 0,009 + (0,017)j \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_o = 3 \times Z'_{Líneas} + Z_{Trafo}(j) + 3 \times Z_{Aparametna}(j) \\ &= 3 \times 0,0044 + (0,016 + 3 \times 0,00015)j = 0,027 + 0,017j \end{aligned}$$

$$2|Z_d + Z_o| = \sqrt{(0,009 + 0,017)^2 + ((0,027 + 0,017)j)^2} = 0,0637\Omega$$

$$I_{cc\ min} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{2|Z_d + Z_o|} = \frac{0,95 \times 380 \times \sqrt{3}}{0,0637} = 9811,689 \text{ A}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 5 \times In = 625 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 10 \times In = 1250 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc\ min} \geq 20 \times In = 2500 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva elegida para el magnetotérmico será la D y MA.

Se comprueba ahora que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = \frac{C_c \times s^2 \times \Delta T_{cc}}{I_{ccf}^2} = \frac{135 \times 16^2 \times 160}{9811,69^2} = 0,193s > 0,1s \rightarrow \text{Válido}$$

3.5.2 Cálculo de los interruptores magnetotérmicos

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos del cálculo de los interruptores magnetotérmicos.



Cuadro general de protecciones: CGP

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
ICP	CGP	6262,03	15	500	D y MA
1	Cuadro Auxiliar 1	917,68044	15	45	B
2	Cuadro Auxiliar 2	13128,937	15	63	D y MA
3	Cuadro Auxiliar 3	13176,213	15	40	D y MA

Cuadro Auxiliar 1:

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
Cabecera	C.A.1.	917,680	15,000	45,000	B
1.1	Encendido 1	459,657	3,000	6,000	D y MA
1.2	Encendido 2	459,647	3,000	6,000	D y MA
1.3	Encendido 3	459,647	3,000	6,000	D y MA
1.4	Encendido 4	459,647	3,000	6,000	D y MA
1.5	Encendido 5	459,625	3,000	6,000	D y MA
1.6	Encendido 6	459,647	3,000	6,000	D y MA
1.7	Emergencias	459,657	3,000	6,000	D y MA
1.8	Tomas SAI	459,647	3,000	6,000	D y MA
1.9	T.C1	459,647	3,000	18,000	D y MA
1.10	T.C2 (húmedas)	459,667	3,000	18,000	D y MA
1.11	T.C3	459,647	3,000	18,000	D y MA

Cuadro Auxiliar 2:

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
Cabecera	C.A.2	13128,937	15,000	63,000	D y MA
2.1	Encendido 1	12556,319	15,000	6,000	D y MA
2.2	Encendido 2	12351,679	15,000	6,000	D y MA
2.3	Encendido 3	12351,679	15,000	6,000	D y MA
2.4	Encendido 4	12351,679	15,000	6,000	D y MA
2.5	Encendido 5	11961,115	15,000	6,000	D y MA
2.6	Encendido 6	12351,679	15,000	6,000	D y MA
2.7	Encendido 7	12556,319	15,000	6,000	D y MA
2.8	Encendido 8	12351,679	15,000	6,000	D y MA
2.9	Encendido 9	12351,679	15,000	6,000	D y MA
2.10	Emergencia	12351,679	15,000	6,000	D y MA
2.11	T.C1	12351,679	15,000	18,000	D y MA
2.12	T.C2	12351,679	15,000	18,000	D y MA
2.13	T.C3	12351,679	15,000	18,000	D y MA



Cuadro Auxiliar 3.

Circuito	Receptor	Icc máx (A)	PdC (kA)	Calibre (A)	Curva
Cabecera	C.A.3.	13176,213	15,000	40,000	D y MA
3.1	Encendido 1	12724,161	15,000	6,000	D y MA
3.2	Encendido 2	12511,343	15,000	6,000	D y MA
3.3	Encendido 3	12511,343	15,000	6,000	D y MA
3.4	Encendido 4	12511,343	15,000	6,000	D y MA
3.5	Encendido 5	12105,933	15,000	6,000	D y MA
3.6	Emergencia	12511,343	15,000	6,000	D y MA
3.7	T.C cocina	12724,161	15,000	18,000	D y MA
3.8	T.C comedor	12511,343	15,000	18,000	D y MA

3.6 Cálculo de condensadores para la corrección del factor de potencia

3.6.1 Batería de condensadores para la instalación

Se calcula la potencia aparente de cada circuito y la total para hallar el $\cos \varphi$ medio:

Cuadro Auxiliar 1:

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	Cos φ	Potencia (VA)
1.1	Encendido 1	324	0,9	360,00
1.2	Encendido 2	324	0,9	360,00
1.3	Encendido 3	140	0,9	155,56
1.4	Encendido 4	108	0,9	120,00
1.5	Encendido 5	108	0,9	120,00
1.6	Encendido 6	336	0,9	373,33
1.7	Emergencias	72	0,9	80,00
1.8	SAI	1725	1	1725,00
1.9	T.C1	3450	1	3450,00
1.10	T.C2 (húmedas)	3450	1	3450,00
1.11	T.C3	3450	1	3450,00
Total		13487		13643,89

**Cuadro Auxiliar 2:**

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	Cos φ	Potencia (VA)
2.1	Encendido 1	105,00	0,90	116,67
2.2	Encendido 2	105,00	0,90	116,67
2.3	Encendido 3	54,00	0,90	60,00
2.4	Encendido 4	210,00	0,90	233,33
2.5	Encendido 5	105,00	0,90	116,67
2.6	Encendido 6	54,00	0,90	60,00
2.7	Encendido 7	210,00	0,90	233,33
2.8	Encendido 8	105,00	0,90	116,67
2.9	Encendido 9	54,00	0,90	60,00
2.10	Emergencia	24,00	0,90	26,67
2.11	T.C1	3450,00	1,00	3450,00
2.12	T.C2	3450,00	1,00	3450,00
2.13	T.C3	3450,00	1,00	3450,00
Total		11376,00		11490,00

Cuadro Auxiliar 3:

CIRCUITO	RECEPTOR	POTENCIA (W)	Cos φ	Potencia (VA)
3.1.	Encendido 1	210	0,9	233,33
3.2.	Encendido 2	480	0,9	533,33
3.3	Encendido 3	480	0,9	533,33
3.4	Encendido 4	240	0,9	266,67
3.5	Encendido 5	35	0,9	38,89
3.6	Emergencia	32	0,9	35,56
3.7	T.C cocina	3450	1	3450,00
3.8	T.C comedor y sala de baterías	3450	1	3450,00
Total		8377		8541,11

Total:

Potencia (W) total		33240,00
Potencia (VA) total		33675,00
	Cos φ medio	0,987

Se calcula ahora el cos φ medio:



$$\cos \varphi \text{ medio} = \frac{\sum P}{\sum S} = \frac{33240,00}{33675,00} = 0,93 \quad \longrightarrow \quad \varphi = 21,56^\circ$$

Por lo tanto, la potencia reactiva consumida será:

$$Q = P * \operatorname{tg} \varphi = 13137,3 \text{ VAr.}$$

Se quiere conseguir un $\cos \varphi$ cercano a 1, con $\cos \varphi' = 0.97$

$$Q' = P * \operatorname{tg} \varphi' = 8331 \text{ VAr.}$$

Por lo que la potencia a compensar será:

$$Q_b = Q - Q' = 13137,3 - 8331 = 4806,6 \text{ VAr}$$

Como hemos elegido compensación automática nuestra batería de condensadores tendrá que ser capaz de suministrar esa potencia. Se elegirá una batería de condensadores que pueda llegar a suministrar una energía reactiva mayor de 4806,6 VAr.

El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 10 kVAr M12540 de Legrand 400V, que se colocará en el lado del Cuadro General de BT.

3.6.2 Cálculo del conductor de unión de la batería

Aplicando la fórmula de la potencia se halla la intensidad:

$$Q = 3 \cdot V \cdot I_n \cdot \operatorname{sen} \varphi$$

Siendo:

$\operatorname{Sen} \varphi = 1$, el de la batería de condensadores

$V = 380 \text{ V}$

$Q =$ potencia de la batería de condensadores (10 kVA).

Se obtiene que $I_n = 8,772 \text{ A}$

Criterio de la caída de tensión

$$S = \frac{2xLxIx\operatorname{Cos} \varphi}{CxU} = \frac{2x43x8,772x0,97}{56x380} = 0,0344 \text{ mm}^2$$

Se normaliza la sección y se obtiene una sección de $1,5 \text{ mm}^2$.



Criterio térmico

$$I_{\text{calc}} = 8,772 \text{ A} \longrightarrow \text{Sección} = 1,5 \text{ mm}^2$$

La sección de los conductores de unión de la batería de condensadores será de $1,5 \text{ mm}^2$ con aislamiento de 0,6/ 1 kV de XLPE.

3.6.3 Cálculo de la protección de la batería de condensadores

Para calcular el interruptor automático tendremos en cuenta la intensidad consumida por la batería de condensadores.

$$I_n = 8,772 \text{ A}$$

La intensidad de cortocircuito será la de la entrada al C.G.P.

$$I_{\text{cc}} = 6262,03 \text{ A}$$

Se elige un interruptor magnetotérmico con poder de corte 15 kA y calibre 500 A.

3.7 Instalación de puesta a tierra

3.7.1 Resistencia del electrodo

Como viene explicado en la memoria, la diferencia de tensión entre masa y tierra no debe de ser superior a 24 voltios en lugares que se consideren húmedos o 50 voltios en lugares secos.

En nuestro caso, tomaremos 50 voltios ya que se trata de una zona que consideraremos que tiene un ambiente seco y por ello tomaremos las siguientes medidas para dicho fin:

Datos de partida:

- Resistividad del terreno:

Según la tabla de la ITC BT 18, tabla 3, $\rho = 500 \Omega \times m$ (Terreno cultivable poco fértil).

- Tensión máxima de contacto 50 V.

- Corriente de disparo del interruptor diferencial 300 mA.

- El valor máximo de la resistencia de tierra deberá ser $\leq 166.67\Omega$.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{50}{300\text{mA}} = 166.67 \Omega$$



3.7.2 Características del electrodo

Nuestro electrodo está formado por 4 picas de acero recubiertas de cobre las cuales tendrán 14mm de diámetro y 2 metros de longitud, colocaremos picas en cada una de las esquinas que forman la escuela. Estas picas estarán unidas por un conductor de cobre desnudo de 50mm² de sección, dicho cable estará unido al mallazo metálico de cimentación mediante un conductor de 50mm² el cual se unirá mediante soldadura aluminotérmica, consiguiendo así formar una superficie equipotencial a lo largo de toda la escuela.

Para calcular el valor de la resistencia de tierra tendremos en cuenta el caso de defecto a tierra más desfavorable, el cual se da cuando la corriente de defecto tenga su máximo valor..

Se calculará a continuación la resistencia de la puesta a tierra. Para ello se utilizarán las siguientes expresiones.

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} \quad R_{pt} = n \times R_p$$

R_p = Resistencia de una pica.

R_{pt} = Resistencia de las picas usadas.

n = Número de picas.

ρ = Resistividad del terreno ($\Omega \times m$).

L_1 = Longitud de pica (m).

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} = \frac{500}{2} = 250 \Omega$$

$$R_{pt} = n \times R_p = 4 \times 250 = 1000 \Omega$$

$$R_c = \frac{2\rho}{L_2} = \frac{2 \times 500}{100} = 10 \Omega$$

La resistencia total de tierra se calculará mediante el paralelo entre la resistencia de las picas y la del cable:

$$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{R_{pt}} + \frac{1}{R_c} = \frac{1}{1000} + \frac{1}{10} = \frac{1}{0.101} = 9,9 \Omega$$

$$R_a = 9,9 \Omega$$

Una vez calculada la resistencia de tierra hay que comprobar si se cumple el reglamento:

$$U_c = R_a \times I_a = 9,9 \times 0,3 = 2,97V < 50V \rightarrow \text{Se cumple el reglamento.}$$



3.8 Cálculo del centro de transformación

3.8.1 Datos del transformador

En la siguiente tabla mostramos las características de nuestro transformador, obtenidas del catálogo proporcionado por el fabricante.

	Datos del Transformador
Potencia del transformador (KVA)	50
Pérdidas en el hierro (W)	750
Pérdidas en el cobre (W)	4600
Pérdidas del transformador (W)	5350
Porcentaje de tensión de cortocircuito (%)	4
Potencia de cortocircuito de la red (MVA)	400
Dieléctrico (Aceite) (L)	330

3.8.2 Intensidad de alta tensión

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

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_p}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en KVA. (50 KVA)

U = Tensión compuesta primaria en KV (13,2 KV)

I_p = Intensidad primaria en amperios.

Sustituyendo valores, se obtiene I_p :

$$I_p = 2,19 \text{ A}$$

3.8.3 Intensidad en baja tensión

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

$$I_s = \frac{S - P_{fe} - P_{cu}}{\sqrt{3} \times U_s}$$

Siendo:



S = Potencia del transformador en KVA. (50 KVA)

P_{Cu} = Pérdidas en el cobre del transformador.

P_{Fe} = Pérdidas en el hierro del transformador.

U_s = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios. (0,4 KV)

I_s = Intensidad secundaria en amperios.

Despreciando las pérdidas en el hierro y en los arrollamientos, se tiene:

$$I_s = 65,53 \text{ A}$$

3.8.4 Cortocircuitos

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 400 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la compañía suministradora (Iberdrola).

3.8.4.1 Corriente de cortocircuito del lado de alta tensión

La corriente de cortocircuito en el primario como se puede calcular utilizando la siguiente expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U_p}$$

I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito de la red (A).

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red (400 MVA).

U_p = Tensión primaria (13,2 KV).

Sustituyendo valores, se obtiene I_{ccp} :

$$I_{ccp} = 17495,46 \text{ A}$$

3.8.4.2 Corriente de cortocircuito del lado de baja tensión

La corriente de cortocircuito en el secundario como se puede calcular utilizando la siguiente expresión:

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \times \left(\frac{U_{cc}}{100}\right) \times U_s}$$

S = Potencia del transformador (50 KVA).

I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria (KA).

U_{cc} = Tensión de cortocircuito en carga (4).

U_s = Tensión secundaria en carga (0,4 KV).

Sustituyendo valores, se obtiene I_{ccs} :

$$I_{ccp} = 1804,21 \text{ A}$$



3.8.5 Dimensionamiento del embarrado

3.8.5.1 Celdas

La gama CGM está compuesta por unidades modulares bajo envolventes metálicas del tipo compartimentadas equipadas con aparatos de corte y seccionamiento.

Las unidades CGM son usadas para cumplir con las funciones y requerimientos propios de la media tensión en las estaciones distribuidoras de grandes consumidores, hasta 36 kV.

Las unidades SM6 están concebidas para instalaciones de interior y sus dimensiones reducidas son:

Características CGM	Datos (m)	Características del embarrado	Datos
24			
Altura	1,6	Intensidad asignada (A)	630
Anchura	0,375- 0,750	Límite térmico 1s (KA)	20
Profundidad	0,94	Límite electrodinámico (KA)	31,25

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

3.8.5.2 Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por CGM conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada 630 A.

3.8.5.3 Comprobación por sollicitación electrodinámica

Según la MIE-RAT 05, la resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{m\acute{a}x} \geq \frac{(I_{ccp}^2 \times L^2)}{60 \times d \times W}$$



S_{max} = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores.

Para cobre semiduro 2800Kg/cm²

I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito de la red (KA).

L = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

d = Separación entre fases, en cm.

W = Módulo resistente de los conductores en cm³.

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

3.8.5.4 Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito

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

$$I_{th} = a \times S \times \sqrt{\frac{DT}{t}}$$

I_{th} = Intensidad eficaz (A)

a = 13 para el cobre.

S = Sección del embarrado (mm²)

DT = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para el cobre

t = Tiempo de duración del cortocircuito (s).

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por CGM conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{th} = 20 \text{ kA durante 1s.}$$

3.8.6 Protecciones de Alta y Baja Tensión.

3.8.6.1 Alta tensión

La protección se realiza utilizando una celda de ruptofusibles cuya señal alimentará a un disparador de un seccionador de puesta a tierra, que efectuará la protección a sobrecargas, cortocircuitos.

3.8.6.2 Baja tensión

En el circuito de baja tensión del transformador según RU6302 se instalará una caja de protección. Se instalarán fusibles, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada en el apartado 3.8.4.2.



La descarga del transformador al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0,6/1 KV 400 mm² unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente será de 705 A.

3.8.7 Dimensión de la ventilación del Centro de Transformación

La ventilación del Centro de Transformación se llevará a cabo por medio de ventilación natural en las paredes del mismo, y para evitar la entrada de elementos al interior se instalarán unas rejillas. Primero se calcula el caudal de aire necesario:

$$Q = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{1,16 \times \Delta T}$$

W_{cu} = Pérdidas en cortocircuito del transformado (4,6 KW).

W_{fe} = Pérdidas en vacío del transformador (0,75 KW).

Δt = Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale (15°C).

Se calcula ahora la superficie de la rejilla. Para ello se debe calcular la velocidad del aire:

$$v_s = 4,6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta T}$$

H = Distancia entre los centros de las rejillas de entrada y salida (1,9 m).

Δt = Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale (15°C).

v_s = Velocidad del aire (m/s).

$$S_{eficaz\ rejilla} = \frac{Q}{v_s}$$

$S_{eficaz\ rejilla}$ = Superficie mínima de la rejilla de ventilación (m²).

v_s = Velocidad del aire (m/s).

$$S_{rejilla} = 1,4 \times S_{eficaz\ rejilla}$$

$S_{rejilla}$ = Superficie de la rejilla

1,4 = Coeficiente de aumento de la rejilla del 40% debido a que es el espacio que ocupan las lamas.



Sustituyendo los distintos valores en la fórmula, se obtiene la superficie de la rejilla:

$$Q = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{1,16 \times \Delta T} = \frac{4,6 + 0,75}{1,16 \times 15} = 0,3075 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_s = 4,6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta T} = 4,6 \times \frac{\sqrt{1,9}}{15} = 0,42271 \text{ m/s}$$

$$S_{eficaz\text{ rejilla}} = \frac{Q}{v_s} = \frac{0,3075}{0,42271} = 0,7274 \text{ m}^2$$

$$S_{rejilla} = 1,4 \times S_{eficaz\text{ rejilla}} = 1,4 \times 0,7274 = 1,01843 \text{ m}^2$$

Así pues, se colocarán en las paredes del Centro de Transformación en un lado una rejilla de 1,95 m² y en el otro lado dos rejillas con superficie de 2,30 m².

3.8.8 Dimensión del pozo apagafuegos

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador. En este caso, al tratarse de un edificio prefabricado, el fabricante ya ha dimensionado dicho pozo para que pueda almacenar los 330 litros de dieléctrico que tiene según los datos dados por el mismo fabricante.

En la parte superior del depósito colector del dieléctrico se instalará un dispositivo apagallamas que consiste en unas rejillas metálicas que producen la autoextinción del aceite.

3.8.9 Cálculo de la puesta a tierra

3.8.9.1 Terreno

El terreno en el que se prevé construir la escuela se trata de un terreno cultivable poco fértil por lo que su resistividad media es de 500 Ω x m. Como el Centro de Transformación se quiere instalar en la misma parcela, la resistividad que consideraremos será la misma.

3.8.9.2 Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación de defecto para esas corrientes

En instalaciones de Alta Tensión de tensión igual o inferior a 30 KV (de tercera categoría) los aspectos a tener en cuenta para los cálculos de falta a tierra son:

- Tipo de neutro:
Los cálculos variarán si el neutro de la red está aislado, directamente unido a



tierra o unido a través de una impedancia.

- Tipo de protecciones de la línea en la subestación más cercana:
Si se produce un fallo en la red, éste se elimina con la apertura de un elemento de corte que se dispara por la indicación de un medidor de corriente.

Además se pueden producir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a medio segundo.

El tiempo máximo de eliminación del defecto es de 1 segundo, y los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro son de 38,49 Ω .

Con estos datos y la normativa MIE-RAT 13 se obtienen los datos de “K y n” para así poder calcular la intensidad máxima de puesta a tierra.

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

Así pues, la intensidad máxima de defecto se puede calcular introduciendo los datos en la siguiente fórmula:

$$I_{d_{m\acute{a}x}} = \frac{U_{p \text{ m\acute{a}x}}}{\sqrt{3} \times Z_n}$$

$I_{d_{m\acute{a}x}}$ = Intensidad de defecto máxima (A).

$U_{p \text{ m\acute{a}x}}$ = Tensión del primario máxima (V).

Z_n = Valor de la impedancia de puesta a tierra del neutro (Ω).

En un futuro próximo se prevé que la tensión de servicio de Media Tensión pase de 13,2 kV a 20 kV, y al producirse esta circunstancia, la instalación de tierra deberá cumplir la normativa para seguir en funcionamiento, por lo que se debe dimensionarla para la situación más desfavorable. Por lo tanto, los cálculos se deberán realizar para una tensión de 20 kV.

$$I_{d_{m\acute{a}x}} = \frac{U_{p \text{ m\acute{a}x}}}{\sqrt{3} \times Z_n} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times 38,49} = 300 \text{ A}$$

3.8.9.3 Diseño de la instalación de tierra

Para los cálculos a realizar se emplearán las expresiones y procedimientos del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA, conforme a las características del Centro de Transformación objeto de cálculo.

3.8.9.3.1 Tierra de protección

A este sistema se conectarán las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas,



tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas, carcasas de los transformadores, edificio prefabricado, puertas de acceso, rejillas de ventilación,...

- Código 70-60/5/46 del método de cálculo de tierras de UNESA. Este código indica:
 - Con los 2 primeros números (70), el largo de la tierra de protección en dm.
 - Con los 2 siguientes números (60), el ancho de la tierra de protección en dm.
 - Con el número entre barras (5), la profundidad a la que se instalarán las picas de la tierra de protección en dm.
 - Con el penúltimo número (4), se indica el número de picas que se pondrán.
 - Con el último número (6), se indica la longitud de las picas en metros.

- Parámetros característicos:

$$Kr = 0,056 \left(\frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$Kp = 0,0113 \left(\frac{V}{\Omega \times A} \right)$$

- Descripción:

Estará constituida por 4 picas en disposición rectangular unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 6 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m y la separación entre cada pica y la siguiente será de 4 y 5 m, dependiendo del lado. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 18m.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kp y Kr de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.

La conexión desde el Centro de Transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1KV protegido contra daños mecánicos.

3.8.9.3.2 Tierra de servicio

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



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

- Código 5/44 del método de cálculo de tierras de UNESA.
 - Con el primer número (5), se indica la profundidad a la que se instalarán las picas de la tierra de servicio en dm.
 - Con el penúltimo número (4), se indica el número de picas que se pondrán.
 - Con el último número (4), se indica la longitud de las picas en metros.

- Parámetros característicos:

$$Kr = 0,0572 \left(\frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$Kp = 0,00919 \left(\frac{V}{\Omega \times A} \right)$$

- Descripción

Estará constituida por 4 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m y la separación entre cada pica y la siguiente será de 6m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 18m, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kp y Kr de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.

La conexión desde el Centro de Transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre de 50 mm² aislado de 0,6/1KV bajo tubo de plástico con grado de protección contra daños mecánicos de 7 como mínimo.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37Ω. Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 300 mA no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 V (=37 x 300).



Existirá una separación mínima entre picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.

3.8.9.4 Cálculo de la resistencia de la instalación de tierra

3.8.9.4.1 Tierra de protección

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

$$R_t = Kr \times \rho$$

$$I_d = \frac{U_{p \text{ máx}}}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

$$U_d = I_d \times R_t$$

R_t = Resistencia de puesta a tierra (Ω)

$$Kr = 0,056 \left(\frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$\rho = 500 (\Omega \times m)$$

I_d = Intensidad de defecto (A)

$U_{p \text{ máx}}$ = Tensión del primario máxima (V).

R_n y X_n = Dan valor a la impedancia de puesta a tierra del neutro (nos lo proporciona la compañía suministradora):

$$Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} = \sqrt{38,49^2 + 0^2} = 38,49 \Omega$$

U_d = Tensión de defecto (V)

Cálculo:

$$R_t = Kr \times \rho = 0,056 \times 500 = 28 \Omega$$

$$I_d = \frac{U_{p \text{ máx}}}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times \sqrt{(38,49 + 28)^2 + 0^2}} = 242,6 \text{ A}$$

$$U_d = I_d \times R_t = 242,6 \times 28 = 6792,77 \text{ V}$$

El aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión del Centro de Transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (U_d), por lo que deberá ser como mínimo 10000V.



De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del Centro.

Se comprueba además que la intensidad de defecto calculada es superior a 100A, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

Resumiendo:

- Configuración: 70-60/5/46
- Geometría: Anillo
- Dimensiones: 5x4 metros
- Profundidad del electrodo: 0,5 metros
- Número de picas: 4
- Resistencia $Kr=0,056 \left(\frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$
- Tensión de paso $Kp=0,0113 \left(\frac{V}{\Omega \times A} \right)$
- Tensión de contacto $Kc=0,0215 \left(\frac{V}{\Omega \times m \times A} \right)$

3.8.9.4.2 Tierra de servicio

Con el valor correspondiente al electrodo elegido y multiplicando por la resistividad del terreno, se obtiene el valor de la resistencia de tierra de servicio.

$$R_t = Kr \times \rho$$

Cálculo:

$$R_t = Kr \times \rho = 0,0572 \times 500 = 28,6\Omega < 37\Omega$$

Resumiendo:

- Configuración: 5/44
- Geometría: picas en hilera
- Profundidad del electrodo: 0,5 metros.
- Número de picas: 4
- Longitud de las picas: 4 metros
- Distancia entre picas: 6 metros
- Resistencia $Kr=0,0572 \left(\frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$
- Tensión de paso $Kp=0,00919 \left(\frac{V}{\Omega \times A} \right)$

3.8.9.5 Cálculo de las tensiones exteriores de la instalación

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la



instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Los muros, entre sus parámetros tendrán una resistencia de 100000Ω.

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

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

$$U_{p\ ext} = Kp \times \rho \times Id = 0,0113 \times 500 \times 242,6 = 1370,69\ V$$

3.8.9.6 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

En el suelo del Centro de Transformación se instalará un mallazo electro-soldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro de Transformación. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

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

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

No obstante, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior:

$$U_{p\ acceso} = Kc \times Id \times \rho = 0,0215 \times 242,6 \times 500 = 2607,95\ V$$

3.8.9.7 Cálculo de las tensiones máximas aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada que puede aceptarse según el reglamento MIE-RAT 13 es:

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

U_{ca} = Tensión máxima de contacto aplicada (V).

$K = 78,5$

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



$$n = 0,18$$

Cálculo:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n} = \frac{78,5}{1^{0,18}} = 78,5 \text{ V}$$

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

$$U_{p \text{ exterior}} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{6 \times \rho}{1000}\right)$$

$$U_{p \text{ exterior}} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{3 \times \rho + 3 \times \rho_H}{1000}\right)$$

U_p = Tensión de paso (V).

$$K = 78,5$$

$$n = 0,18$$

$t = 1$ Duración de la falta (segundos).

$\rho = 500$ Resistividad del terreno (Ωm).

$\rho_H = 3000$ Resistividad del hormigón (Ωm).

Calculando:

$$U_{p \text{ exterior}} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{6 \times \rho}{1000}\right) = 10 \times \frac{78,5}{1^{0,18}} \times \left(1 + \frac{6 \times 500}{1000}\right) = 3140 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} U_{p \text{ acceso}} &= 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{3 \times \rho + 3 \times \rho_H}{1000}\right) \\ &= 10 \times \frac{78,5}{1^{0,18}} \times \left(1 + \frac{3 \times 500 + 3 \times 3000}{1000}\right) = 6672,5 \text{ V} \end{aligned}$$

Se comprueba que los valores calculados son inferiores a los admisibles por reglamento:

$$U_{p \text{ ext}} = 1370,69 \text{ V} < U_{p \text{ exterior}} \text{ (MIE - RAT)} = 3140 \text{ V}$$

$$U_{p \text{ acceso}} = 2607,95 \text{ V} < U_{p \text{ acceso}} \text{ (MIE - RAT)} = 6672,5 \text{ V}$$

3.8.9.7 Investigación de tensiones transferibles al exterior.

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

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas que puedan afectar a las instalaciones de los usuarios, cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima $D_{\text{mín}}$, entre



los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{\min} = \frac{\rho \times Id}{2 \times 1000 \times \pi} = \frac{500 \times 242,6}{2000 \times \pi} = 19,31 \text{ m}$$

3.8.9.8 Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

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

Pamplona, Septiembre 2013

Ibai Santesteban Córdoba.





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA ESCUELA
INFANTIL EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 3: PLANOS

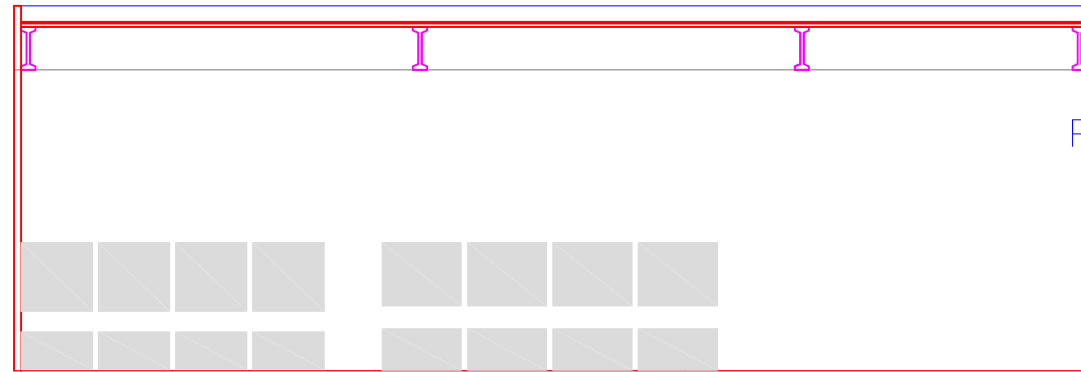
Alumno: Ibai Santesteban Córdoba

Tutor: Jorge Odériz Ezcurra

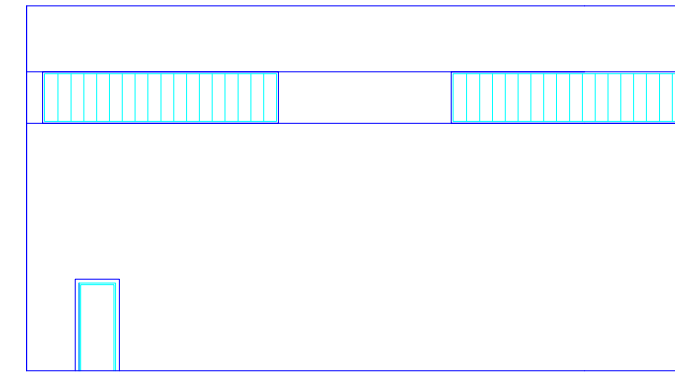
Pamplona, 30 de Agosto de 2013

INDICE

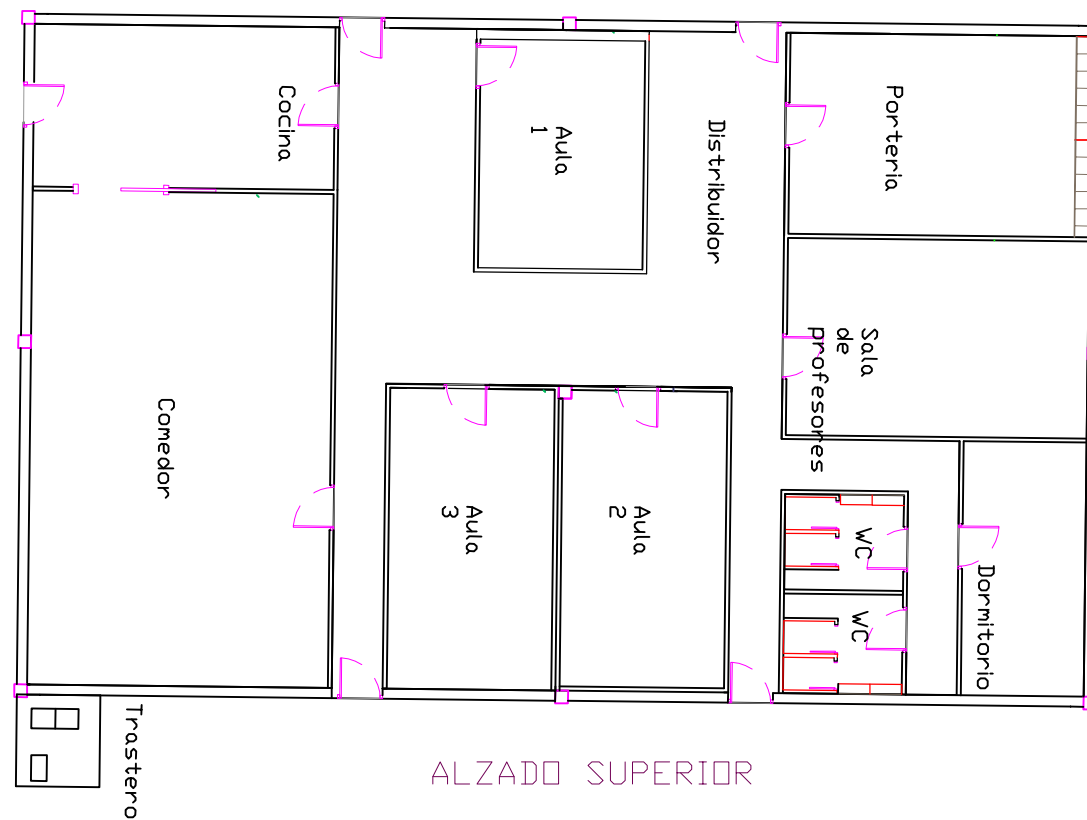
Alzados.....	1
Situación y emplazamiento.....	2
Plantas (escuela infantil).....	3
Plantas (Distribución de cuadros).....	4
Plantas (Luminarias).....	5
Plantas (Alumbrado de emergencia).....	6
Plantas (Tomas de corriente).....	7
Tierra general.....	8
Unifilar cabecera de cuadros auxiliares.....	9
Unifilar CGP.....	10
Unifilar cuadro auxiliar 1.....	11
Unifilar cuadro auxiliar 2.....	12
Unifilar cuadro auxiliar 3.....	13
Centro de transformación	14



ALZADO INTERIOR LONGITUDIAL

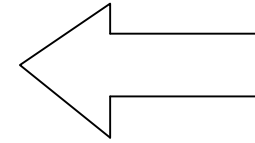
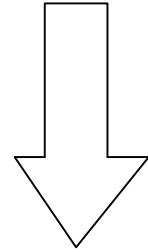


ALZADO EXTERIOR




ALZADO SUPERIOR

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: SANTESTEBAN CORDOBA IBAI	
		FIRMA:	
PLANO: Alzados	FECHA: 30/07/13	ESCALA: E1:100	Nº PLANO: 2



LEYENDA

País: Chile
 Región: Coquimbo
 Provincia: Choapa
 Comuna: Los Vilos
 Superficie: 1700 m²


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: SANTESTEBAN CORDOBA IBAI	
PLANO: SITUACION Y EMPLAZAMIENTO		FIRMA:	FECHA: 30/07/13
		ESCALA: S/E	Nº PLANO: 1



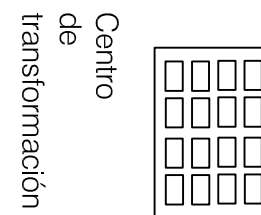
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: SANTESTEBAN CORDOBA IBAI	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		FIRMA:	
PLANO: DISTRIBUCION Y SUPERFICIE		FECHA: 30/07/13	ESCALA: E1:100
		Nº PLANO: 3	



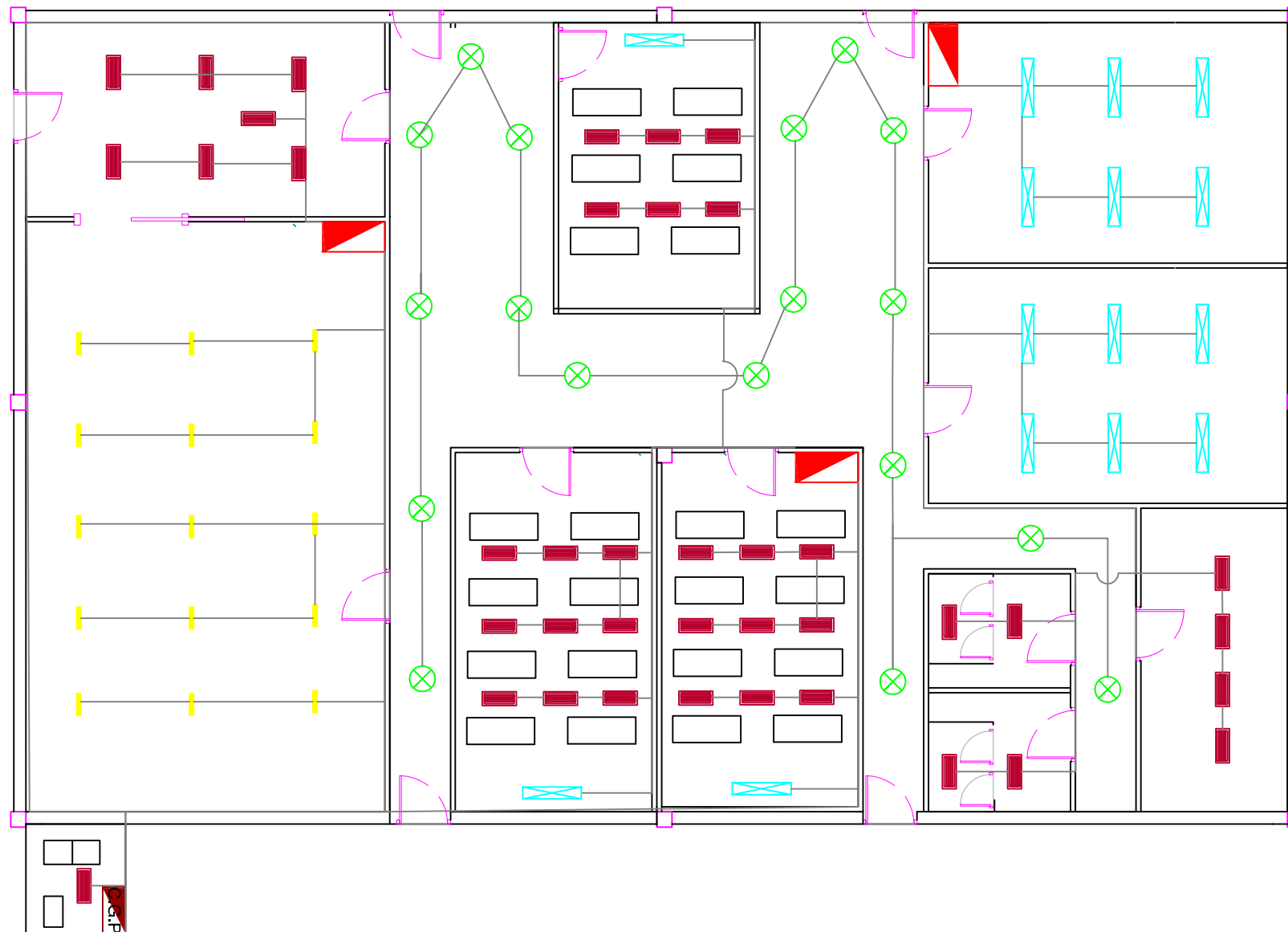
LEYENDA:

 CUADROS ELECTRICOS, ADOSADOS A 1,5 m DEL SUELO





 CUADROS GENERAL DE MANDO Y PROTECCION,, ADOSADOS A 1,5 m DEL SUELO

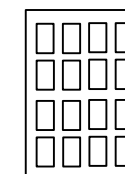



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: SANTESTEBAN CORDOBA IBAI	
		FIRMA:	
PLANO: DISTRIBUCION DE CUADROS AUXILIARES	FECHA: 30/07/13	ESCALA: E1:100	Nº PLANO: 4



LEYENDA:




-  LAMPARA FLUORESCENTE SUSPENDIDA Y ADOSABLE DE 28W
-  LAMPARA FLUORESCENTE SUSPENDIDA Y ADOSABLE DE 35W
-  LAMPARA FLUORESCENTE SUSPENDIDA Y ADOSABLE DE 54W
-  MODULO FLUORESCENTE SUSPENDIDA Y ADOSABLE DE 80W
- C.X.Y** Nº CIRCUITO

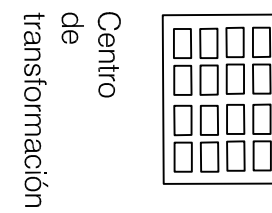


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: SANTESTEBAN CORDOBA IBAI	
PLANO: INSTALACION DE ALUMBRADO		FIRMA:	FECHA: 30/07/13
		ESCALA: E1:100	Nº PLANO: 5

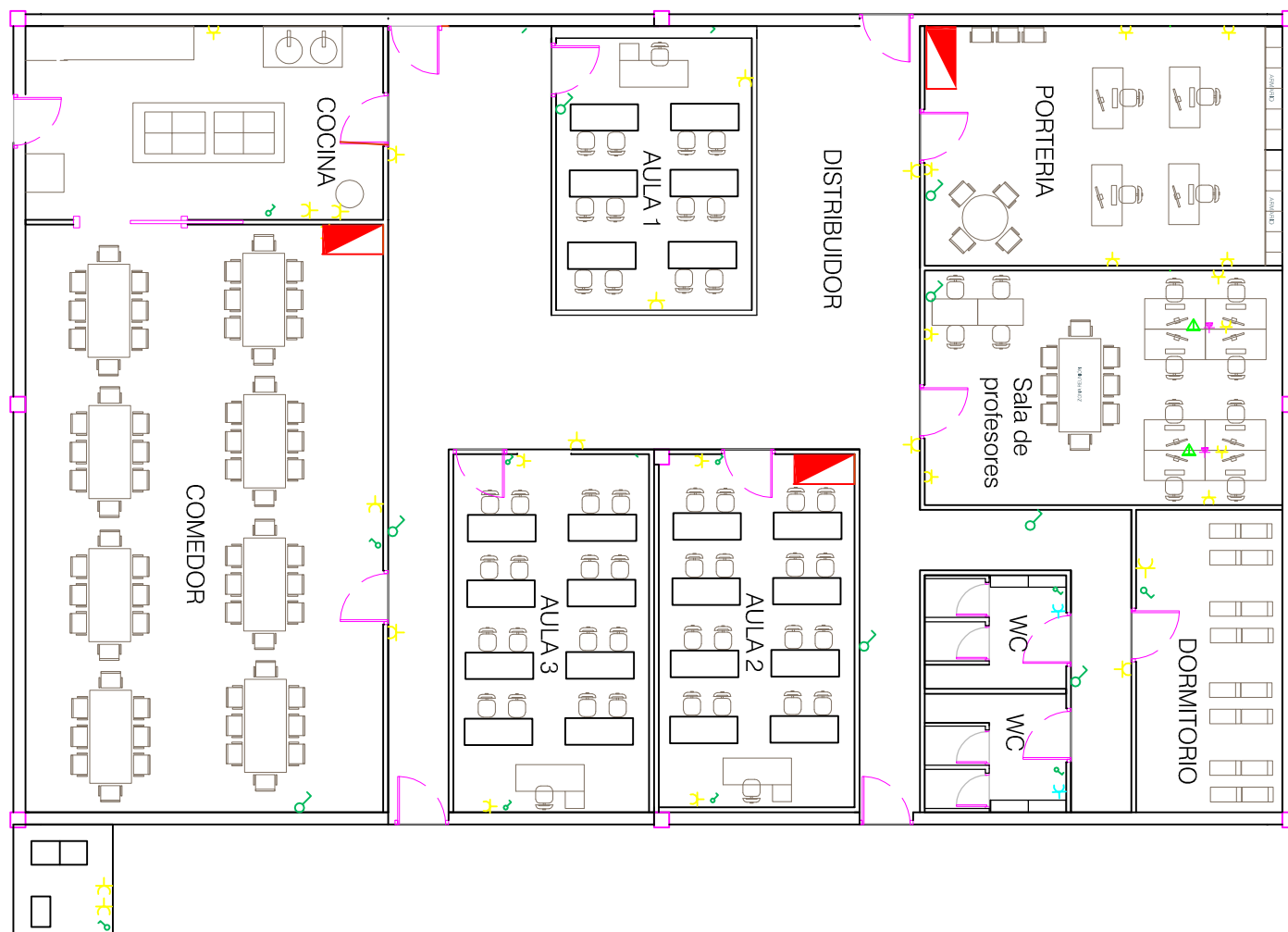


LEYENDA:





-  APARATO AUTÓNOMO DE EMERGENCIA CON SEÑALIZACIÓN DE SALIDA, ADOSADO A LA PARED A 2,3 m DEL SUELO
-  APARATO AUTÓNOMO DE EMERGENCIA, ADOSADO A LA PARED A 2,3 m DEL SUELO
-  APARATO AUTÓNOMO DE EMERGENCIA 2X 65 W /1500 LÚMENES, ADOSADO A LA PARED A 3 m DEL SUELO
- C.X.Y** Nº CIRCUITO

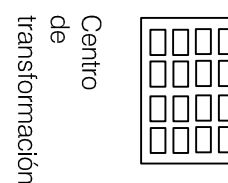


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO:	
			DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: SANTESTEBAN CORDOBA IBAI	
		FIRMA:	
PLANO: ALUMBRADO DE EMERGENCIA	FECHA: 30/07/13	ESCALA: E1:100	Nº PLANO: 6

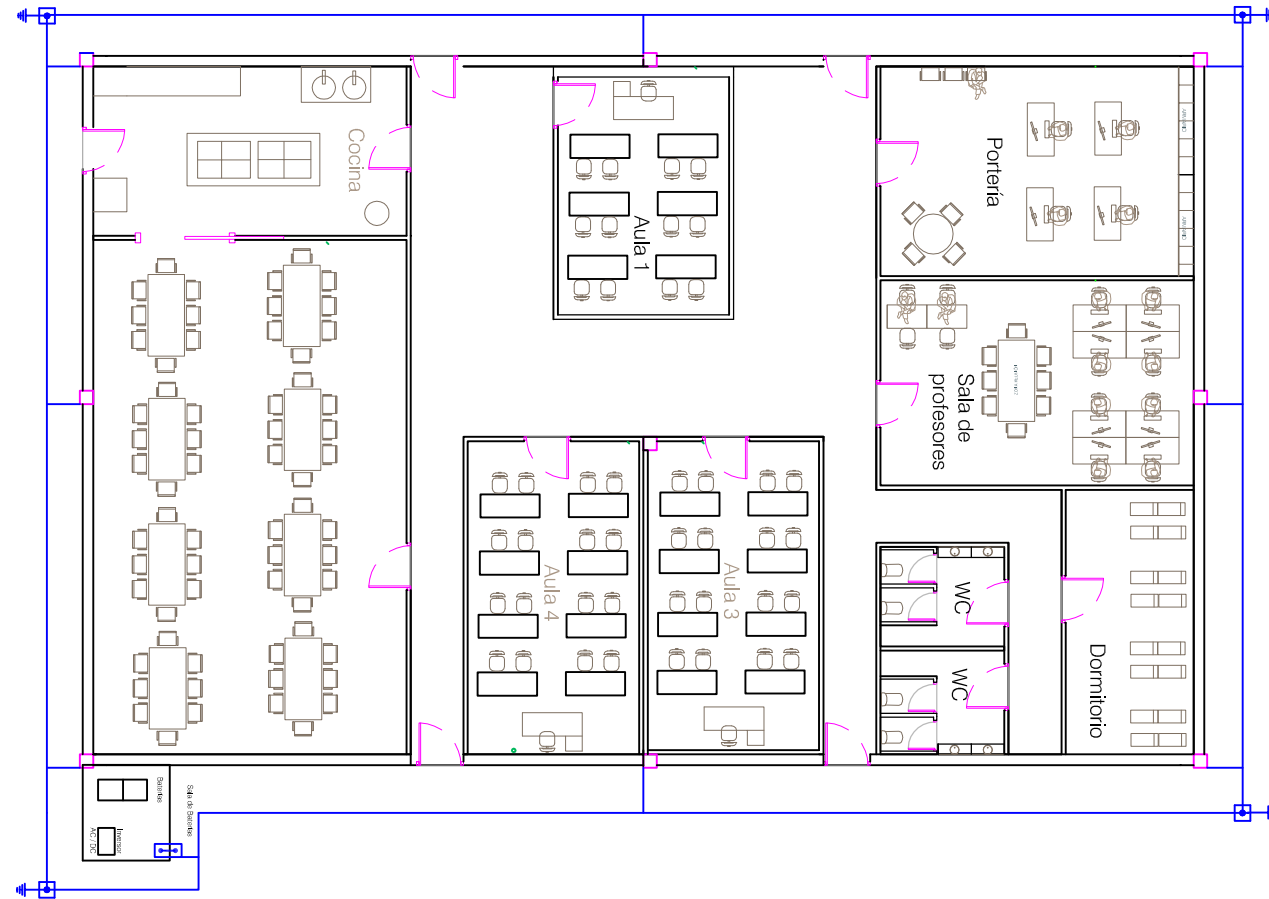


LEYENDA:





-  TOMA DE CORRIENTE 16 A
-  TOMA DE CORRIENTE 16 A (ZONAS HUMEDAS)
-  TOMA SAI
-  INTERRUPTOR SIMPLE EMPOTRADO A 1,5 m DEL SUELO

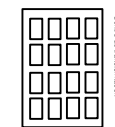


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO:	
			DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: SANTESTEBAN CORDOBA IBAI	
		FIRMA:	
PLANO:	INSTALACION DE TOMAS DE CORRIENTE	FECHA:	ESCALA: Nº PLANO: 30/07/13 E1:100 7

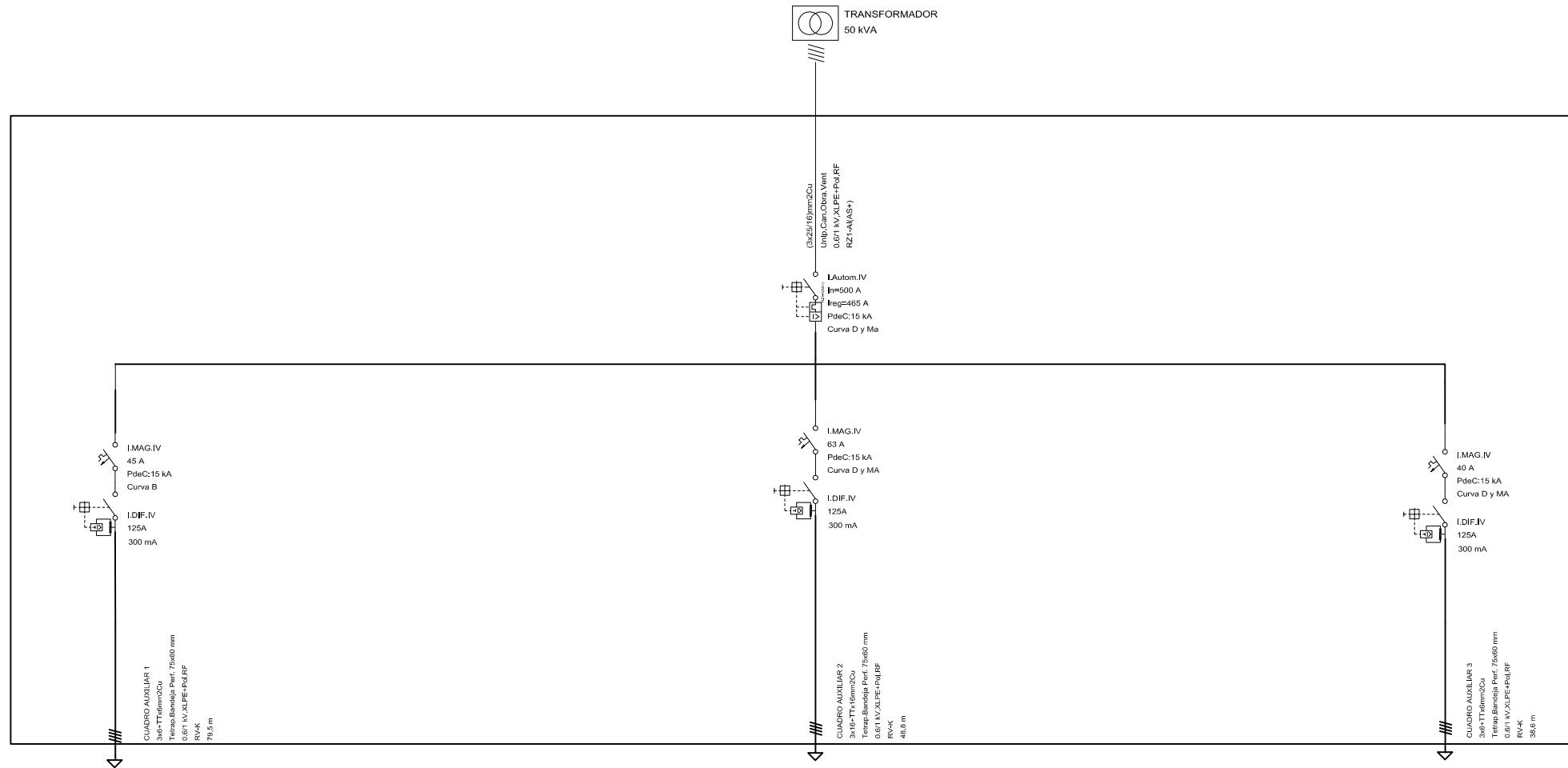


LEYENDA:





-  ARQUETA DE REGISTRO
-  CAJA DE MEDICION Y SECCIONAMIENTO DE PUESTA A TIERRA
-  PICA DE DIÁMETRO 14 mm, LONGITUD 2m, E INSTALADA A UNA PROFUNDIDAD DE 0,8 m
-  CONDUCTOR DESNUDO DE COBRE DE SECCION 50 mm² A UNA PROFUNDIDAD DE 0,8 m



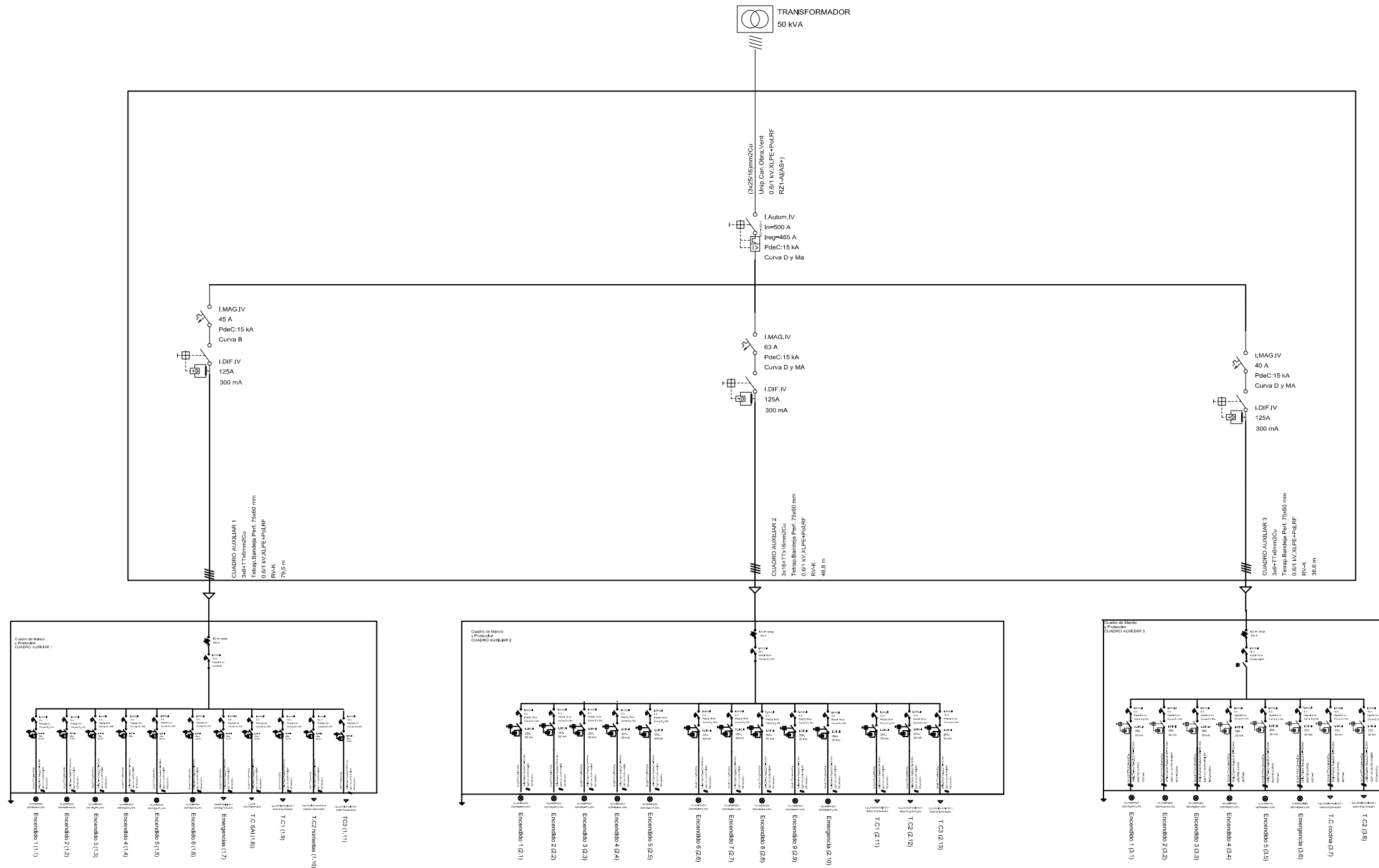
	Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
	PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: SANTESTEBAN CORDOBA IBAI		
PLANO: INSTALACION DE PUESTA A TIERRA		FIRMA:	FECHA: 30/07/13	ESCALA: E1:100	Nº PLANO: 8



LEYENDA:

-  INTERRUPTOR AUTOMATICO REGULABLE
A=Intensidad nominal e intensidad regulada
KA=Poder de corte
Curva
-  INTERRUPTOR DIFERENCIAL
A=Intensidad nominal
mA=Sensibilidad
-  INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO
A=Intensidad nominal
KA=Poder de corte
-  INTERRUPTOR DE CORTE EN CARGA
A=Intensidad admisible

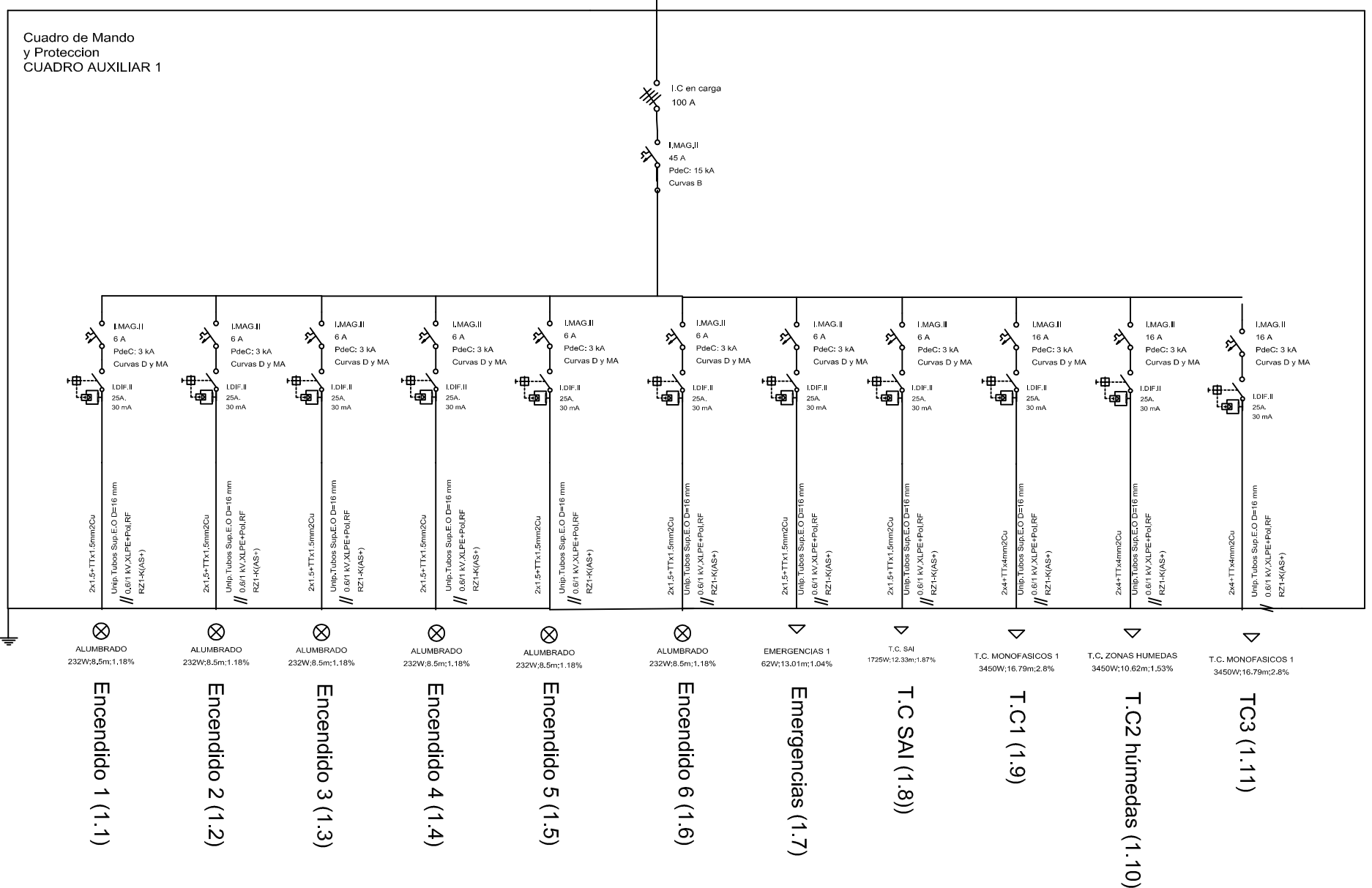
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: SANTESTEBAN CORDOBA IBAI	
PLANO: CABECERA DE CUADROS AUXILIARES		FIRMA:	FECHA: 30/07/13
		ESCALA: S/E	Nº PLANO: 9



LEYENDA:

- INTERRUPTOR AUTOMATICO REGULABLE
A=Intensidad nominal e intensidad regulada
KA=Poder de corte
Curva
- INTERRUPTOR DIFERENCIAL
A=Intensidad nominal
mA=Sensibilidad
- INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO
A=Intensidad nominal
KA=Poder de corte
- INTERRUPTOR DE CORTE EN CARGA
A=Intensidad admisible

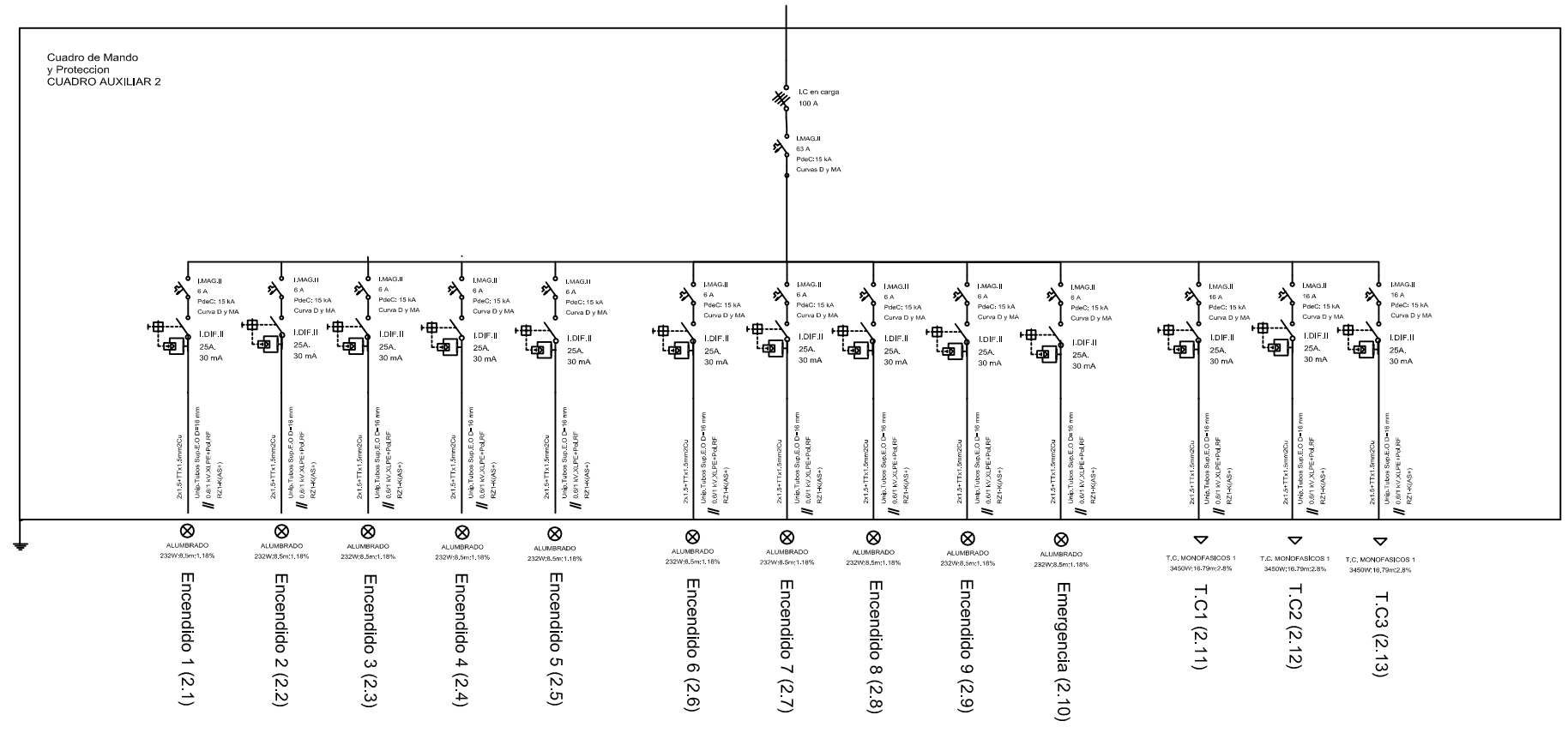
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO:	
	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		REALIZADO:
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		SANTESTEBAN CORDOBA IBAI	
PLANO: CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCION		FIRMA:	
	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
	30/07/13	S/E	10



LEYENDA:

- INTERRUPTOR DIFERENCIAL
A=Intensidad nominal
mA=Sensibilidad
- INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO
A=Intensidad nominal
KA=Poder de corte
- INTERRUPTOR DE CORTE EN CARGA
A=Intensidad admisible

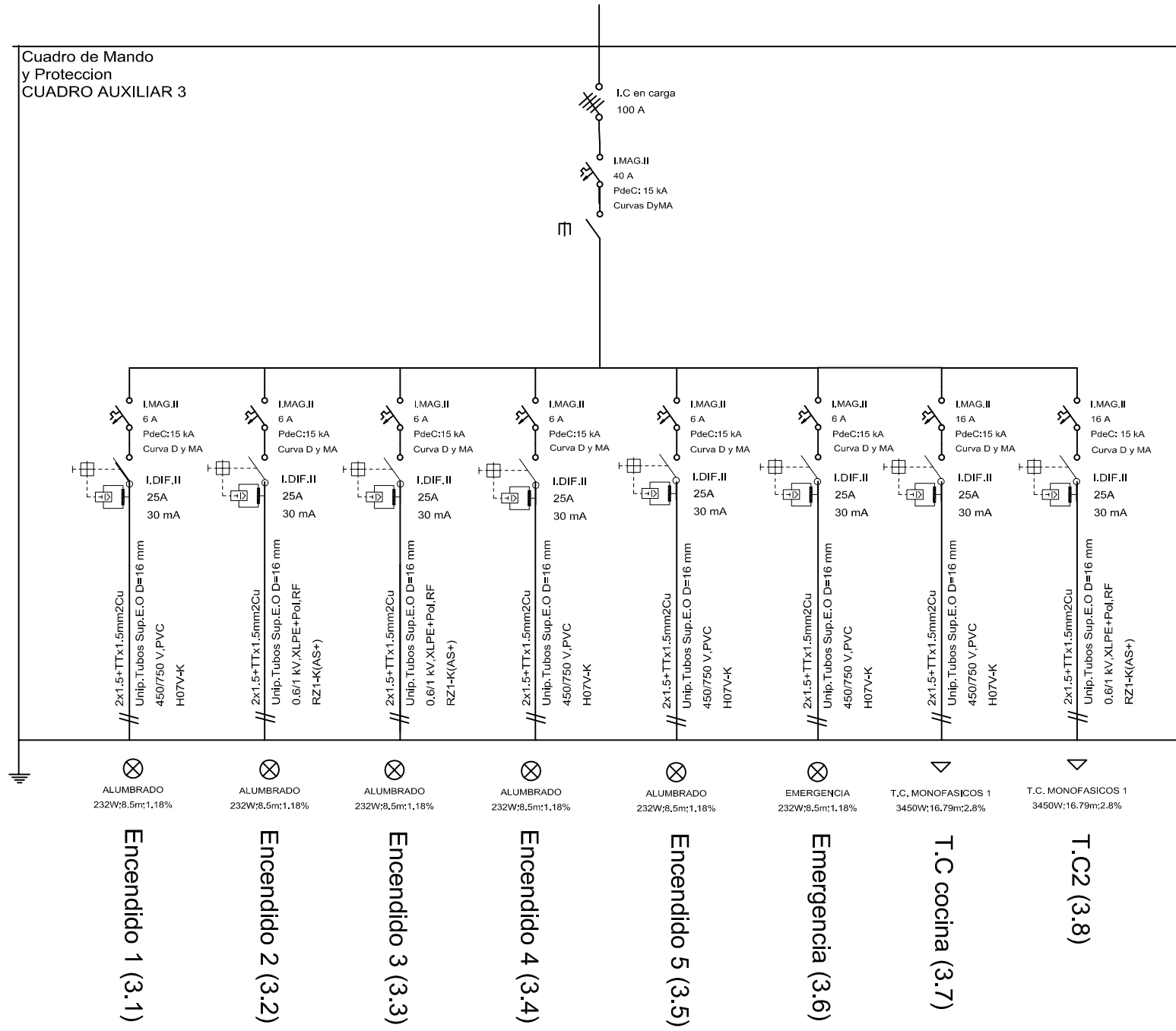
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: SANTESTEBAN CORDOBA IBAI	
PLANO: CUADRO AUXILIAR Nº 1		FIRMA:	FECHA: 30/07/13
		ESCALA: S/E	Nº PLANO: 11



- LEYENDA:
- INTERRUPTOR DIFERENCIAL
A=Intensidad nominal
mA=Sensibilidad
 - INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO
A=Intensidad nominal
KA=Poder de corte
 - INTERRUPTOR DE CORTE EN CARGA
A=Intendad admisible


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO:	
			DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: SANTESTEBAN CORDOBA IBAI	
		FIRMA:	
PLANO:	CUADRO AUXILIAR Nº 2	FECHA:	ESCALA:
		30/07/13	S/E
			Nº PLANO:
			12

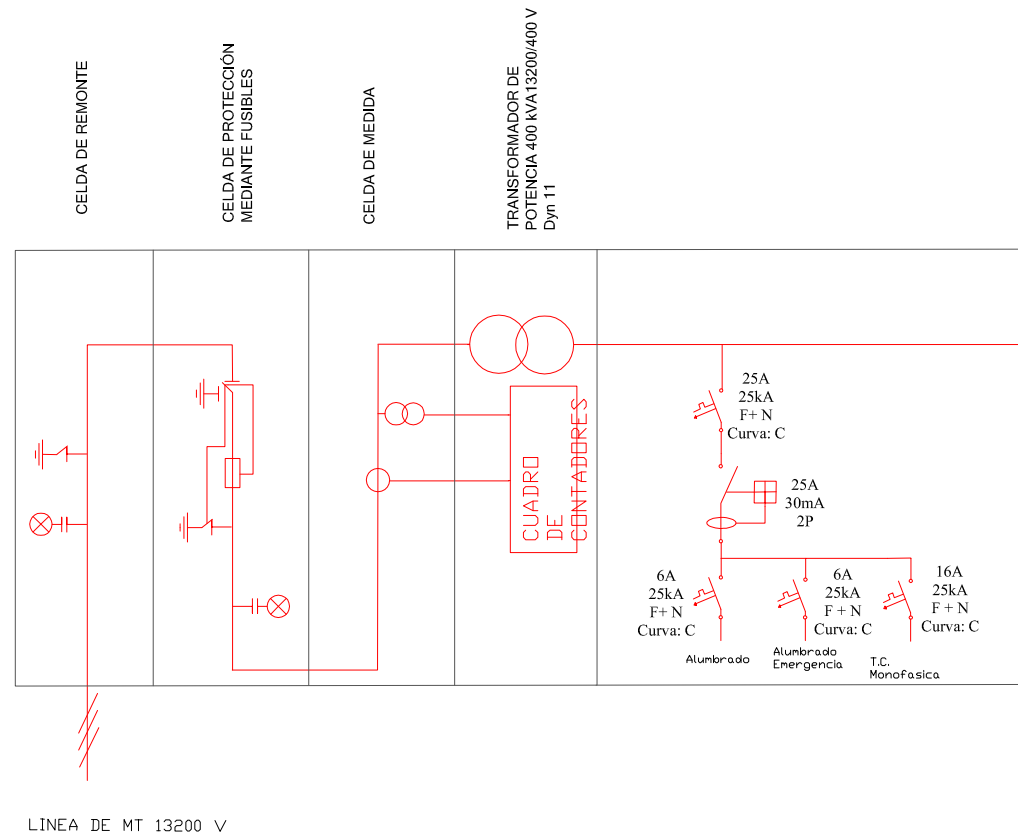
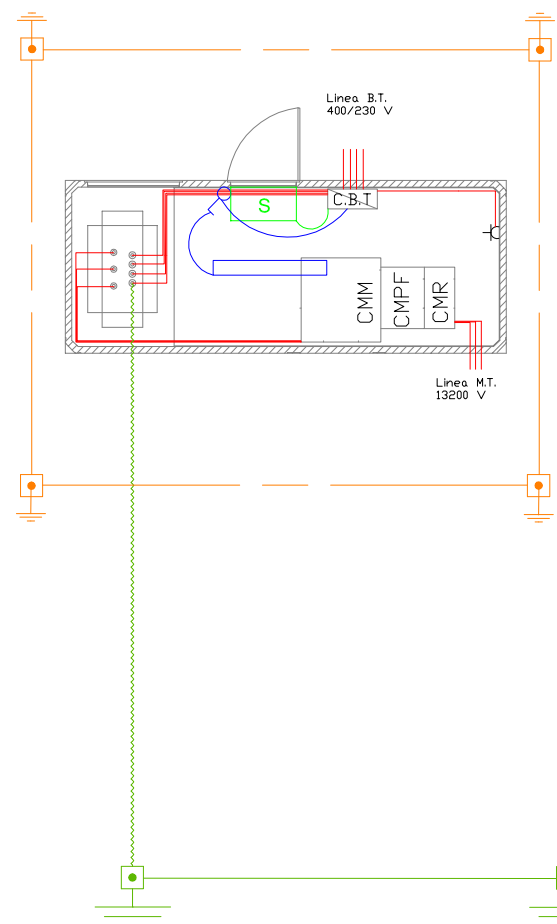
Cuadro de Mando y Proteccion
CUADRO AUXILIAR 3







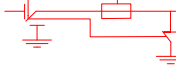


LEYENDA:

- INTERRUPTOR DIFERENCIAL
A=Intensidad nominal
mA=Sensibilidad
- INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO
A=Intensidad nominal
KA=Poder de corte
- INTERRUPTOR DE CORTE EN CARGA
A=Intensidad admisible

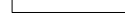









 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: SANTESTEBAN CORDOBA IBAI	
PLANO: CUADRO AUXILIAR Nº3		FIRMA:	FECHA: 30/07/13
		ESCALA: S/E	Nº PLANO: 13



LEYENDA CELDAS CENTRO DE TRANSFORMACION:

-  SECCIONADOR DE PUESTA A TIERRA
-  DETECTOR CAPACITIVO DE TENSION
-  3 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD 20/ A, 15 VA, CL.0,5 Y AISLAMIENTO 24 kV
-  3 TRANSFORMADORES DE TENSION 13200/110 V, CL. 0,5 Y AISLAMIENTO 24 kV
-  PROTECCION CON FUSIBLE
-  INTERRUPTOR DIFERENCIAL
-  INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO

LEYENDA CENTRO DE TRANSFORMACION:

-  MODULO FLUORESCENTE 2X 58 W, ADOSADO AL TECHO
-  INTERRUPTOR SIMPLE EMPOTRADO A 1,5 m DEL SUELO
-  CUADROS ELÉCTRICOS A 1,5 m DEL SUELO DE ALTURA
-  TOMA DE CORRIENTE EMPOTRADA 16 A
- CMM CELDA DE MEDIDA
- CMPF CELDA DE PROTECCIÓN MEDIANTE FUSIBLES
- CMR CELDA DE REMONTE
-  LUMINARIA DE EMERGENCIA CON SEÑALIZACION DE SALIDA ADOSADA A LA PARED
-  ARQUETA DE REGISTRO
-  PICA DE DIAMETRO 14 mm, LONGITUD 4m, E INSTALADA A UNA PROFUNDIDAD DE 0,5 m
-  CONDUCTOR DESNUDO 50mm² Cu
-  CONDUCTOR DESNUDO 50mm² Cu
-  CONDUCTOR AISLADO (0,6/1Kv) 50mm² Cu

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA DE UNA ESCUELA INFANTIL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION		REALIZADO: SANTESTEBAN CORDOBA IBAI
PLANO: CENTRO DE TRANSFORMACION		FIRMA:
	FECHA: 30/07/13	ESCALA: E1:250
	Nº PLANO: 14	



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA ESCUELA
INFANTIL EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 4: PLIEGO
DE CONDICIONES

Alumno: Ibai Santesteban Córdoba

Tutor: Jorge Odériz Ezcurra

Pamplona, 30 de Agosto de 2013



INDICE

PLIEGO DE CONDICIONES

PÁGINA.

1. Objeto.	3
2. Condiciones generales.	3
2.1. Normas generales.	3
2.2. Ámbito de aplicación.	3
2.3. Conformidad y variación de las condiciones.	3
2.4. Restricción del contrato.	3
2.5. Condiciones generales.	4
3. Condiciones generales de ejecución.	4
3.1. Datos de la obra.	4
3.2. Obras que comprende.	5
3.3. Mejoras y variaciones del proyecto.	5
3.4. Personal.	5
3.5. Abono de la obra.	6
4. Condiciones particulares.	6
4.1. Disposiciones aplicables.	6
4.2. Contradicciones y omisiones del proyecto.	6
4.3. Prototipos.	7
5. Normativa general.	7
6. Redes subterráneas de baja tensión.	8
6.1. Objetivo.	8
6.2. Condiciones generales.	8
6.3. Ejecución del trabajo.	8
6.4. Trazado de zanjas.	8
6.5. Tendido de conductores.	9
6.6. Identificación del conductor.	10
6.7. Cierre de zanjas.	10
7. Receptores.	10
7.1. Condiciones generales de la instalación.	10
7.2. Receptores de alumbrado. Instalación.	11
7.3. Conexiones de receptores.	11
7.4. Receptores a motor. Instalación.	12
7.5. Materiales auxiliares.	12
8. Protección contra sobreintensidades y sobretensiones.	12
8.1. Protección de las instalaciones.	12
8.1.1. Protección contra sobreintensidades.	12



8.1.2. Protección contra sobrecargas.	13
8.2. Situación de los dispositivos de protección.	13
8.3. Características de los dispositivos de protección.	13
9. Protección contra contactos directos e indirectos.	14
9.1. Protección contra contactos directos.	14
9.2. Protección contra contactos indirectos.	14
9.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.	15
10. Alumbrados especiales.	15
10.1. Alumbrado de emergencia.	15
10.2. Alumbrado de señalización.	16
10.3. Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales.	16
10.4. Fuentes propias de energía.	16
10.5. Instrucciones complementarias.	17
11. Local.	17
11.1. Prescripciones de carácter general.	17
12. Mejoramiento del factor de potencia.	18
13. Puesta a tierra.	19
13.1. Generalidades.	19
13.2. Ensayos.	19



PLIEGO DE CONDICIONES

1. Objeto

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir al Contratista el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía Eléctrica cuyas características técnicas se especifican en el Proyecto.

El trabajo eléctrico consistirá en la instalación eléctrica completa de alumbrado interior, alumbrado exterior, toma tierra y el Centro de transformación de la escuela infantil dedicada a impartir la enseñanza pública a niños/as de edades comprendidas entre los 3 y 11 años.

La escuela infantil estará situada en la comuna de los Vilos (Provincia de Choapa), en la región Chilena de Coquimbo. Estas son sus coordenadas 31°54'0"S 71°31'0"O. La ubicación exacta será una parcela que muga con la calle Elicura.

2. Condiciones generales

2.1. Normas generales

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional, autonómico como municipal, así como, todas las otras que se establezcan en la Memoria Descriptiva del mismo.

Se adaptarán además, a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los Reglamentos y Normas citadas.

2.2. Ambito de aplicación

Se aplicará todo lo expuesto en el presente pliego de condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de la obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la escuela infantil anteriormente descrita.

2.3. Conformidad y variación de las condiciones

Se aplicarán estas condiciones para todas incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista, conoce estos pliegos, no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudiera introducir el autor del proyecto.

2.4. Restricciones del contrato

Se consideraran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Primero: Muerte o incapacitación del Contratista.
- Segunda: La quiebra del contratista.



- Tercera: Modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.
- Cuarta: Modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
- Quinta: La no iniciación de las obras en el plazo estimado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.
- Sexta: La suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de suspensión sea mayor de seis meses.
- Séptima: Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique mala fé.
- Octava: Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
- Novena: Actuación de mala fé en la ejecución de los trabajos.
- Décima: Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

2.5. Condiciones generales

El contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en sucesivo se dicten. En particular deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 2402 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente pliego de condiciones.

3. Condiciones generales de ejecución

3.1. Datos de la obra

Se entregará al contratista una copia de la Memoria, planos y Pliego de Condiciones, así como cuantos datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota ó sacar copia a su costa de la memoria, presupuesto y anexos del proyecto.

El contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de la Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones, en los datos fijados en el Proyecto, salvo por aprobación previa del Director de Obra.



3.2. Obras que comprende

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiere, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la escuela, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes:

- a) Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- b) Suministros de todo material necesario para las instalaciones.
- c) Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
- d) Colocación de luminarias.
- e) Colocación de cableado.
- f) Instalación de las protecciones eléctricas.
- g) Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
- h) Ejecución del centro de transformación.

3.3. Mejoras y variación del proyecto

No se considerarán como mejoras ó variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por el Director de Obra y se haya convenido el precio del proceder a su ejecución.

Las obras delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

3.4. Personal

El contratista no podrá utilizar personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores, personal idóneo, el cual deberá atender cuantas ordenes procedan de la dirección técnicas de las obras, estando a la



expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido. El contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad a los vecinos o terceros en general.

El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

3.5. Abono de la obra

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden. Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuara de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

Cuando la propiedad o le director de la obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción sea en el curso de ejecución de la obra o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión necesaria. Los gastos de estas operaciones serán de cuenta del contratista, cuando se confirmen los vicios o defectos supuestos.

4. Condiciones particulares

4.1. Disposiciones aplicables

Antes de las disposiciones contenidas en este pliego de condiciones, serán de aplicación en todas las instalaciones lo siguiente:

- Todas las disposiciones generales vigentes para la contratación de obras públicas.
- Normas UNE del instituto de normalización Española y aplicándose ante la no existencia de dicha normativa, las especificaciones recogidas en las normas internacionales ISO; CIE; CEI o en su defecto DIN; UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía.

4.2. Contradicciones y omisión del proyecto

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y memoria, prevalecerá lo prescrito en esta última.



Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra en este pliego de condiciones, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si estuviesen correctamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.

4.3. Prototipos

Antes de comenzar la obra, el adjudicatario podrá someter a la aprobación de la Dirección de Obras un prototipo de alguno de los materiales de los que consta el proyecto, con los cuales podrá realizar los ensayos que estime oportunos.

Tanto los materiales como el importe de los ensayos, serán por cuenta del adjudicatario.

5. Normativa general

- a) Se calificará como instalación eléctrica de baja tensión todo conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión de un fin particular. Producción, conservación, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1000V para corriente alterna.
- b) Los materiales, aparatos y receptores utilizados en las instalaciones eléctricas de baja tensión cumplirán en lo que se refiere a condiciones de seguridad técnica, dimensiones y calidad, lo determinado en el reglamento.
- c) Si en la instalación eléctrica están integrados circuitos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite establecido para baja tensión se deberá cumplir en ellos las prescripciones del reglamento de alta tensión.

Nota: en virtud de este artículo se detallará la normativa a cerca del transformador en un capítulo específico del presente pliego.

- d) Cuando se construya un local, edificio, o agrupación de estos, cuya previsión de carga exceda de 50KVA, o cuando la demanda de un nuevo suministro sea superior a esta cifra, la propiedad del inmueble deberá reservar un local destinado al montaje de la instalación de un centro de transformación, cuya disposición en el edificio corresponda a las características de la red de suministro aérea o subterránea, tenga las dimensiones necesarias para el montaje de los equipos y aparatos requeridos para dar suministro de energía previsible. El local, que debe ser de fácil acceso, se destinará exclusivamente a la finalidad prevista y no podrá utilizarse como depósito de materiales, ni de piezas o elementos de recambio.



- e) Corresponde al Ministerio de Industria, con arreglo a la ley de 24 de noviembre de 1939, la ordenación e inspección de la generación, transformación, distribución y aplicación de la energía eléctrica.
- f) Las delegaciones provinciales del Ministerio de Industria, autorizarán el enganche y funcionamiento de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Según su importancia, sus fines o la peligrosidad de sus características o de su situación, las delegaciones exigirán la presentación de un proyecto de la instalación, suscrito por un técnico competente, antes de iniciarse el montaje de la misma. En todo caso, y para autorizar cualquier instalación, la delegación deberá recibir y conformar el boletín extendido por el instalador autorizado que realiza el montaje, así como un acta de las pruebas realizadas por la compañía suministradora en la forma en que se establece en las instrucciones complementarias.

6. Redes subterráneas de baja tensión

6.1. Objetivo

Se determinan las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras en la instalación de redes subterráneas de distribución.

6.2. Condiciones generales

Se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la ejecución de las redes subterráneas de baja y media tensión.

Cualquier duda de cualquier tipo que pueda surgir de la interpretación del presente pliego durante el periodo de construcción, será resuelta por el director de Obra, cuya interpretación será aceptada íntegramente.

6.3. Ejecución del trabajo

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

6.4. Trazado de zanjas

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las tomas donde se dejarán las llaves para la contención del terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado. Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios, así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre



la zanja para el paso de vehículos. Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a colocar.

6.5. Tendido de conductores

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable sea superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.

En todo caso el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable. Cuando los cables se tienden a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja. También se puede tender mediante cabrestantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por mm² de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tensión.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable. Durante el tendido se tomarán precauciones para evitar que el cable sufra esfuerzos importantes, golpes o rozaduras. No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas, deberá siempre hacerse a mano. Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo la vigilancia del Director de Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0°C no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento. No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina y la protección de rasillas.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina en el fondo antes de proceder al tendido del cable. En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando los cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,5 m. Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá efectuar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en las que se encontraban primitivamente. Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Directo de Obra y a la empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.



En el caso de que los cables sean unipolares:

- Se recomienda colocar en cada metro y medio por fase y en el neutro unas vueltas de cinta adhesiva para indicar el color distinto de dicho conductor.
- Cada metro y medio, envolviendo las tres fases de media Tensión, o las tres fases y el neutro en Baja Tensión, se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos.

6.6. Identificación del conductor

Los cables deberán llevar marcas que indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características. Estas marcas serán grabadas de forma indeleble y se distanciarán entre sí unos 30 cm, tal y como se indica en las normas UNE-21123 y R.U. 3305

6.7. Cierre de zanjas

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación, debiendo realizarse los primeros 20 centímetros de forma manual.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El contratista será el responsable de los hundimientos que se produzcan y serán de su cuenta las posteriores reparaciones oportunas. La carga y el transporte a vertederos de las tierras sobrantes están incluidos en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

7. Receptores

7.1. Condiciones generales de la instalación

Los receptores que se instalen tendrán que cumplir los requisitos de correcta utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc...), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento.

Soportarán la influencia de agentes exteriores a que estén sometidos en servicio: polvo, humedad, gases, etc.



Los circuitos que formen parte de los receptores salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar las prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobreintensidades siendo de aplicación para ellos lo dispuesto en la instrucción ITC BT-22. Se adoptarán las características intensidad-tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

7.2. Receptores de alumbrado. Instalación

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ellos los conductores que llevan la corriente a las mismas. Las armaduras irán firmemente enganchadas a los techos mediante tirafondos atornillados o sistema similar. Si se emplea otro sistema de suspensión, este deberá ser firme y estar aislado totalmente de la armadura.

En caso de lámpara fluorescente se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleven una corrección del factor de potencia de por lo menos hasta 0,90.

Para la instalación de lámparas suspendidas en el exterior, se seguirá lo dispuesto a la ITC-BT-09 del RBT.

7.3. Conexión de receptores

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación de alimentación. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la ITC-BT-43.

Se admitirá, cuando prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecte a un conjunto de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por intermedio de un conductor movable, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los conductores en la entrada del aparato estarán protegidos contra riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materiales aislantes. No se permitirá anudar los conductores o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos hasta después que la hayan soportado los conductores de alimentación.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación, alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, la envolvente exterior del conductor no será de materia termoplástica.



La conexión de conductores móviles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente
- Cajas de conexión
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos móviles.

7.4. Receptores a motor. Instalación

Los motores se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. No estarán nunca en contacto con materiales fácilmente combustibles, guardando las siguientes distancias de seguridad:

- 0,5 metros si la potencia del motor es igual o menor a 1 KW.
- 1 metro si la potencia nominal es superior a 1 KW.

Todos los motores de potencia superior a 0,25 CV, y todos los situados en los locales con riesgo de incendio o explosión, tendrán su instalación propia de protección. Esta constará de por lo menos un juego de fusibles cortacircuitos de acuerdo con las características del motor.

También se dotará al motor de un sistema de protección contra la falta de tensión mediante un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a éste.

7.5. Materiales auxiliares

Toda la tornillería, así como arandelas, tuercas, contratueras, etc., que se utilizan como material auxiliar de la instalación eléctrica, serán de acero inoxidable. La pasta de sellado de tubos metálicos, cajas de derivación, etc., será por cuenta del contratista.

Todos los tubos protectores de PVC estarán sellados con espuma de poliuretano o producto equivalente.

8. Protección contra sobreintensidades y sobretensiones

8.1. Protección de las instalaciones

8.1.1. Protección contra sobreintensidades

El 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.

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobreintensidades.



Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

8.1.2. Protección contra sobrecargas

El límite de intensidad admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección general puede estar constituido por un interruptor automático de corte omipolar o por un interruptor automático que corte únicamente los conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor neutro.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

8.2. Situación de los dispositivos de protección

Todos los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en la escuela. Estos dispositivos protegerán tanto a las instalaciones como a las personas contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se instalarán a tal interruptor automático, diferencial y fusibles.

8.3. Características de los dispositivos de protección

Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentado 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.

Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger 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 cierra. 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 automáticos, llevarán marcada su intensidad y tensión nominales, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse 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.

9. Protección contra contactos directos e indirectos

9.1. Protección contra contactos directos

Para considerar satisfactoria la protección contra los contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

- a) Alejamiento de las partes activas de la instalación del lugar donde circulen las personas habitualmente con un mínimo de 2,5 metros hacia arriba, 1 metro abajo y 1 metro lateralmente.
- b) Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse en su función.
- c) Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1mA.

9.2. Protección contra contactos indirectos

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc. , que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección más adecuada.

Para instalaciones con tensiones superiores a 250 V con relación a tierra es necesario establecer sistemas de protección, cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos pueden ser de las clases siguientes:

Clase A:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos.
- Empleo de pequeñas tensiones.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección; inaccesibilidad simultáneamente de elementos conductores y masas.
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección
- Conexiones equipotenciales.

**Clase B:**

Se basa en los siguientes sistemas:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

La aplicación de los sistemas de protección de la Clase A no es generalmente posible, sin embargo se pueden aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.

9.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto

Este sistema de protección consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

En instalaciones con el punto neutro unido directamente a tierra (como es el caso):

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a:
 - 24 voltios en locales conductores.
 - 50 voltios en los demás casos.
- Todas las masas de una instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Se utilizarán como dispositivos de corte automáticos sensibles a la corriente de defecto interruptores diferenciales. Los diferenciales provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en su tiempo conveniente a la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

10. Alumbrados especiales**10.1. Alumbrado de emergencia**

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del personal hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes



propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Este alumbrado se instalará en las salidas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Si hay un cuadro principal de distribución, en el local donde este se instale, así como sus accesos, estarán provistos de alumbrado de emergencia.

Deberá entrar en funcionamiento al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70% de su tensión nominal.

10.2. Alumbrado de señalización

Es el que se instala para funcionar de modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezcan con público. Deberá ser alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica. Deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización falle, o su tensión baje a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización pasará automáticamente al segundo suministro.

Cuando los locales o dependencias que deban iluminarse con este alumbrado, coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz de ambos alumbrados podrán ser los mismos.

10.3. Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales

- a) Con alumbrado de emergencia: Todos los locales de reunión que puedan albergar 300 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios.
- b) Con alumbrado de señalización: Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

10.4. Fuentes propias de energía

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos automáticos autónomos o grupos electrógenos; la puesta en funcionamiento de unos y



otros se producirá al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidores de la energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal. La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas.

10.5. Instrucciones complementarias

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales estarán protegidas por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en el local existen varios puntos de luz estos deberán ser alimentados por, al menos, dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

11. Local

11.1. Prescripciones de carácter general

Las instalaciones en los locales a los que afectan las presentes prescripciones, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan:

- a) Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente o, igualmente, y el caso en que existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia lo justifique.
- b) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocará junto o sobre él el dispositivo de mando y protección preceptivo según la Instrucción MI BT 16. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará, de todas formas en dicho punto, un dispositivo de mando y protección. Del citado general saldrá las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios.
- c) El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en locales o recintos 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 (cabines de proyección, escenarios, salas de público, escaparates...), 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 en el cuadro general.
- d) 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.

- e) 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 las lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas.
- f) Las canalizaciones estarán constituidas por:
- Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de la llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público.
 - Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente construidos en materiales incombustibles.
 - Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000V, armados directamente sobre paredes.
- g) Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

12. Mejoramiento del factor de potencia

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencial inferior a 0,90 deberán ser compensadas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las dos formas siguientes:

- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor; es decir funcionen simultáneamente.
- Por la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior a un 10% del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.



Cuando se instales condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.

13. Puestas a tierra

13.1. Generalidades

En cada instalación se efectuará una red de tierra. El conjunto de líneas y tomas de tierra tendrán unas características tales, que las masas metálicas no podrán ponerse a una tensión superior a 24V, respecto de la tierra

Todas las carcasas de aparatos de alumbrado, así como enchufes..., dispondrán de su toma de tierra, conectada a una red general independiente de la de los centros de transformación y de acuerdo con el Reglamento de BT.

Las instalaciones de toma de tierra, seguirán las normas establecidas en el RBT y sus instrucciones complementarias.

Los materiales que compondrán la red de tierra estarán formados por placas, electrodos, terminales, cajas de pruebas con sus terminales de aislamiento y medición, etc...

Donde se prevea falta de humedad o terreno de poca resistencia se colocarán tubos de humidificación además de reforzar la red con aditivos químicos. La resistencia mínima a corregir no alcanzará los 4 ohmios.

La estructura de obra civil será conectada a tierra. Todos los empalmes serán tipo soldadura aluminotermia sistema CADWELL o similar.

13.2. Ensayos

La recepción de los materiales se hará comprobando que cumplan las condiciones funcionales y de calidad fijadas en el RBT y en el resto de normativa vigente.

Cuando el material llegue a la obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de dichas normativas, su recepción se realizará comprobando únicamente sus características aparentes.

El tipo de ensayos a realizar, así como su número y las condiciones de no aceptación automática serán los fijados por la NTE-IEP/1973: "Instalaciones de electricidad: Puesta a Tierra".



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA ESCUELA
INFANTIL EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 5:
PRESUPUESTOS

Alumno: Ibai Santesteban Córdoba

Tutor: Jorge Odériz Ezcurra

Pamplona, 30 de Agosto de 2013

**INDICE****PRESUPUESTO****PÁGINA.**

1. Capítulo I: Acometida	2
2. Capítulo II: Protecciones	2
2.1. Cuadro General de Distribución: CGP	2
2.2. Cuadro auxiliar 1:	4
2.3. Cuadro auxiliar 2:	5
2.4. Cuadro auxiliar 3:	7
2.5. Resumen capítulo de protecciones	8
3. Capítulo III: Conductores, tubos y canalizaciones	8
3.1. Conductores	8
3.2. Tubos	9
3.3. Canalizaciones	10
3.4. Resumen capítulo conductores, tubos y canalizaciones	10
4. Capítulo IV: Puestas a tierra	11
5. Capítulo V: Alumbrado	12
5.1. Alumbrado interior	12
5.2. Alumbrado de emergencia	12
5.3. Resumen capítulo alumbrado	13
6. Capítulo VI: Tomas de corriente contactores y elementos varios	13
7. Capítulo VII: Centro de transformación	14
7.1. Obra civil	14
7.2. Caseta del centro de transformación	14
7.3. Transformador	15
7.4. Aparamenta media tensión	15
7.5. Aparamenta baja tensión	16
7.6. Puestas a tierra del centro de transformación	17
7.7. Resumen capítulo centro de transformación	18
8. Capítulo VIII: Compensación de energía reactiva	18
9. Capítulo IX: Equipo de seguridad y salud	19
10. Resumen total del presupuesto	22



PRESUPUESTO

1. Capítulo I: Acometida

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS+) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General cable (1x25 mm ²) Cobre	43	10,852	466,636
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General cable (1x16 mm ²) Cobre	14,33	7,034	100,79
Metro lineal	Tubo de PVC corrugado de doble pared, de 90 mm de diámetro, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R de resistencia al aplastamiento 450 N.	14,33	5,25	75,23
Metro lineal	Zanja sobre tierra de 40x70 cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada.	10	3,15	31,5
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	10	17,99	179,9
TOTAL				854,07

2. Capítulo II: Protecciones

2.1. Cuadro General de Distribución: CGP

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm 48 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	212,73	212,73



Unidad	Interruptor automático regulable Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva B, III+N Calibre 500 A	1	4.142,8	4.142,8
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva B, III+N Calibre 45 A	1	302,45	302,45
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva DyMa, III+N Calibre 63 A	2	325,33	650,66
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva DyMA, III+N Calibre 40 A	1	297,1	297,1
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 63A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	3	209,25	627,75
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
TOTAL				6.437,91



2.2. Cuadro auxiliar 1:

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret Merlin Gerin, de medidas 250x350x135 mm 24 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	180,75	180,75
Unidad	Interruptor corte en carga Marca: Schneider Electric Calibre: 100 A	1	107,14	107,14
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva B, F+N Calibre 45 A	1	178,32	178,32
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 3 KA, curva DyMA, F+N Calibre 16 A	3	49,59	148,77
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 3 KA, curva DyMA, F+N Calibre 6 A	8	51,78	414,24
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 2 polos	11	123,48	1358,28



Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	8	15,3	122,4
TOTAL				2.546,02

2.3. Cuadro auxiliar 2:

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret: Schneider Electric, de medidas 250x350x135 mm 24 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	180,75	180,75
Unidad	Interruptor corte en carga Marca: Schneider Electric Calibre: 100 A	1	107,14	107,14
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva DyMA, III+N Calibre 63 A	1	282,02	282,02



Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva DyMA, III+N Calibre 16 A	3	169,71	509,13
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva DyMA, III+N Calibre 6 A	10	143,86	1.438,6
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 2 polos	13	123,48	1.605,24
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
TOTAL				2.517,64



2.4. Cuadro auxiliar 3:

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret: Schneider Electric, de medidas 250x350x135 mm 24 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	180,75	180,75
Unidad	Interruptor corte en carga Marca: Schneider Electric Calibre: 100 A	1	107,14	107,14
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva DyMA, F+N Calibre 40 A	1	247,58	247,58
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva DyMA, III+N Calibre 16 A	2	169,71	339,42
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva DyMA, III+N Calibre 6 A	6	143,86	



Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 2 polos	8	123,48	987,84
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	11	15,3	168,3
TOTAL				2.067,15

2.5. Resumen capítulo de protecciones

Presupuesto total capítulo II	Importe (€)
Cuadro general de distribución (C.G.P)	6.437,91
Cuadro auxiliar 1	2.546,02
Cuadro auxiliar 2	2.517,64
Cuadro auxiliar 3	2.067,15
TOTAL	13.568,72

3. Capítulo III: Conductores, tubos y bandejas

3.1. Conductores

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS+) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x16 mm2) Cobre	48,8	7,034	343,26



Metro lineal	Cable RZ1-K(AS+) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x6 mm ²) Cobre	118,1	2,928	345,80
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS+) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x4mm ²) Cobre	238,9	2,138	510,77
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS+) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x1,5 mm ²) Cobre	688,2	1,526	1.050,19
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	85	24,8	2.108,00
TOTAL				4.014,76

3.2. Tubos

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 25 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	364,66	0,22	80,22
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	20	24,8	496
TOTAL				576,22



3.3. Canales

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	M.l.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 54x50 , incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	16,26	12	195,12
Unidad	M.l.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 32x30 , incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	348,4	9,7	3.379,48
Metros	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	8	24,8	198,4
TOTAL				3.574,6

3.4. Resumen capítulo conductores, tubos y canalizaciones

Presupuesto total capítulo III	Importe (€)
Conductores	4.014,76
Tubos	576,23
Canalizaciones	3.574,60
TOTAL	8.165,58



4. Capítulo IV: Puestas a tierra

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Pica de tierra de 2 metros de longitud de acero-cobre. Incluida soldadura aluminotérmica CADWEL a la red de tierra, otros accesorios y mano de obra.	4	12,32	49,28
Unidad	Arqueta de registro de instalación de tierra con tapa de registro URIARTE TR-230, recibida en hormigón HM-20-E-40-2B de espesor 25 cm y 80 cm de profundidad. Incluso mano de obra.	4	26,27	105,08
Metros lineales	Red de tierra constituida con cable de cobre desnudo de 50 mm ² de sección. Incluida parte proporcional de soldadura aluminotérmica CADWEL a la estructura metálica, empalmes y mano de obra.	90,96	6,15	559,404
Unidad	Conexión eléctrica entre cable de tierra y pilares metálicos, de marca CADWELL o similar, con soldadura aluminotérmica, incluyendo mano de obra.	10	5,48	54,8
Unidad	Caja de seccionamiento de tierra URIARTE CCST-50 con pletina de seccionamiento y bornes de conexión. Incluidos accesorios y mano de obra.	1	21,63	21,63
TOTAL				790,19



5. Capítulo V: Alumbrado

5.1. Alumbrado interior:

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Luminaria Philips Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-80w HPF DPB + Lámparas fluorescentes Philips MASTER TL5-80W/840	15	180,00	2.700,00
Unidad	Luminaria Philips Mazda; Ref: TBS 260 4xTL5-54w HPF DPB + Lámparas fluorescentes Philips MASTER TL5-54W/840	15	129,00	1.935,00
Unidad	Luminaria Philips Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D35W HFP DP + Lámparas fluorescentes Philips MASTER TL-D 35W/840	40	134,00	5.360,00
Unidad	Luminaria Philips Mazda; Ref: TCS160 2xTL-D28W HFP DP + Lámparas fluorescentes Philips MASTER TL-D 28W/840	18	121,00	2.178,00
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	20	24,8	496,00
TOTAL				9.969,00

5.2. Alumbrado de emergencia:

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Lámpara de emergencia y señalización Legrand; Ref: 6627 07; 6W	16	135,00	2.160,00
Unidad	Carteles de señalización con la palabra "SALIDA"	5	2,29	11,45
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	12	24,8	297,60
TOTAL				2.469,05



5.3. Resumen capítulo alumbrado

Presupuesto total capítulo V	Importe (€)
Luminarias interior nave	9.969,00
Luminarias de emergencia	2.469,05
TOTAL	12.438,05

6. Capítulo VI: Tomas de corriente contactores y elementos varios

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Toma de corriente F+N+T de 16 A con caja de empotrar, 230 V. Marca: NIESSEN serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	28	9,48	265,44
Unidad	1 T.C. 16A (blancas) + 1 T.C. SAI 16A (rojas)+ datos con caja para empotrar. Marca: CIMABOX colocado y conexionado.	2	24,98	49,96
Unidad	Pulsador luminoso de empotrar completo NIESSEN serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	13	11,25	146,25
Unidad	Ud. S.A.I. monofásica de 2KVA totalmente instalado y programado con las siguientes características: Marca: SALICRU Autonomía: 10 minutos. Tecnología ON-LINE doble conversión PWM, BYPASS estático y manual. SWOFTWARE de comunicaciones. Entrada 230V+10% -15%. Salida 230V +-5%. Frecuencia 50Hz.	1	332	332
TOTAL				793,65



7. Capítulo VII: Centro de transformación

7.1. Obra civil

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Horas	Excavación de foso para alojar el edificio prefabricado, apertura por medios mecánicos, en cualquier tipo de terreno, de 6,08 m de largura, 2,38 m de anchura y 0,56 m de profundidad, retirada productos de la excavación y transporte a vertedero. Incluido accesorios y mano de obra.	24	35,4	849,6
TOTAL				849,6

7.2. Caseta del centro de transformación

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Edificio de hormigón prefabricado Marca: ORMAZABAL Modelo: PFU-5. Incluyendo transporte y montaje.	1	8.753,49	8753,49
TOTAL				8.753,49



7.3. Transformador

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Transformador trifásico de 50KVA 24 KV / 420 V Conexionado Dyn 11 Marca: Ormazabal Refrigeración: natural. Aislamiento: aceite mineral. Peso: 360 Kg, longitud: 888 mm, anchura 704 mm, altura 768 mm. Incluyendo transporte y montaje.	1	5.876,85	5.876,85
TOTAL				5.876,85

7.4. Aparamenta media tensión

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	CELDA DE LÍNEA DE ENTRADA: Celda CGM-CML-24 Marca: ORMAZABAL.	1	1245	1245
Unidad	CELDA DE MEDIDA: Celda CGM-CMM-24 Marca: ORMAZABAL. Tensión. Características eléctricas: Vn = 24 KV. Características físicas: Ancho = 800 mm, Alto = 1800 mm,	1	4960	4960
Unidad	CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES: Celda CGM-CMP-F-24	1	4050	4050
TOTAL				10255



7.5. Aparamenta baja tensión

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Armario Cofret metálico de distribución Marca: Merlin Gerin con puerta metálica de 12 módulos. Dimensiones: 310 x 344 x 90 30 % de reserva.	1	55,46	55,46
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB Poder de corte: 25 KA, curva C, F+N Calibre 25 A	1	121,25	121,25
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB Poder de corte: 25 KA, curva C, F+N Calibre 16 A	1	115,11	115,11
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB Poder de corte: 25 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	2	117,81	235,62
Unidad	Interruptor diferencial Marca: ABB Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 2 polos	1	192,95	192,95
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x2,5 mm ²) Cobre	18	1,662	29,916
Metro lineal	Cable V-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x1,5 mm ²) Cobre	30	1,446	43,38



Metro lineal	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 16 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	3	0,25	0,75
Unidad	Extintor	1	195,85	195,85
Unidad	Par de guantes aislantes hasta 24 kV	1	113,75	113,75
Unidad	Taburete aislante hasta 24 kV	1	68,47	68,47
Unidad	Placa con simbología: "peligro de muerte"	1	27,18	27,18
Unidad	Placa con simbología: "primeros auxilios"	1	17,38	17,38
Unidad	Cuadro de baja tensión	1	490,51	490,51
Unidad	Cuadro de contadores	1	4.234,51	4.234,51
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	8	14,3	114,4
TOTAL				6.056,486

7.6. Puestas a tierra del centro de transformación

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Tierra de protección del centro de transformación realizada en anillo de 7 x 6 m a 0,5 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm ² y 4 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 6 metros de largo. Incluso línea de tierra interior formada por conductor de cobre desnudo de 50 mm ² . Incluso arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluso soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada.	1	2.600	2.600



	Tierra de servicio realizada en hilera con 18 m de conductor de cobre desnudo de 50 mm ² uniendo 4 picas de 14 mm de diámetro y 2m de longitud separada 4 m entre sí a 0,5 m de profundidad, unido al centro de transformación por conductor de cobre de 50 mm ² RV-K 0,6/1 KV. Incluso arqueta de registro y caja de seccionamiento. Incluso elementos de conexión. Totalmente instalado y conexionado.			
Unidad		1	1.553,75	1.553,75
TOTAL				4.153,75

7.7. Resumen capítulo centro de transformación

Presupuesto total capítulo	Importe (€)
Obra civil	849,6
Caseta centro de transformación	8.753,49
Transformador	5.876,85
Media tensión	10.255
Baja tensión	6.056,486
Puesta a tierra	4.153,75
TOTAL	35.945,176

8. Capítulo VIII: Compensación de energía reactiva

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Batería de compensación automática, 35 KVAR Incluido conexionado y puesta en marcha. Marca: Legrand Modelo: M3540, 400V.	1	1.729,92	1.729,92



TOTAL		1.729,92
--------------	--	-----------------

9. Capítulo IX: Equipo de seguridad y salud

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Total(€)
Unidad	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas, amortizable en 5 usos.	5	3,73	18,65
Unidad	Arnés de seguridad con amarre dorsal + amarre torsal + amarre lateral, acolchado y cinturón giro 180° para trabajos de electricidad, fabricado con fibra de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable, amortizable en 5 obras. Certificado CE.	3	54,45	163,35
Unidad	Placa señalización- información en PVC serigrafiado de 50x30 cm, fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje.	1	3,43	3,43
Unidad	Señal triangular y soporte Señal de seguridad triangular de L= 70 cm, normalizada, con trípode tubular, amortizable en 5 usos, colocación y desmontaje según RD. 485/97.	1	15,96	15,96
Unidad	Gafas contra impactos Gafas protectoras contra impactos, incoloras, amortizables en 3 usos.	5	3,14	15,70
Unidad	Gafas antipolvo Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas, amortizables en 3 usos.	5	0,81	4,05



Unidad	Cascos protectores auditivos Protectores auditivos con arnés a la nuca, amortizables en tres usos. Certificado CE.	10	3,12	31,20
Unidad	Juego de tapones antirruído de silicona ajustables. Certificado CE.	15	1,41	21,15
Unidad	Faja protección lumbar, amortizable en 4 usos. Certificado CE.	3	2,80	8,40
Unidad	Chaleco de trabajo de poliésteralgodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	10	13,50	135,00
Unidad	Par de rodilleras ajustables de protección ergonómica, amortizable en tres usos. Certificado CE.	3	2,63	7,89
Unidad	Cinturón portaherramientas amortizable en 4 usos.	5	5,89	29,45
Unidad	Mono de trabajo, de una pieza de poliéster- algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	5	15,29	76,45
Unidad	Par guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE.	15	1,40	21,00
Unidad	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, amortizable en tres usos. Certificado CE.	10	9,32	93,20
Metros lineales	Cinta balizamiento bicolor rojoblanco de material plástico, incluso colocación y desmontaje.	25	0,62	15,50
Unidad	Lámpara portátil de mano, con cesto protector y mango aislante, amortizable en tres usos.	3	3,45	10,35



	Extintor de polvo ABC 6 Kg. PR. INC Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 Kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor, según norma UNE 23110.			
Unidad	medida la unidad instalada.	3	22,85	68,55
TOTAL				739,28



10. Resumen total del presupuesto

Orden	Descripción	TOTAL (€)
Capítulo I	Acometida	854,06
Capítulo II	Protecciones	13.568,72
Capítulo III	Conductores, tubos y canalizaciones	8.165,58
Capítulo IV	Puesta a tierra	790,19
Capítulo V	Alumbrado	12.438,05
Capítulo VI	Tomas de corriente y elementos varios	793,65
Capítulo VII	Centro de transformación	35.945,17
Capítulo VIII	Compensación de energía reactiva	1.729,92
Capítulo IX	Seguridad y salud	739,28
TOTAL	Presupuesto de ejecución material	75.024,62
	Gastos generales (5%)	3.751,23
	Beneficio industrial (10%)	7.502,46
TOTAL	Presupuesto de ejecución por contrata sin I.V.A.	86.278,31
	I.V.A. (21%)	18.118,45
TOTAL	Presupuesto de ejecución por contrata con I.V.A.	104.396,76
	Redacción del proyecto (4%)	3.451,13
	Dirección del proyecto (4%)	3.451,13
	I.V.A. Honorarios(21%)	1.449,48
TOTAL	Presupuesto total	112.748,50

El presupuesto total de ejecución por contrata asciende a la cantidad de:

“CIENTO DOCE MIL SETECIENTOS CUARENTA Y OCHO CON CINCUENTA CÉNTIMOS DE EURO”

Pamplona, Agosto de 2013

Ibai Santesteban Córdoba



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA ESCUELA
INFANTIL EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 6: ESTUDIO
DE SEGURIDAD Y SALUD

Alumno: Ibai Santesteban Córdoba

Tutor: Jorge Odériz Ezcurra

Pamplona, 30 de Agosto de 2013



INDICE

<u>ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</u>	<u>PÁGINA.</u>
1. Objeto del estudio básico de seguridad y salud.	3
2. Estudio de seguridad y salud de referencia.	3
2.1. Autor.	3
2.2. Número de operarios.	3
3. Conceptos básicos sobre seguridad y salud en el trabajo.	3
4. Riesgos generales y su prevención.	4
5. Riesgos profesionales y factores de riesgo en el trabajo.	5
5.1. El trabajo.	5
5.2. La salud.	5
5.3. Los riesgos profesionales.	5
6. Condiciones de seguridad.	7
6.1. Factores de seguridad en el lugar de trabajo.	7
6.2. Máquinas y equipos de trabajo.	8
6.3. Riesgo eléctrico.	8
6.4. Riesgo de incendio.	9
7. Medio ambiente físico.	10
7.1. Ruido.	10
7.2. Vibraciones.	10
7.3. Radiaciones.	11
7.4. Condiciones termo-higiénicas.	11
8. Contaminantes químicos biológicos.	12
8.1. Contaminantes químicos.	12
8.2. Contaminantes biológicos.	12
9. Planes de emergencia y evacuación.	13
9.1. Medicina preventiva y primeros auxilios.	13
9.2. Formación sobre seguridad.	13
10. Espacio de trabajo.	14
11. Normas implantadas en el presente proyecto.	14
11.1. Normas generales.	14
11.2. Prevención de accidentes por caídas.	15
11.3. Prevención de accidentes oculares.	15



11.4. Prevención de accidentes por corte.	15
11.5. Prevención de accidentes por atrapamiento.	16
11.6. Prevención de accidentes con herramientas manuales.	16
11.7. Prevención de accidentes en máquinas eléctricas portátiles.	16
11.8. Prevención de accidentes en máquinas neumáticas.	17
11.9. Prevención de accidentes de máquinas herramienta.	17
11.10. Prevención en almacenamientos.	18
11.11. Prevención de accidentes eléctricos.	18



ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. Objeto del estudio básico de seguridad y salud

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1.997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto).
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

2. Estudio de seguridad y salud de referencia

2.1. Autor

La orden de encargo correspondiente, designa al Ingeniero técnico industrial Ibai Santesteban Córdoba, como encargado redactor del Proyecto y del Estudio Básico de Seguridad y salud.

2.2. Número de operarios previstos

El número total de trabajadores en obra se calcula en veinticinco por lo que no se prevé que haya nunca más de veinte simultáneamente, a los efectos de lo dispuesto en el artículo 4.1.b del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. De ellos, no todos han de usar los mismos equipos de protección individual, sino que el uso de los mismos dependerá de las tareas y funciones que tengan encomendadas. En este número quedan englobadas todas las personas intervinientes en el proceso con independencia de su afiliación empresarial o sistema de contratación.

3. Conceptos básicos sobre seguridad y salud en el trabajo

El punto de partida para el desarrollo de las funciones del nivel básico de la actividad preventiva es el conocimiento de los conceptos y aspectos más generales relativos a la



seguridad y a salud laboral y la prevención de los riesgos derivados del trabajo en la empresa.

Objetivos:

- Conocer los conceptos fundamentales que conforman el campo de la seguridad y salud laboral.
- Identificar la normativa básica que regula la materia de la seguridad y salud laboral.

La salud, en líneas generales, es el resultado de un proceso de desarrollo individual de la persona, que se puede ir logrando o perdiendo en función de las condiciones que rodean, es decir, su entorno y su propia voluntad.

La seguridad es la eliminación de todo riesgo profesional, o dicho de otra manera, la eliminación de toda posibilidad de daño a las personas o bienes, como consecuencia de circunstancias o condiciones de trabajo.

Una vez definido seguridad y salud, se deben de ver los posibles riesgos que se pueden dar en las distintas actividades diarias que se producen en la escuela infantil del presente proyecto, y dar unas soluciones para minimizar lo máximo posible el riesgo de daño a personas o bienes.

4. Riesgos generales y su prevención

Existen elementos energéticos agresivos presentes en el medio ambiente y generados por fuentes concretas. Estas energías son mecánicas, térmicas y/o electromagnéticas. Las más destacables son:

- Ruido.
- Vibraciones.
- Iluminación.
- Condiciones ambientales (Termo higrométricas).
- Radiaciones ionizantes y no ionizantes.
- Caídas al mismo nivel.

Una vez visto los tipos de riesgos, es necesario poner medidas de seguridad, y para ello es conveniente:

- Identificar y valorar los diferentes factores de riesgo presentes en la actividad laboral y los daños que puedan ocasionar en la salud de los trabajadores.
- Reconocer las situaciones de riesgo para proponer y desarrollar acciones de prevención eficaces.



5. Riesgos profesionales y factores de riesgo en el trabajo

5.1. El trabajo

El trabajo es la actividad que realiza el hombre transformando la naturaleza para su beneficio. Buscando satisfacer necesidades humanas, mejorar la calidad de vida, satisfacción personal....

Esta actividad puede provocar efectos no deseados sobre la salud de los trabajadores, ya sea por la pérdida o ausencia de trabajo (hoy en día la precariedad del mercado laboral y el paro suponen un importante problema para la salud, con repercusiones individuales, familiares y sociales) o por las condiciones en las cuales se realiza (accidentes, enfermedades derivadas del entorno laboral).

Aunque las formas de entender el trabajo han variado a lo largo de la historia, el trabajo presenta dos características fundamentales:

- **Tecnificación:** invención y uso de máquinas, herramientas y equipos de trabajo que facilitan la realización de las distintas tareas para la transformación de la naturaleza.
- **Organización:** planificación de la actividad laboral. Coordinando las tareas de los distintos trabajadores se consiguen mejores resultados.

Cuando no se controlan adecuadamente ambos efectos o no funcionan con corrección, aparecen riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores.

5.2. La salud

La salud es según la Organización Mundial de la Salud el estado completo de bienestar físico, mental, social. Así pues, debemos considerar la salud como un proceso permanente de desarrollo. No es fruto del azar y se puede perder y recuperar, según las condiciones laborales de cada trabajador.

5.3. Los riesgos profesionales

Se trata de las situaciones que pueden romper el equilibrio físico, psíquico y social de los trabajadores.

La ley de prevención de Riesgos Laborales lo describe así:

“Posibilidad de que un trabajador sufra un daño derivado de su trabajo. La calificación de su gravedad dependerá de la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo.”

El otro concepto relacionado a la prevención de riesgos es el peligro, que se define como propiedad o aptitud intrínseca de algún elemento de trabajo para ocasionar daños. En ocasiones se confunden estos dos términos.



a) Condiciones de trabajo:

Son cualquier característica del trabajo mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud del trabajo.

Elas son:

- Las características generales de los locales, instalaciones, equipos y otros útiles existentes en el centro de trabajo.
- La naturaleza de los agentes físicos, químicos, biológicos presentes en el ambiente de trabajo y sus correspondientes intensidades.
- Los procedimientos para el uso de los agentes citados que influyan en la generación de los riesgos.
- Aquellas características del trabajo, incluidas aquellas relativas a su organización y ordenación, que influyan en la magnitud de los riesgos a que este expuesto un trabajador.

b) Factores de riesgo:

Es el elemento o conjunto de variables que están presentes en las condiciones de trabajo y que pueden originar una disminución del nivel de salud del trabajador.

El estudio de estos factores se divide en 5 grupos:

- 1) Condiciones de seguridad: Son las condiciones materiales que pueden dar lugar a un accidente de trabajo.
 - Lugar y superficie de trabajo.
 - Maquinas y equipos de trabajos.
 - Riesgos eléctricos.
 - Manipulación, transporte,...
- 2) Medio ambiente físico del trabajo: Aparecen de forma natural o modificada por el proceso de producción.
 - Condiciones de temperatura, humedad, ventilación.
 - Iluminación.
 - Ruido.
 - Vibraciones.
 - Radiaciones (ionizantes o no).
- 3) Contaminantes: Son elementos extraños al organismo humano capaces de producir alteraciones a la salud. Pueden ser:
 - Contaminantes químicos, o las sustancias químicas que durante la fabricación, transporte, almacenamiento o uso puedan incorporarse al ambiente en forma aerosol, gas o



vapor y afectar a la salud de los trabajadores. Su vía de entrada al organismo suele ser la respiratoria, pero también a través de la piel o por el aparato digestivo.

- Contaminantes biológicos, o los microorganismos que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones en la salud, como pueden ser bacterias, virus, pelos de animales, o polen y polvo de los vegetales.

- 4) Exceso de carga física o mental: Tienen que ver con la organización y estructura empresarial, que suelen afectar en el ámbito físico y mental debido a los esfuerzos realizados por el trabajador.

- Carga física, esfuerzos físicos de todo tipo así como situación estática.

- Carga mental, nivel de exigencia psíquica de la tarea (monotonía, falta de autonomía,...).

- 5) Factores organizativos que afectan al tipo de jornada, horarios, decisiones a tomar, etc.: Para la prevención de estos factores de riesgo hay unas técnicas específicas a cumplir:

- Seguridad en el trabajo.
- Higiene industrial.
- Medicina del trabajo.
- Psicología.
- Ergonomía.

Se deben adoptar las medidas necesarias para cumplir estos requisitos así previniendo los riesgos.

6. Condiciones de seguridad

6.1. Factores de seguridad en el lugar de trabajo

En el trabajo siempre se deberá cumplir:

- Condiciones constructivas, el diseño y características constructivas de los lugares de trabajo, como ofrecer seguridad frente a riesgo de resbalones o caídas, choques, golpes, derrumbamientos,... esos elementos son la seguridad estructural, espacios de trabajo en zonas peligrosas, suelos, aberturas, desniveles y barandillas, tabiques y ventanas, puertas, rampas, escaleras de mano, condiciones de protección contra incendios, acceso para minusválidos, instalación eléctrica,...



- Orden, limpieza y mantenimiento, en todas las zonas del trabajo.
- Señalización de seguridad y salud.
- Instalaciones de servicio y protección.
- Condiciones ambientales, temperatura, ruido, contaminantes,...
- Iluminación.
- Servicios higiénicos y locales de descanso, como fuentes de agua potable, vestuarios, locales al aire libre,...
- Material y locales de primeros auxilios.

6.2. Máquinas y equipos de trabajo

Se debe tener en cuenta:

- Las condiciones características específicas del trabajo que se desarrolle.
- Los riesgos existentes para la seguridad y la salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- Las adaptaciones necesarias para su uso por trabajadores discapacitados.

Para disminuir la tasa de siniestralidad laboral en lo referente a los accidentes que se producen a causa de fallos de seguridad relacionados con las máquinas se necesita:

- Seguridad en el producto, el mercado CE garantiza la comercialización de máquinas y equipos que vengan de fábrica con los requisitos de seguridad necesarios para proteger a los trabajadores.
- Instalación, siguiendo instrucciones del fabricante y en los lugares apropiados.
- Mantenimiento, por personal especializado.
- Uso adecuado, por el personal autorizado.

6.3. Riesgo eléctrico

Existen dos tipos de contacto eléctrico:

- Directo, con las partes activas de los materiales y equipos.
- Indirecto, con partes puestas accidentalmente bajo tensión.

Para evitar en la medida de lo posible los riesgos de los contactos eléctricos hay que:



- Alejar las partes activas, para evitar contactos fortuitos.
- Aislar también con recubrimientos apropiados.
- Interponer obstáculos para impedir contactos accidentales.

6.4. Riesgo de incendio

Antes de hincar los trabajos, el contratista encargado de los mismos debe informarse de la situación de las canalizaciones de agua, gas y electricidad, como instalaciones básicas o de cualquier otra de distinto tipo que tuviese el edificio y que afectase a la zona de trabajo.

Caso de encontrar canalizaciones de gas o electricidad, se señalarán convenientemente y se protegerán con medios adecuados.

Se establecerá un programa de trabajo claro que facilite un movimiento ordenado en el lugar de los mismos, de personal, medios auxiliares y materiales. Es aconsejable entrar en contacto con el representante local de los servicios que pudieran verse afectados para decidir de común acuerdo las medidas de prevención que hay que adoptar.

En todo caso, el contratista ha de tener en cuenta que los riesgos de explosión de un espacio subterráneo se incrementan con la presencia de:

- Canalizaciones de alimentación de agua.
- Cloacas.
- Conductas eléctricas para iluminación de vías públicas.
- Sistemas de semáforos.
- Canalizaciones de servicios de refrigeración.
- Canalizaciones de vapor.
- Canalizaciones para hidrocarburos.

Para paliar los riesgos antes citados, se tomarán las siguientes medidas de seguridad:

- Se establecerá una ventilación forzada que obligue a la evacuación de los posibles vapores inflamables.
- No se encenderán máquinas eléctricas, ni sistemas de iluminación, antes de tener constancia de que ha desaparecido el peligro.
- En casos muy peligrosos se realizarán mediciones de la concentración de los vapores del aire.



Está presente en cualquier actividad. Cuando estos rasgos se presentan es más fácil que se produzca un incendio:

- Combustible presente (cualquier sustancia capaz de arder).
- Comburente (sustancia que hace que otra entre en combustión).
- Fuente de calor (foco de calor).
- Reacción en cadena (proceso que acelera la propagación del fuego).

Factores a tener en cuenta en la actuación contra incendio:

- Diseño, estructura y materiales de construcción de las instalaciones.
- Situación del centro de trabajo, tipo de actividad, edificios colindantes,...
- Detección y alarma, cualquier incendio es controlable si se detecta y localiza a tiempo, antes de propagarse y alcanzar grandes dimensiones.
- Medios de extinción, como son los equipos portátiles (extintores), instalaciones fijas (bocas de incendio, columnas secas, rociadores,...).
- Evacuación del personal, para evitar daños en la salud de los trabajadores se debe tener un plan de evacuación.

7. Medio ambiente físico

7.1. Ruido

Las características del sonido que hacen diferentes unos ruidos de otros son:

- Frecuencia: es la periodicidad en que se repite una oscilación sonora. Se mide en hercios y determina el tono. Las frecuencias altas o agudas son las más graves para la salud.
- Intensidad: fuerza de vibración sonora. Se mide en decibelios y determina el grado de precisión o energía sonora. Clasifica los sonidos en fuertes o débiles.

7.2. Vibraciones

Son oscilaciones de partículas alrededor de un punto, en un medio físico equilibrado cualquiera. Se producen por el efecto propio del funcionamiento de una máquina o equipo. Pueden producir varios efectos:



- Muy baja frecuencia (menos de 2 Hz): alteraciones del sentido del equilibrio, provocando mareos, náuseas y vómitos (movimiento de balanceo de coches, barcos,...).
- Baja y media frecuencia (de 2 a 20 Hz): afectan sobre todo a la columna vertebral, aparato digestivo y visión (vehículos y maquinaria industrial, tractores, obras públicas).
- Alta frecuencia (de 20 a 300 Hz): pueden producir quemaduras por rozamiento y problemas vasomotores.

7.3. Radiaciones

Son ondas de energía que inciden sobre el organismo humano, pudiendo llegar a producir efectos dañinos para la salud de los trabajadores. Existen dos tipos:

- Radiaciones ionizantes: ondas de alta frecuencia (rayos X, rayos γ , partículas atómicas,...) que tienen gran poder energético ya que pueden transformar la estructura de los átomos provocando la expulsión de electrones de su órbita.

Los efectos para la salud dependen de la dosis absorbida por el organismo.

Puede afectar tanto a los tejidos como a los órganos, provocando desde náuseas, vómitos y cefaleas hasta alteraciones cutáneas y cáncer.

- Radiaciones no ionizantes: son ondas de baja o media frecuencia (microondas, infrarrojos, ultravioleta,...) que poseen poca energía (no producen la ionización de la materia). Pueden provocar efectos térmicos o irritaciones en la piel, hasta conjuntivitis, quemaduras graves, cáncer de piel.

7.4. Condiciones termo-higiénicas

Son las condiciones físicas ambientales de la temperatura, humedad y ventilación, en las que se desarrolla un trabajo. Hay diferentes variables que deben considerarse de forma global:

- Temperatura del aire, humedad del aire, temperatura de paredes y objetos, velocidad del aire, actividad física, clase de ropa.
- Unas malas condiciones pueden provocar efectos negativos para la salud como resfriados, deshidratación, golpes de calor,... o efectos en la conducta como aumento de la fatiga.



8. Contaminantes químicos y biológicos

8.1. Contaminantes químicos

Son sustancias constituidas por materia inerte que pueden estar presentes en el aire que respiramos de forma sólida, líquida o gaseosa. Se pueden incorporar en el ambiente al transporte, fabricación, almacenamiento o uso.

Las vías de entrada en este organismo son:

- Vía respiratoria, nariz, boca, laringe, pulmones...
- Vía dérmica, se incorpora el contaminante a la sangre a través de la piel.
- Vía digestiva, todo el aparato digestivo mas las mucosidades del sistema respiratorio.
- Vía parenteral, penetración por llagas, heridas o punciones.

Los efectos de estos contaminantes son:

- Irritantes, hinchazón de la zona de contacto.
- Asfixiantes, impide la llegada de oxígeno a las células y altera los mecanismos oxidantes biológicos.
- Anestésicos, depresores del sistema nervioso central.
- Corrosivos, destruyen los tejidos con los que entran en contacto.
- Neumoconióticos, partículas sólidas que se acumulan en las vías respiratorias.
- Sensibilizantes, producen reacciones alérgicas.
 - Cancerígenas, pueden ser mutágenos (modificaciones hereditarias) y teratógenos (producen malformaciones en la descendencia).
- Tóxicos sistémicos, alteran órganos y sistemas específicos.

8.2. Contaminantes biológicos

Son microorganismos o partes de seres vivos que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones. Son bacterias, virus y hongos, que penetran en el organismo y producen cualquier tipo de infección.



9. Planes de emergencia y evacuación

9.1. Medicina preventiva y primeros auxilios

- 1) Medicina preventiva: Las posibles enfermedades profesionales que puedan originarse en esta obra son las normales que trata la medicina del trabajo y la higiene industrial. Todo ello se resolverá de acuerdo con los servicios de prevención de empresa quienes ejercerán la dirección y el control de las enfermedades profesionales, tanto en la decisión de utilización de los medios preventivos como la observación médica de los trabajadores.
- 2) Primeros auxilios: Para atender a los primeros auxilios existirá un botiquín de urgencia según el número de trabajadores situado en los aseos, y se comprobará que, entre los trabajadores presentes en la obra, uno, por lo menos, haya recibido un curso de socorrismo.

Como Centros Médicos de urgencia próximos a la obra se señalan los siguientes:

- **PAMPLONA:** Hospital Virgen del Camino

Calle Irunlarrea 4, 31008 Pamplona – 948 42 94 00

Distancia: 5 km.

9.2. Formación sobre seguridad

El Plan se especificará en el Programa de Formación de los trabajadores y asegurará que estos conozcan el plan. También con esta función preventiva se establecerá el programa de reuniones del Comité de Seguridad y Salud.

La formación y explicación del Plan de Seguridad será por un técnico de seguridad.

El empresario deberá también analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de personal.



10. Espacio de trabajo

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables. Sus dimensiones mínimas serán las siguientes:

- 3 metros de altura desde el piso hasta el techo. No obstante, en locales comerciales, de servicios, oficinas y despachos, la altura podrá reducirse a 2,5 metros.
- 10 metros cúbicos, no ocupados, por trabajador.

11. Normas implantadas en el presente proyecto

11.1. Normas generales

- a) Todo aviso o señal de seguridad constituye una norma, por lo que se debe cumplir en todo momento.
- b) Todo trabajador debe cumplir las indicaciones dadas por su superior en cuanto a métodos de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- c) Cualquier rotura, daño o defecto producido sobre las instalaciones, trabajadores, etc..., deben ser comunicados de inmediato al personal responsable.
- d) Cualquier herida o lesión, por leve que sea, debe ser tratada de inmediato en el botiquín (primeros auxilios) por el personal responsable.
- e) No se debe penetrar en los recintos cerrados ni en los de paso restringido al personal autorizado.
- f) En recintos donde se almacenan materias fácilmente inflamables está terminantemente prohibido fumar.
- g) Se debe conocer perfectamente el funcionamiento y ubicación de los extintores.
- h) No se debe apilar o dejar material fuera de los lugares señalados.
- i) Para la extracción de líquidos corrosivos, deben emplearse dispositivos que eviten salpicaduras, como son los volcadores, sifones,...



11.2. Prevención de accidentes por caídas

- a) Mantener el lugar o puesto de trabajo limpio, especialmente de grasa, aceite u otros líquidos.
- b) Al subir o bajar escaleras fijas, apoyar toda la superficie del pie para evitar torceduras o resbalamientos. No correr en los desplazamientos.
- c) No pisar objetos o zonas que carezcan de rigidez.
- d) Señalizar y/o tapar los huecos que suponga riesgos de caídas.
- e) Los pasillos y zonas de paso deben estar despejadas.
- f) Si se debe acceder a algún punto de altura, emplear plataformas o escaleras perfectamente apuntadas, pero nunca se deben encaramar a las máquinas o estanterías, ni emplear taburetes, sillas, mesas o cajas, etc.
- g) Al transportar una carga, procurar que no impida la visión.

11.3. Prevención de accidentes oculares

- a) Las gafas de protección se usarán con todos sus componentes, sin desmontar sus protecciones laterales, y su obligatoriedad será fijada mediante carteles indicativos.
- b) El buen uso y conservación es responsabilidad del usuario. En caso de necesitarlo el operario, las gafas se proveerán con cristales graduados.
- c) Está prohibido retirar las protecciones contra la proyección de partículas de que disponen diversas máquinas.
- d) El uso de las gafas es obligatorio cuando se trabaja con máquinas que carecen de protección contra la proyección de partículas.

11.4. Prevención de accidentes por corte

- a) En la manipulación de tablones se deben emplear toda clase de protecciones contra los cortes, como son guantes, manguitos, botas, etc.
- b) Manipular las piezas de tamaño mediano y grande de una en una. Si la pieza se desliza no se debe intentar sujetarla.
- c) El uso de guantes es estrictamente obligatorio durante el manejo de tablones punzantes, cortantes o con aristas vivas.



- d) Las virutas de las máquinas se deben retirar con ganchos provistos de cazoletas que protejan la mano. Bajo ningún pretexto se utilizarán las manos para retirarlas.

11.5. Prevención de accidentes por atrapamiento

- a) Se debe tener precaución con el movimiento de elementos que pueden atrapar algún miembro por compresión.
- b) Se debe tener precaución con los elementos de máquinas o instalaciones en donde el movimiento de traslación o rotación pueda arrastrar al trabajador por enganche de un miembro o parte de su vestimenta.
- c) No se debe acompañar con las manos desplazamientos automáticos de piezas y máquinas.
- d) Se debe tener precaución con el movimiento de los componentes de máquinas en los que puedan entrar o quedar atrapadas cualquier parte del cuerpo.

11.6. Prevención de accidentes con herramientas manuales

- a) Las herramientas manuales sólo se deben emplear para el fin por el que se han concebido, y nunca con segundas aplicaciones ni fines auxiliares. Por ello debe procurarse que no tengan defectos ni desgastes que dificulten su correcta utilización.
- b) Todas las herramientas manuales deben permanecer perfectamente limpias; en el momento de utilizarlas, las manos deberán estar secas y limpias de grasas o aceites que impidan la seguridad en la sujeción.
- c) Las herramientas cortantes o punzantes se mantendrán debidamente afiladas y deberán carecer de rebabas. Cuando no se utilicen estarán provistas de fundas protectoras para filos o puntas.

11.7. Prevención de accidentes en máquinas eléctricas portátiles

- a) Los enchufes y alargaderas eléctricas deben ser inspeccionados periódicamente, revisando la funda protectora de los hilos, y las conexiones de las clavijas.
- b) Se debe evitar poner las máquinas sobre lugares húmedos.
- c) Las tomas de corriente nunca se deben efectuar directamente con los cables, sino con clavijas normalizadas.



- d) En trabajos con amoladora, pulidoras, etc., el operario deberá mantenerse siempre fuera del plano de rotación del disco.
- e) Al trabajar con estas herramientas en lugares húmedos o en locales donde se suda mucho, se deben utilizar transformadores que reduzcan la tensión a menos de 50 voltios.
- f) En caso de avería, los cables no se deben reparar con cinta aislante, ya que con el tiempo se reseca, pierde el poder adhesivo y absorbe la humedad; lo correcto es reemplazarlos por otros nuevos.

11.8. Prevención de accidentes en máquinas neumáticas

- a) Los racores y la herramienta deben estar bien acoplados a la máquina, por ello se deben revisar periódicamente.
- b) Nunca se debe doblar la manguera para cortar el aire, sino que se debe interrumpir desde la fuente de alimentación.
- c) Las mangueras de aire comprimido se mantendrán fuera de los pasillos y de paso con objeto de no tropezar con ellas ni de que puedan ser atrapadas por ruedas de vehículos y, en consecuencia, ser dañadas.
- d) No se debe dirigir el aire a presión hacia las demás personas.

11.9. Prevención de accidentes de máquinas herramienta

- a) Antes de poner en marcha una máquina, se deben conocer las operaciones que se han de realizar y su correcto empleo.
- b) Debe prestarse la máxima atención al proceso de trabajo establecido para cada operación.
- c) No se debe hacer ningún trabajo sin que las protecciones de la máquina estén correctamente colocadas.
- d) En operaciones con máquinas herramienta, el operario debe llevar la ropa de trabajo bien ajustada al cuerpo, con las mangas ajustadas a la muñeca y sin que los cinturones tengan libres o sueltos los extremos.



11.10. Prevención en almacenamientos

- a) Al almacenar los materiales se deberá cuidar:
 - Obstruir el acceso a las tomas de agua, extintores, llaves contra incendio, cuadros eléctricos, interruptores, cajas de fusible, válvulas, máquinas, etc.
 - Bloquear los equipos de primeros auxilios, puertas o salidas de personal, pasillos, etc.
 - Dejar ocultos carteles informativos, señales de seguridad, indicaciones, etc.
- b) Al almacenar materiales pesados, se debe tener en cuenta que los pisos inferiores sean más resistentes
- c) Almacenar correctamente para evitar los riesgos de accidentes debidos al paso de trabajadores y carretillas.
- d) Tipo de apilado:
 - Cruzado: Se coloca una capa de materiales en ángulo recto con la capa inmediatamente inferior.
 - De bidones: De pie con el tapón hacia arriba; entre fila y fila habrán de ir tablas de madera como suponte y protección.

11.11. Prevención de accidentes eléctricos

- a) Bajo ningún concepto se deben tocar los conductores eléctricos desnudos.
- b) Nunca se deben manipular las instalaciones eléctricas; es tarea del personal especializado.
- c) Cualquier instalación, máquina o aparato eléctricos deben ser inspeccionados detenidamente antes de su utilización, así como sus cables y anclajes.
- d) Si se observa alguna chispa, desconectar y solicitar la revisión por los expertos.
- e) No colocar los cables sobre hierro, tuberías, chapas o muebles metálicos.
- f) Al desconectar un aparato, tirar de la clavija, nunca del cable.
- g) No se debe reparar un fusible, sino sustituirlo por uno nuevo.
- h) Nunca se debe apagar un incendio de origen eléctrico con agua. Se deben utilizar extintores de anhídrido carbónico o de polvo.
- i) Cómo proceder en caso de accidente eléctrico por contacto:



- Desconectar la corriente.
 - Alejar al accidentado por contacto, empleando materiales aislantes, guantes de goma, madera seca, etc. No tocarlo sin estar aislados.
 - Practicar la respiración artificial inmediatamente.
 - Avisar al médico.
- j) Las cinco reglas básicas contra riesgos eléctricos:
- Antes de utilizar cualquier aparato o instalación eléctrica hay que asegurarse de su perfecto estado.
 - Para utilizar un aparato o instalación eléctrico, sólo se deben manipular los elementos de mando previstos para tal fin.
 - No se deben emplear aparatos eléctricos ni instalaciones eléctricas cuando accidentalmente se encuentran mojadas, o cuando la misma persona tenga las manos o los pies húmedos.
 - En caso de avería o incidente, se debe cortar la corriente como primera medida, después avisar al personal especializado.
 - En caso de avería de la instalación o de la herramienta, se debe llamar al electricista, no se debe utilizar la instalación y se ha de impedir que otros la utilicen.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA ESCUELA
INFANTIL EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 7:
BIBLIOGRAFIA

Alumno: Ibai Santesteban Córdoba

Tutor: Jorge Odériz Ezcurra

Pamplona, 30 de Agosto de 2013



INDICE

BIBLIOGRAFÍA

PÁGINA

1. Reglamentos, normativas y libros	2
2. Catálogos consultados	2
3. Páginas web consultadas	3



7.1. Reglamentos, normativas y libros

Para la realización del presente proyecto, la bibliografía consultada ha sido:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002).
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía (Real Decreto 3275/82, de 12 de noviembre de 1982).
- Reglamento sobre acometidas eléctricas. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Instalación de NTE-IE electricidad. Normas tecnológicas de la edificación. Ed. paraninfo 1996. Jose Carlos Toledano.
- Puesta a tierra en edificios en instalaciones eléctricas. Ed. Paraninfo 1997. Juan José Martínez Requera y José Carlos Toledano Gasca.
- Lámparas eléctricas, sistemas de iluminación, proyectos de alumbrado. Ed. CEAC 1987. José Remírez Vázquez.
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “IBERDROLA distribución eléctrica S.A.U.”
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría. UNESA. Febrero 1989.

7.2. Catálogos consultados

Se han consultado los siguientes catálogos:

- Toda serie de catálogos ABB.



- Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos LEGRAND.
- Luminarias y lámparas Philips.
- Lámparas de emergencia LEGRAND.
- Catálogo de NIESSEN.
- Catálogo de protecciones MERLIN GERIN.
- Catálogo de armarios y cofrets MERLIN GERIN.
- Catálogo de GENERAL CABLE.
- Catálogo de ORMAZABAL.
- Catálogo de TABALSA.
- Equipos de seguridad NAISA: Cascos, gafas, guantes, etc.
- Catálogo KLK

7.3. Páginas web consultadas

En este apartado se adjuntan las direcciones web de las empresas cuyos elementos han sido utilizados en el presente proyecto:

Las páginas web son las siguientes:

- GENERAL CABLE. (<http://www.general-cable.es>).
- ORMAZABAL. (<http://www.ormazabal.com>).
- PHILIPS. (<http://www.philips.com>).
- LEGRAND. (<http://www.legrand.es>).
- INDUSTRIAS ARRUTI. (<http://www.arruti.com>).
- TABALSA (<http://www.tabalsa.com>).
- NIESSEN (<http://www.abb.es>).
- ABB (<http://www.abb.es>).
- MERLIN GERIN (<http://www.schneider-electric.com>).
- VOLTIMUM (<http://www.voltimum.es>).
- KLK ELECTRO MATERIALES (<http://www.klk.es>).
- NAISA (<http://www.naisa.es>).