



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Asier Antón Rodríguez  
José Javier Crespo Gaunza  
Pamplona , Abril 2014



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

MEMORIA

Asier Antón Rodríguez  
José Javier Crespo Gaunza  
Pamplona , Abril 2014



<b>1.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	5
1.1.1 Objeto .....	5
1.1.2 Situación .....	5
1.1.3 Descripción de la nave .....	5
1.1.4 Previsión de cargas .....	7
1.1.5 Normativa .....	21
1.1.6 Distribución de los cuadros .....	21
1.1.7 Descripción de la actividad .....	22
1.1.8 Suministro de energía .....	23
<b>1.2 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN (RBT ITC 08)</b> .....	24
<b>1.3 ILUMINACIÓN</b> .....	27
1.3.1 Conceptos luminotécnicos .....	28
1.3.2 Tipos de lámparas y conceptos técnicos. ....	29
1.3.3 Iluminación interior .....	29
1.3.4 Iluminación exterior .....	30
1.3.5 Alumbrado de señalización y emergencia .....	31
1.3.6 Solución adoptada .....	32
<b>1.4 DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LA INSTALACIÓN.</b> .....	33
1.4.1 Introducción .....	34
1.4.2 Cables .....	34
1.4.2.1 Factores que determinan la elección de un cable.....	34
1.4.2.2 Partes de un cable .....	34
1.4.2.3 Comportamiento de un cable frente al fuego y código de colores .....	35
1.4.2.4 Siglas convencionales de los cables .....	37
1.4.2.5 Cálculo eléctrico de las líneas .....	38
1.4.2.6 Conductores activos .....	40
1.4.2.7 Conductores de protección .....	40
1.4.3 Sistemas de canalización .....	41
1.4.3.1 Canalizaciones .....	41
1.4.3.2 Tubos protectores .....	41
1.4.4 Receptores .....	45
1.4.4.1 Receptores de alumbrado .....	45
1.4.4.2 Receptores tipo motor .....	46
1.4.5 Tomas de corriente .....	48
1.4.5.1 Tipos de tomas de corriente .....	48

1.4.5.2 Situación de las tomas de corriente .....	48
1.4.6 Cálculo de las intensidades de línea. ....	49
1.4.7. Cálculo de los conductores de baja tensión .....	50
1.4.8 Soluciones adoptadas .....	51
1.5. PROTECCIONES .....	54
1.5.1 Clasificación de las protecciones .....	54
1.5.2 Protección de la instalación .....	54
1.5.3 Características generales de los dispositivos de protección .....	55
1.5.3.1 Introducción .....	55
1.5.3.2 Características comunes en los dispositivos de protección contra Sobre intensidades .....	56
1.5.4 Conceptos básicos .....	56
1.5.5 Protección contra sobrecargas .....	57
1.5.6 Protección contra cortocircuitos .....	58
1.5.7 Cálculo de las impedancias .....	58
1.5.8 Proceso de cálculo de las protecciones .....	61
1.5.9 Protección de las personas .....	65
1.5.10 Cuadros eléctricos .....	66
1.5.11 Solución adoptada .....	66
1.6 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA. ....	68
1.6.1 Objeto de las puestas a tierra. ....	68
1.6.2 Definición .....	68
1.6.3 Conceptos generales .....	69
1.6.4 Tomas de tierra .....	69
1.6.4.1 Electrodo .....	69
1.6.4.2 Resistencia de las tomas de tierra .....	69
1.6.5 Terreno .....	70
1.6.6 Tomas de tierra independientes. ....	71
1.6.7 Línea principal de tierra .....	71
1.6.8 Derivaciones de las líneas principales de tierra. ....	71
1.6.9 Conductores de protección. ....	71
1.6.10 Elementos a conectar a tierra. ....	72
1.6.11 Tipos de tierra .....	72
1.6.12 Tierra de protección .....	72
1.6.13 Tierra de Servicio .....	73
1.6.14 Cálculo de las puestas a tierra .....	73
1.6.15 Solución adoptada .....	74
1.7 POTENCIA A COMPENSAR .....	74
1.8 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....	74
1.8.1 Parámetros .....	75
1.8.2 Componentes del CT .....	76
1.8.3 Paramenta en media tensión. ....	77
1.8.4 Transformador .....	78
1.8.5 Cálculo del centro de transformación .....	79
1.8.6 Solución adoptada CT .....	80

## 1.1 INTRODUCCION

### 1.1.1 OBJETO

El objeto de la siguiente memoria consiste en el estudio de la instalación en baja tensión necesaria para el suministro de la energía eléctrica a los diferentes receptores de fuerza y alumbrado que son necesarios para la fabricación de bolsas de aperitivos ( patatas)realizadas en la nave industrial.

Dicha instalación estará formada por alumbrado (interior, exterior, de emergencia y señalización), instalación de fuerzas y tomas de corriente, centro de transformación de media a baja tensión, protección eléctrica de líneas, puestas a tierra del CT y de la instalación eléctrica de la nave y corrección del factor de potencia.

### 1.1.2 Situación

La industria está situada en una parcela del polígono industrial de Cabanillas (Navarra) como se muestra en figura.



### 1.1.3 Descripción de la nave

La nave forma parte de un polígono industrial muy nuevo en el que solo hay dos empresas pero poco a poco va creciendo satisfactoriamente.

La forma de la nave es rectangular y constará de una planta. Sus dimensiones son de 51.62 m de largo por 40.68 m de ancho con un total de 2099 m<sup>2</sup>. La altura de la nave industrial es de 10 m exceptuando la zona de vestuarios, comedor, calidad, botiquín, baños y las oficinas se reducen a 3 m con un falso techo.

La nave en su conjunto está clasificada (ITC-BT 10) como “Edificio destinado a una Industria Específica”. Dicha nave está dividida en diferentes locales o zonas de trabajo considerados, según la actividad que se desempeña, como:

- Instalaciones en locales húmedos
- Instalaciones en locales mojados
- Instalaciones sin ninguna reglamentación especial

Se consideran locales húmedos la zona del obrador, recepción, secaderos y almacén de producto terminado/expedición. La instalación se realizara de acuerdo a la ITC-BT 30 del reglamento de baja tensión.

Se considera locales mojados, las cámaras frigoríficas y la cámara de congelación. Al igual que en los locales húmedos, la instalación se realizará de acuerdo con la ITC-BT 30 del reglamento de baja tensión.

Y en el resto de dependencias como los pasillos, oficinas, aseos, taller...no se corresponde con ninguna reglamentación especial.

La nave industrial está distribuida de la siguiente manera:

#### Planta baja:

- Zona de producción: 1270 m<sup>2</sup>
- Zona entrada-escaleras: 49,29 m<sup>2</sup>
- Zona de almacenamiento: 599,2 m<sup>2</sup>
- Laboratorio: 31,15 m<sup>2</sup>
- Vestuario hombres: 32m<sup>2</sup>
- Aseos hombres: 8,75 m<sup>2</sup>
- Despachos: 70,5 m<sup>2</sup>
- Aseos mujeres: 8,75 m<sup>2</sup>
- Vestuarios mujeres: 32 m<sup>2</sup>
- Zona de distribución: 36 m<sup>2</sup>
- Sala de calderas: 48 m<sup>2</sup>
- Sala de descanso: 51,65 m<sup>2</sup>
- Sala de reuniones: 32 m<sup>2</sup>
- Administración: 30m<sup>2</sup>
- Hall y Pasillos: 109,16m<sup>2</sup>
- Cuarto de limpieza: 29,35 m<sup>2</sup>

En la parte exterior de la nave se situará el centro de transformación y el aparcamiento para los empleados. El aparcamiento dispondrá de 30 plazas y el centro de transformación será prefabricado tipo PFU4 Ormazabal o similar de 10,615 m<sup>2</sup> de abonado, incluyendo celdas de línea, protección y medida así como transformador.

### 1.1.4 Previsión de cargas

	ELEMENTOS FUERZA	POTENCIA NOMINAL (W)	Nº MAQUINAS	POTENCIA TOTAL W
<b>Faenado</b>	Bascula puente	2000	3	6000
	Silo alimentador con elevador	8000	2	16000
	Despedregador ciclónico	9000	2	18000
	Bombo limpiador	740	2	1480
	Lavadora de dos senos	8000	2	16000
	Sistema distribuidor a las peladoras	370	1	370
	2 peladoras por abrasión	2500	2	5000
	Balsa de acumulación	1000	2	2000
	Mesa de repaso	740	2	1480
	Cortadora	3500	3	10500
	Mesa vibratoria	1100	2	2200
	Escaldadora	10000	2	20000
	Balsa de enfriado	550	2	1100
	Cinta transportadora/ secadora	4000	2	8000
	Freidora	8750	2	17500
	Vibrador de escurrido	1500	2	3000
	Sazonador	6000	2	12000
	Cinta transportadora	550	1	550
<b>Envasado</b>	Envasadora/pesadora	7000	2	14000
	Cinta transportadora	550	1	550
	Precintadora	5000	2	10000
	Cinta transportadora	550	1	550
	Paletizador	4000	2	8000
	Cinta transportadora	550	1	550
	Enfardador	5500	2	11000
	<b>TOTAL</b>			<b>185830</b>

ELEMENTOS DE ALUMBRADO	POTENCIA NOMINAL (w)
Alumbrado interior	55238,1
Alumbrado exterior	4901
Alumbrado de emergencia	210
<b>TOTAL</b>	<b>60349,1</b>

La potencia total instalada en la nave es la suma de los elementos de fuerza y de iluminación.

## **POTENCIA TOTAL INSTALADA:**

### DESCRIPCION TECNICA DE LAS MAQUINAS

#### **BÁSCULA PUENTE**

Báscula eléctrica automática con capacidad hasta 60.000 Kg. Dicha báscula estará empotrada en el suelo y tiene unas dimensiones de 16 x 3 m. Los camiones se pesan a la entrada y salida de la industria conociendo de esta forma el peso de la mercancía descargada.

Esta báscula consta de un cabezal expendedor de tickets con el peso, hora y fecha.

##### *Datos técnicos:*

- Tensión: 380/220 V (50Hz).
- Dimensiones: 16.000 x 3.000 mm.
- Potencia: 2 Kw.

#### **SILO ALIMENTADOR Y ELEVADOR ACUNADO**

Máquina preparada para la recepción a granel y posterior dosificación del producto.

##### *Datos técnicos:*

- Estructura de acero inoxidable AISI 304.
- Transportador piso total por cadenas con perfiles.
- Rodillos dosificadores del producto accionado por motorreductor.
- Movimiento transporte mediante motor eléctrico.
- Elevador de salida, constituido por:
  - Estructura en perfiles LF y chapa en acero inoxidable.
  - Rodillo motriz con recubrimiento antideslizante.
  - Banda de goma sanitaria ancho con tacos.
  - Movimiento accionado por motor eléctrico.
  - Potencia instalada: 0,5 CV (0,33 Kw).
- Capacidad de la tolva de acumulación: 5m<sup>3</sup>.
- Dimensiones: Tolva: Largo: 4.000 mm



Ancho: 1.000 mm

Alto: 1.250 mm

Inclinación: 15°

Elevador: Largo: 4.500 mm

Ancho: 1.200 mm

Inclinación: 38°

- Tensión 220/380 V (50 Hz).
- Potencia total instalada: 8000W

## **DESPEDREGADOR CICLÓNICO**

Máquina preparada para separar las piedras y otros restos de la superficie del producto a trabajar por medio de un baño de agua en continua agitación.

*Datos técnicos:*

- Cuba troncocónica en acero inoxidable AISI 304.
- Sistema agitador.
- Sistema de válvulas para la salida de dextrio.
- Depósito recogida de agua.
- Sistema recirculación de agua con bomba.
- Dimensiones: 1.740 x 1.590 x 2.500 mm.
- Potencia total instalada: 9 Kw. (7,5 CV).
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **BOMBO LIMPIADOR**

Máquina preparada para limpiar la superficie del producto con abundante agua y retirar la tierra, pequeñas piedras y otros restos no eliminados anteriormente. El producto se introduce en un bombo giratorio. A medida que el producto va avanzando por el bombo, 18 boquillas lanzan agua para producir el lavado.

*Datos técnicos:*

- Estructura de perfil con tolva de recogida de agua en acero inoxidable AISI 304.
- Bombo de varillas.
- Tipo boquilla: spray plano. Número de boquillas: 18.
- Movimiento accionado mediante motorreductor.
- Filtro RTV para el filtrado de agua. Conectado con la instalación del despedregador.
- Potencia instalada: 1CV (0,74 Kw).
- Dimensiones: 2.480 x 2.280 x 2.600 mm.
- Tensión: 220/380 V (50 Hz).

## **LAVADORA DE 2 SENOS CON ELEVADOR**

Máquina preparada para realizar el desfangado, lavado y aclarado de productos flotantes y semiflotantes mediante baño en agua, separando por densidad las partes más pesadas, piedras, barro, etc.

### *Datos técnicos:*

- Cuba y armazón general en chapa acero inoxidable AISI 304.
- Cuba de 1.000 mm de ancho con 2 senos.
- Transportador de salida de malla de acero inoxidable, accionado mediante motovariador.
- Sistema de duchas para el aclarado del producto.
- Sistema recirculación de agua con compuerta de nivel, filtro rotativo de 0,5 CV, cuba recogida de agua con rejillas filtrantes y bomba recirculación de 4 CV.
- Dimensiones elevador: 3.500 x 400 mm. (Inclinación 45°)
- Dimensiones totales: 4.400 x 1.080 x 2.600 mm.
- Potencia total instalada 8000W
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **SISTEMA DISTRIBUIDOR A PELADORAS**

Máquina diseñada para realizar la distribución y alimentación a cada una de las peladoras. Permite retener, mediante su sistema pulmón, la cantidad

correspondiente a pelar en cada una de las peladoras, transformando una operación discontinua en continua.

*Datos técnicos:*

- Dimensiones: 3.300 x 500 x 2.300 mm.
- Sistema pulmón compuesto por una tolva de acero inoxidable AISI 304 con apertura mediante cilindro neumático.
- Distribuidor de producto a cada una de las peladoras de forma alternativa.
- Transportador de banda sanitaria para permitir el avance en horizontal de producto. Compuesto por:
  - Estructura general en acero inoxidable AISI 304.
  - Banda sanitaria de PVC.
  - Movimiento accionado mediante motovariador.
- Capacidad: 1.000 Kg/h.
- Potencia total instalada: 0,5 CV.
- Tensión: 220/380 V (50 Hz).

## **PELADORA POR ABRASIÓN**

Máquina de tipo vertical, en las que las patatas entran en contacto con unas superficies de material abrasivo que arrancan la piel.

*Datos técnicos:*

- Capacidad 500 Kg/h.
- Cuerpo principal en acero inoxidable AISI 304.
- Constituida por una cuba con un sistema de abrasión que recorre todo su contorno.
- El fondo de la cuba es giratorio con sistema de palas y se halla recubierto de abrasivo.
- La carga de producto se efectúa por la parte superior y la salida mediante una compuerta lateral neumática.
- Incorpora un cuadro de mandos con temporizador.
- Dimensiones: 1.270 x 1.000 x 2.300 mm.
- Accionamiento por motor eléctrico de 2500W de potencia.

- Tensión: 220/380 (50 Hz).

## **BALSA DE ACUMULACIÓN CON ELEVADOR**

En la balsa de acumulación se depositan las patatas peladas y se desprenden de los restos de piel que puedan llevar. Mediante el elevador se conducen a la mesa de repaso.

### *Datos técnicos:*

- Silo de acumulación con elevador incorporado.
- Movimiento mediante motor eléctrico.
- Puerta de vaciado de balsa.
- Traccionamiento del fondo de la balsa efectuado por el propio elevador.
- Construcción en acero inoxidable AISI 304.
- Transportador de malla de plástico de 400 mm de ancho útil.
- Dimensiones cuba: 3.600 x 1.100 x 1.000 mm.
- Dimensiones elevador: 3.500 x 400 mm. (Inclinación 45°)
- Potencia total instalada: 1000W
- Tensión 220/380V (50Hz).

## **MESA DE REPASO DE RODILLOS**

Máquina diseñada para realizar el repaso del producto sobre un plano horizontal.

### *Datos técnicos:*

- Tramo de selección manual.
- Giro de rodillos mediante motorreductores para una velocidad de transporte de 9m/min.
- Bancada de suplemento para colocación en altura de trabajo, construido con patas de tubo y adaptador de plástico.
- Plataforma de acero inoxidable a ambos lados para la colocación del personal.
- Tolva inferior inclinada para salida del dextrío.
- Tolvas laterales para la caída del dextrío manual hacia la misma tolva general.

- Estructura en acero inoxidable.
- Anchura útil de rodillos de 700 mm.
- Dimensiones: Largo: 5.200 mm  
Anchura: 2.270 mm  
Altura: 2.100 mm
- Potencia: dos motores de 0,5 CV cada uno.
- Tensión: 220/380 V (50Hz).

## **CORTADORA**

Máquina preparada para realizar el corte de producto con textura firme.

La cortadora consta de una serie de cuchillas rotatorias que cortan el alimento que circula bajo ellas. Proporciona un corte liso y de un espesor de lámina entre 1,2 y 2,5 mm.

*Datos técnicos:*

- Modelo URBASA.
- Producción de hasta 2.000 Kg/h.
- Tolva de alimentación de producto.
- Sistema posicionador del mismo.
- Sistema de corte con cuchillas intercambiables.
- Engrase centralizado.
- Estructura de acero inoxidable AISI 304.
- Dimensiones: 1.720 x 1.070 x 1.800 mm.
- Potencia total instalada 3500W
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **MESA VIBRATORIA CON CRIBA**

Máquina destinada a la eliminación de láminas pequeñas y trozos de patata que aparecen después del corte y no son aptos.

*Datos técnicos:*

- Estructura en acero inoxidable AISI 304.
- Potencia instalada: 1,5 CV (1,1 Kw).
- Dimensiones: 2.000 x 600 x 1.200 mm.

- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **DEFECULADORA-ESCALDADORA**

Máquina diseñada para realizar el defeculado y escaldado de las patatas. Está constituida, esencialmente, por una cinta sinfín de malla que transporta el producto en una atmósfera de vapor. El tiempo de permanencia del producto se controla variando la velocidad de la cinta, siendo para este tipo de producto de 3 minutos. El vapor necesario para esta operación procederá de una caldera.

### *Datos técnicos:*

- Cinta sinfín de malla de acero inoxidable AISI 304 para el transporte del producto.
- Contiene válvulas rotativas o cierres hidrostáticos a través de los cuales entra y sale el alimento, reduciéndose así las pérdidas de vapor.
- Movimiento accionado por motorreductor.
- Dimensiones: 4.000 x 1.260 x 1.700 mm.
- Consumo de vapor: 150 Kg/h.
- Capacidad: 2.000 Kg/h.
- Estructura en acero inoxidable AISI 304.
- Potencia instalada: 10000W
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **BALSA DE ENFRIADO CON ELEVADOR**

Máquina diseñada para el enfriado de las patatas.

### *Datos técnicos:*

- Silo de acumulación con elevador incorporado.
- Movimiento mediante motor eléctrico.
- Puerta de vaciado de balsa.
- Traccionamiento del fondo de la balsa efectuado por el propio elevador.

- Construcción en acero inoxidable AISI 304.
- Transportador de malla de plástico de 400 mm de ancho útil.
- Dimensiones elevador: 2.500 x 500 mm. (Inclinación 45°)
- Dimensiones cuba: 2.880 x 880 x 1.000 mm.
- Potencia instalada: 0,55Kw.
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **CINTA TRANSPORTADORA SECADORA**

Máquina en la que se transportan las patatas hacia la freidora, a la vez que se elimina el agua superficial que llevan mediante un equipo secador con ventilador de aire.

### *Datos técnicos:*

- Dimensiones: 1.500 mm de largo y 600 mm de ancho.
- Constará de tres ventiladores de 1 CV cada uno y cinta transportadora de 1 CV.
- Potencia total instalada: 4000W
- Batería inferior de ventilador: en acero inoxidable.
- Estructura de acero inoxidable AISI 304.
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **FREIDORA**

En esta máquina se produce la fritura de las láminas de patatas de forma continua.

### Composición:

1. Grupo de carga
2. Cuba de fritura
3. Vibrador de descarga
4. Intercambiador de calor
5. Tablero eléctrico

La freidora continua está constituida por:

- Tolva de carga del producto a freír de adecuada capacidad, realizada en acero inoxidable AISI 304, provista de un sistema de dos

vibradores que favorece la carga uniforme del producto en la cinta de fritura.

- En la sección final de la cuba de fritura existe un caño por donde sale el aceite.
- Cintas para el movimiento del producto en el interior de la cuba de acero inoxidable. La cinta de fritura lleva el producto a lo largo de la cuba manteniéndolo siempre sumergido en el aceite caliente. Los movimientos de las cintas se realizan por medio de motovariador que permite adecuar el tiempo de fritura.
- Circuito de aceite de fritura realizado con cañerías y juntas de acero inoxidable, completo con bomba de circulación de aceite, y cierres mecánicos realizados con material adecuado a la temperatura de ejercicio.
- Sistema automático para levantar la tapa y el grupo de las cintas facilitando las operaciones de limpieza y mantenimiento.
- Vibrador para la descarga del producto frito constituido por una resistente estructura de acero con tamiz de red de acero inoxidable.
- Tablero eléctrico y protección de utensilios por una sólida estructura de acero esmaltado con dimensiones adecuadas a los componentes instalados, conforme a las normas europeas.

*Datos técnicos:*

- Capacidad de fritura: 300 Kg/h de patatas fritas
- Humedad de las patatas a la entrada = 8-13 %
- Humedad de las patatas a la salida = 1-5 %
- Contenido aceite a la salida = 30-40 %
- Dimensiones: Totales: 3.800 x 1.020 x 1.510 mm.
  - Ancho de cinta de fritura: 700 mm
  - Longitud de la zona de fritura: 2.000 mm
- Potencia eléctrica instalada: 8750W
- Temperatura del aceite de fritura: alrededor de 180°C.
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **VIBRADOR DE ESCURRIDO**



Cinta con movimiento vibratorio donde se elimina el exceso de aceite que llevan las patatas al salir de la freidora.

*Datos técnicos:*

- Construida en perfiles y chapa de acero inoxidable AISI 304.
- Patas regulables en altura.
- Malla entrelazada de polipropileno atóxico para alimentación.
- Bandeja inferior para la recogida del aceite escurrido.
- Motorreductor: 0,4 Kw.
- Velocidad: 28 rpm.
- Dimensiones: largo 2.000 mm y ancho 600 mm.
- Potencia instalada: 1,5 Kw.
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **SAZONADOR**

Consta de una tolva cuyo fondo es una malla que dosifica la sal y/o aromatizantes sobre el vibrador que transporta el producto y al final un tambor giratorio de acero inoxidable.

*Datos técnicos:*

- Tolva de acero inoxidable AISI 304.
- Dimensiones tolva: 820 x 600 x 500 mm.
- Tambor giratorio de acero inoxidable AISI 304.
- Dimensiones tambor: 2.230 x 1.350 x 1.400 mm.
- Capacidad: 500 Kg/h.
- Potencia instalada: 6000W
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **CINTA TRANSPORTADORA**

Destinada a conducir las patatas fritas a la envasadora, produciéndose a su vez el enfriamiento de las mismas.

*Datos técnicos:*

- Construida en perfiles y chapa de acero inoxidable AISI 304.
- Patas regulables en altura.
- Banda sanitaria de PVC.

- Movimiento accionado por motorreductor.
- Dimensiones: largo 2.300 mm x ancho 600 mm.
- Potencia instalada: 0,75 CV (0,55 Kw).
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **ENVASADORA-PESADORA**

Máquina que realiza el pesado de las patatas fritas, la formación de las bolsas a partir de la película flexible enrollada en una bobina, llenado y cerrado de las mismas. La dosificación se realiza mediante un elevador de cangilones que lleva incorporado.

### *Datos técnicos:*

- Pesadora doble y envasadora automática equipada con PLC.
- Formada por elevador de cangilones con llenado y vaciado automático, 1 tubo formador para la medida de la bolsa, una célula fotoeléctrica para el centrado de la bolsa, juego completo de mordazas de soldadura estriada, 2 pesadoras electrónicas incluyendo canales de vibración y ajuste.
- Producción de hasta 2.500 bolsas/h dependiendo del producto.
- Fácil programación y memorización de hasta 8 pesos diferentes.
- Consumo de aire comprimido: 750 l/min a 8-10 bar. La máquina lleva instalado un compresor.
- Todas las zonas en contacto con el producto construidas en acero inoxidable AISI 304.
- Dimensiones: 3.200 x 2.200 x 3.050 mm.
- Potencia instalada: 7000W
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **CINTA TRANSPORTADORA**

Destinada a conducir las bolsas de patatas fritas a la encajadora.

### *Datos técnicos:*

- Construida en perfiles y chapa de acero inoxidable AISI 304.
- Patas regulables en altura.
- Banda sanitaria de PVC.

- Movimiento accionado por motorreductor.
- Dimensiones: largo 1.000 mm x ancho 600 mm.
- Potencia instalada: 0,75 CV (0,55 Kw).
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **ENCAJADORA-PRECINTADORA**

Es una encajadora-precintadora de carga vertical que trabaja automáticamente. Esta máquina realiza simultáneamente el formado de las cajas, el llenado de las mismas y su precintado.

### *Datos técnicos:*

- Construida en acero inoxidable AISI 304.
- Funcionamiento mecánico-neumático. La máquina lleva instalado un compresor.
- Rendimiento: 200 cajas/h.
- Dimensiones: 2.060 x 1.750 x 2.300 mm.
- Potencia instalada: 5000W
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

## **PALETIZADOR**

Máquina encargada de la colocación de las cajas en palets.

### *Datos técnicos:*

- Base móvil con velocidad variable.
- Altura del palet controlada por células fotoeléctricas.
- Altura máxima de paletizado 1.900 mm.
- Capacidad: 200 cajas/h, dependiendo de las medidas y mosaico.
- Peso neto del equipo: 600 Kg.
- Dimensiones: 2.600 x 2.400 x 2.250 mm.
- Potencia instalada: 4000W
- Tensión 220/380 V

## **ENFARDADOR**

Equipo que realiza el embalaje de los palets en plástico retráctil.

Dispone de plataforma con arranque progresivo, paro en posición y variador electrónico de velocidad, carro portabobinas motorizado, fotocélula para la dirección de altura de la carga y panel de mandos electrónico.

*Datos técnicos:*

- Dimensiones: 4.025 x 2.000 x 2.300 mm.
- Dimensiones del plato giratorio: 1.800 mm de diámetro.
- Altura máxima a enfardar: 1.900 mm.
- Rendimiento máximo: 20 enfardados/h.
- Peso neto del equipo: 700 Kg.
- Potencia instalada: 5500W
- Tensión 220/380 V (50 Hz).

### **1.1.5 Normativa**

La realización del proyecto así como su redacción, y la ejecución de las Instalaciones se efectuarán de acuerdo a la normativa que se encuentra vigente.

Reglamento Electrotécnico para baja tensión (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002) e Instrucciones complementarias. Ministerio de Industria y Energía.

- Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de Transformación . 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.
  
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica.

- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre Acometidas Eléctricas. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Además se tendrán en cuenta las normas particulares de la empresa suministradora de energía, en este caso Iberdrola.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- 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.

### **1.1.6 Distribución de los cuadros**

Cuadro general situado a la entrada de la nave en el acceso de entrada de obreros del cual se protegen las líneas a los cuadros secundarios.

Cuadro secundario I, situado en la zona de producción contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan de la maquina 1 a la 13 de la línea 1 y 4 tomas trifasicas.

Cuadro secundario II, situado en la zona de producción contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan de la maquina 14 a la 25 de la línea 1.

Cuadro secundario III, situado en la zona de producción contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan de la maquina 2 a la 13 de la línea 2 y 4 tomas trifasicas.

Cuadro secundario IV, situado en la zona de producción contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan de la maquina 14 a la 25 de la línea 2.

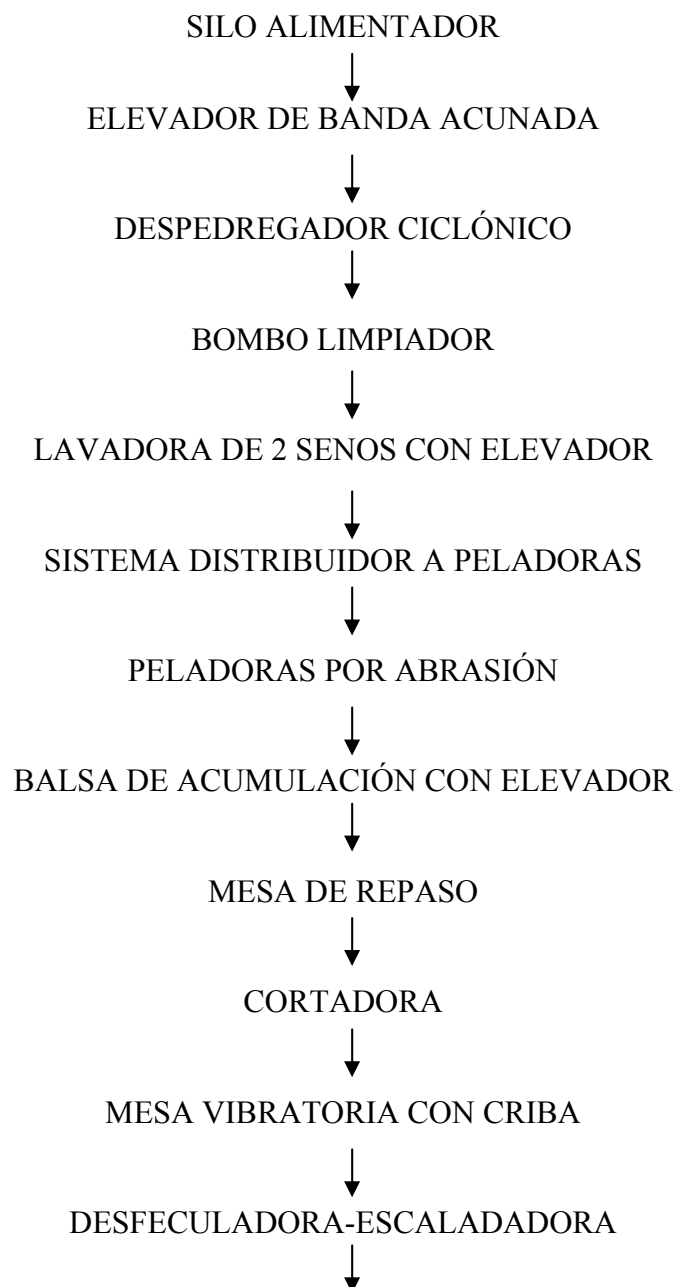
Cuadro oficinas, situado en el hall contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan al alumbrado y las tomas de corriente de todas las oficinas.

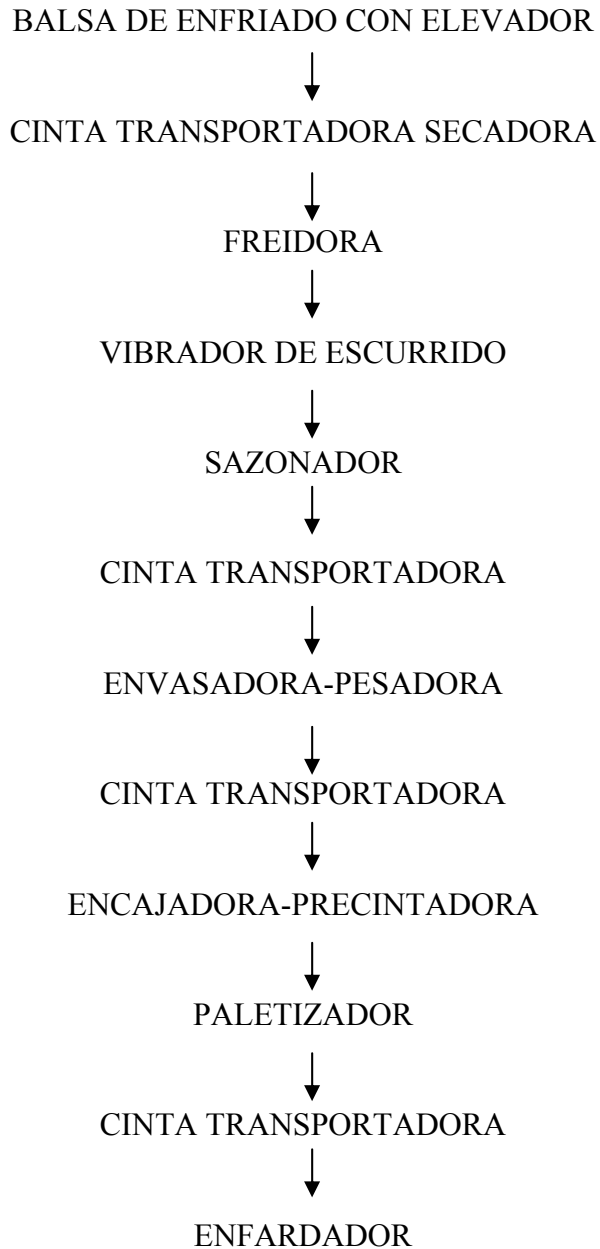
Cuadro de alumbrado de la zona de produccion, situado en la zona de producción contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan el alumbrado de la nave y 4 tomas de fuerza trifásicas.

Cuadro alumbrado exterior y caldera. Este cuadro aparece las protecciones para el alumbrado exterior y la caldera de la empresa

### 1.1.7 Descripción de la actividad

La nave industrial que va a ser objeto de estudio va a ser una empresa dedicada a la fabricación de patatas de aperitivo. La materia prima será comprada y en este caso la empresa no se encargará de su extracción. A continuación se detallan los pasos para la fabricación:





### 1.1.8 Suministro de energía

La empresa encargada del suministro de energía eléctrica será IBERDROLA a una tensión de 13.2 Kv y 50 Hz de frecuencia.

## 1.2 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN (RBT ITC 08)

Los esquemas de distribución son esenciales para determinar las características de las medidas de protección así como de las especificaciones de la aparatenta que vamos a utilizar para tal fin, en la instalación eléctrica de la nave industrial.

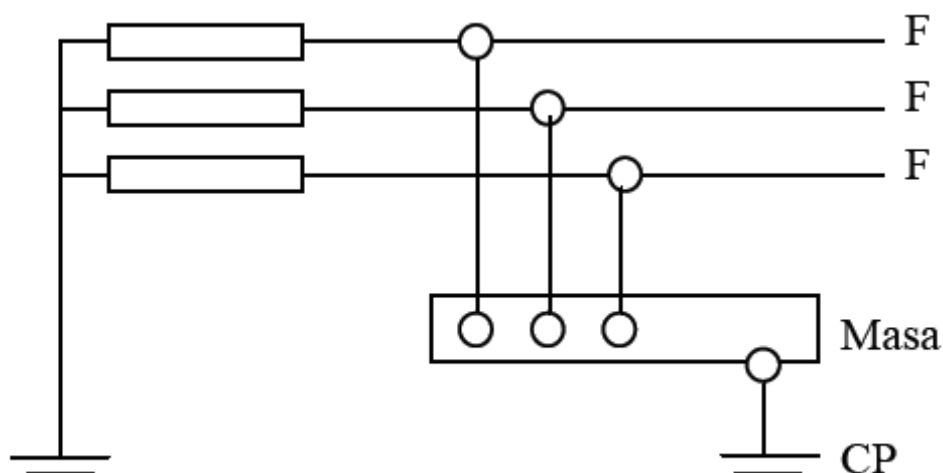
Estas nos protegerán de choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobrecorrientes.

A la hora de elegir el esquema de distribución de nuestra instalación tendremos en cuenta las conexiones a tierra de la red de distribución, así como las masas de la instalación receptora.

A continuación se muestran los distintos esquemas de distribución así como las características que deben reunir los sistemas de protección en función de estos. Existen 3 tipos de esquemas de distribución: TT, IT y TN.

### Esquema TT

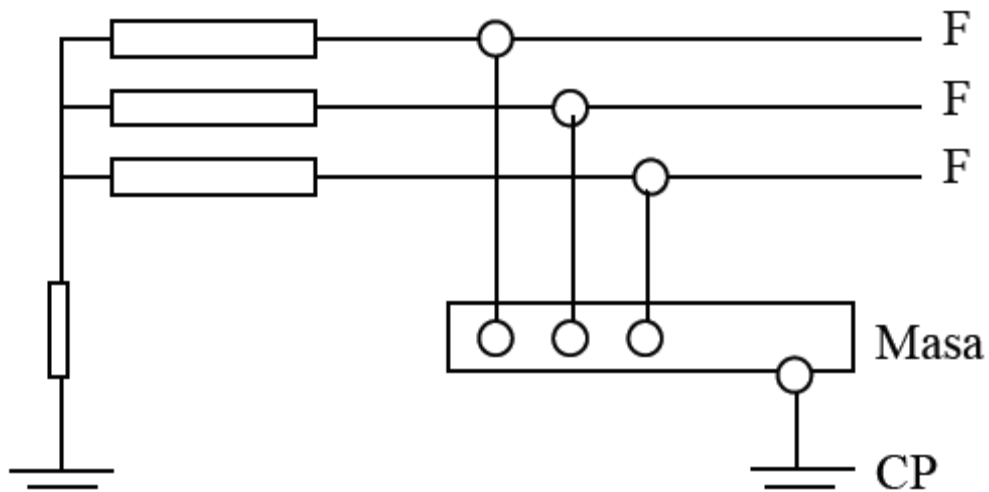
En este tipo de esquemas el neutro se conecta directamente a tierra. Además de esto, las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.



### Esquema IT

El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra (o impedancia elevada). Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra.





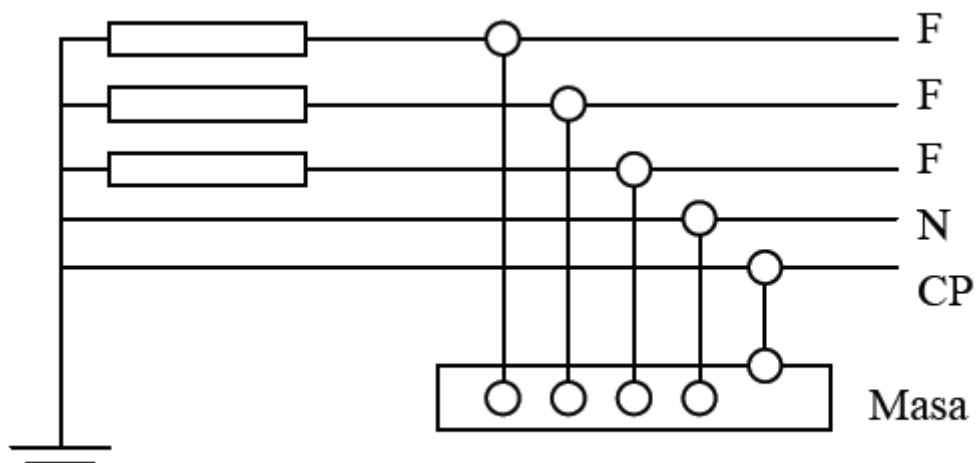
### Esquema TN

Los esquemas TN tienen un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección.

Se distinguen tres tipos de esquemas TN según la disposición relativa del conductor neutro y del conductor de protección. TN-S, TN-C, TN-C-S.

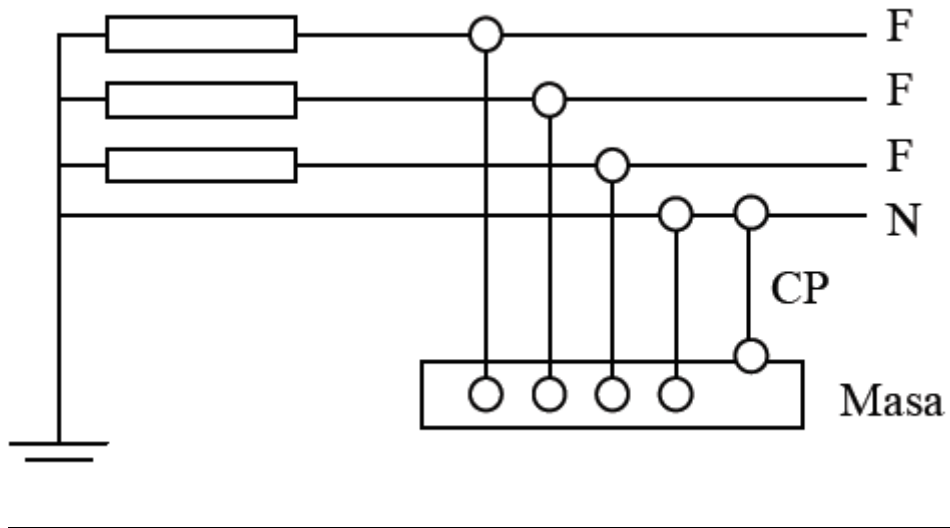
#### TN-S

En el que el conductor neutro y el de protección son distintos en todo el esquema.



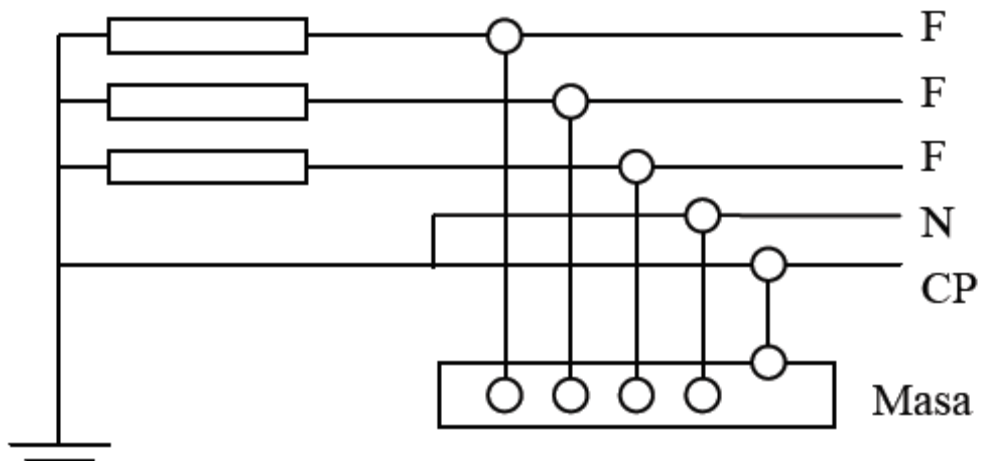
### TN-C

En el que las funciones de neutro y protección están combinadas en un solo conductor en todo el esquema.



### TN-C-S

En el que las funciones de neutro y protección están combinadas en un solo conductor en una parte del esquema.



## ESQUEMA ELEGIDO PARA LA INSTALACIÓN

Tras realizar una breve explicación del tipo de esquemas existentes, voy a proceder a argumentar cual he escogido.

El esquema elegido es el TT debido a que es el más aconsejable para ampliaciones futuras y presenta ventajas en su mantenimiento. Además es el más adecuado en la seguridad contra incendios

El esquema IT es desechado debido a los problemas que plantea a la hora de una futura ampliación.

Por otra parte el esquema TN es muy parecido al TT pero es menos utilizado para este tipo de instalaciones.

### 1.3 ILUMINACIÓN

En una nave industrial es esencial una buena iluminación ya que esta asegura una buena realización de nuestras actividades. En lo que se refiere a la iluminación hay que tener varios factores en cuenta, y no es únicamente importante la cantidad de luz si no también su calidad. Una iluminación es adecuada si una tarea visual puede realizarse sin esfuerzo y con la mayor comodidad posible, además de con la máxima seguridad. En este apartado va a ser clave el confort y el bienestar ambiental general.

Para la iluminación de la nave hay que tener en cuenta la función de la actividad que se va a realizar en cada zona, ya sea la zona de producción o la zona de vestuarios.

Para poder elegir las luminarias necesarias en cada zona, hay que tener en cuenta varios conceptos luminotécnicos que voy describir a continuación:

#### 1.3.1 Conceptos luminotécnicos

**Flujo luminoso:** Energía luminosa emitida por unidad de tiempo. Difiere del flujo radiante, la medida de la potencia total emitida, en que está ajustada para reflejar la sensibilidad del ojo humano a diferentes longitudes de onda. La unidad de flujo luminoso es el lumen (lm).

**Intensidad luminosa:** Flujo luminoso emitido en una dirección dada por unidad de ángulo sólido. Su unidad de medida es la Candela.

**Iluminancia:** La iluminancia (E) es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área. Cuando la unidad de flujo es el lumen y el área esta expresada en metros cuadrados, la unidad de iluminación es el lux (Lx).

**Luminancia:** La luminancia se define como la densidad angular y superficial

de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada. La unidad de la luminancia es ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

**Flujo radiante:** Potencia emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad del flujo radiante es (w). El flujo radiante no tiene que ver con los W de consumo de la lámpara.

**Energía radiante:** La energía emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad de la energía radiante es (Julio).

### 1.3.2 Tipos de lámparas y conceptos técnicos.

#### Lámparas de incandescencia:

**Estándar:** Se hace pasar corriente eléctrica por un filamento (Wolframio). Este se calienta y emite luz. Parte fundamental de este tipo de lámparas es el casquillo y la ampolla de vidrio. Dentro de la ampolla se introduce un 90% de Argón y un 10% de nitrógeno para evitar el desprendimiento de los átomos del Wolframio y así aumentar la vida de la lámpara. Eficacia entre 8-20  $\text{lm}/\text{W}$ . Duración: 1000 h.

**Halógenas:** La diferencia respecto a las estándar es que se introduce dentro de la ampolla halógenos (Yodo o Bromo) además de los gases anteriormente citados. La temperatura aumenta respecto a las estándar y por ello la ampolla es de cuarzo en vez de vidrio. Se aumenta la vida útil de la bombilla y el rendimiento de la luz. 2000 h de duración. 25-30  $\text{lm}/\text{W}$ .

#### Lámparas de descarga:

Carecen de filamento. Se libera energía electromagnética, debido al choque de electrones en los átomos del gas introducido dentro del tubo de descarga y al cambio de nivel de energía de estos (estabilidad).

#### Lámpara fluorescente:

La radiación es ultravioleta y se hace visible gracias al polvo fluorescente que hay en su interior. Eficacia 40-1000  $\text{lm}/\text{W}$ . Duración en torno a 6000-9000 h.

## SOLUCIÓN ADOPTADA.

### 1.3.3 Iluminación interior

En base a estos argumentos, se seleccionan las siguientes lámparas para cada zona:

ZONAS	LUMINARIA	CANTIDAD	POTENCIA LUMINARIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)
Almacén patatas	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	8	428	3424
zona de distribución	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	4	428	1712
Almacén palets	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	6	428	2568
Cuarto de limpieza	Philips FBS 120 1*PLC P18W	1	25,3	25,3
Sala de descanso	Philips FBS 120 1*PLC P18W	6	25,3	151,8
Vestuario femenino	Philips FBS 120 1*PLC P18W	8	25,3	202,4
Laboratorio	Philips TT*150 491 2*TL5 P80W	8	172	1376
Sala de juntas	Philips TBS160 4* TL-D 36	6	144	864
Despacho 3	Philips TBS160 4* TL-D 37	4	144	576
Despacho 2	Philips TBS160 4* TL-D 38	4	144	576
Aseo femenino	Philips FBS 120 1*PLC P18W	1	25,3	25,3
Aseo masculino	Philips FBS 120 1*PLC P18W	1	25,3	25,3
Administración	Philips TBS160 4* TL-D 36	4	144	576
Hall	Philips TT*150 491 2*TL5 P80W	2	172	344
Despacho 1	Philips TBS160 4* TL-D 37	4	144	576
Pasillo 1	Philips TT*150 491 2*TL5 P80W	9	172	1548
Pasillo 2	Philips TT*150 491 2*TL5 P80W	4	172	688
Sala caldera	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	4	428	1712
Taller	Philips TT*150 491 2*TL5 P80W	6	172	1032
Almacén aceite	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	4	428	1712
Almacén sal y aromas	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	4	428	1712
Almacén envases y embalajes	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	6	428	2568
Almacén producto terminado	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	6	428	2568

Sala de produccion	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	67	428	28676
<b>TOTAL</b>				<b>55238,1</b>

### 1.3.4 Iluminación exterior

Luminaria	Numero	Potencia en (w)	Potencia Total (w)
PHILIPS SGS305 1xSON-TPP150W TP FG	29	169	40901

### 1.3.5 Alumbrado de señalización y emergencia

Destinado a iluminar zonas de locales interiores:

- Evacuación:** Ayuda a las personas que se encuentran en el edificio a para que salgan del local en caso de peligro.
- Evitar riesgo de pánico por ausencia de luz.
- Ejecución de un trabajo que se está realizando

TIPOS DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA:

- **Alumbrado de remplazamiento:** Permite la continuidad de la actividad.
- **Alumbrado de seguridad:** Alumbrado de evacuación o de fin de trabajo potencialmente peligroso. Necesario cuando la tensión nominal baja por debajo del 70% de su valor nominal. (Mediante baterías autónomas)
  - Salidas
  - Vías de circulación en el suelo: 1 Lux durante una hora
  - Medidas de protección contra incendios (extintores, bocas incendio, pulsadores de alarma): 5 Lux
- Alumbrado de ambiente o antipático: 0,5 lux. Entre el suelo y 1 metro de altura
- Alumbrado de zonas de alto riesgo: Iluminancia media de 15 Lux o el 10% de los Luxes en alumbrado normal. (Se escoge el mayor de los dos).

Según el reglamento electrotécnico para baja tensión Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002 ITC- 28 es obligatorio situar el alumbrado de seguridad en las siguientes zonas de los locales de pública concurrencia:

- En todos los recintos cuya ocupación sea mayor a 100 personas.

- Recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a uso residencial u hospitalario y los de zonas destinadas a cualquier otro uso que estén previstos para la evacuación de más de 100 personas.
- En los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- En los estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta zonas generales del edificio.
- En los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- En las salidas de emergencia y en las señales de seguridad reglamentarias.
- En todo cambio de dirección de la ruta de evacuación.
- En toda intersección de pasillos con las rutas de evacuación.
- En el exterior del edificio, en la vecindad inmediata a la salida.
- A una distancia inferior a 2 metros (medida horizontalmente) de las escaleras, de manera que cada tramo de escaleras reciba una iluminación directa.
- A una distancia inferior a 2 metros (medida horizontalmente) de cada cambio de nivel.
- A una distancia inferior a 2 metros (medida horizontalmente) de cada equipo manual destinado a la prevención y extinción de incendios.
- En los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas indicadas anteriormente.

### CRITERIO DE UBICACIÓN DE LAS LUMINARIAS DE EMERGENCIA

- En todas las puertas de las salidas de emergencia.
- Cerca de las escaleras para que todos los escalones queden iluminados.
- Para iluminar todas las salidas obligatorias y señales de seguridad.
- Cerca de todos los cambios de dirección.
- Cerca de los equipos de extinción de fuego así como de puntos de alarma.
- Cerca de los puestos de socorro.
- En todos los aseos y servicios.
- Salas de generadores de motores y salas de control.

### PREINCRIPCIÓN DE LOS APARATOS PARA ALUMBRADO DE EMERGENCIA (RBT ITC-28)

- Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia: Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente en la que todos los elementos, tales como batería, lámpara, conjunto de mando y dispositivos de verificación y control están contenidos dentro de la luminaria o a una distancia inferior a 1 metro de ella.
- Luminaria alimentada por fuente central: Luminaria que proporciona alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente y que está alimentada a partir de un sistema de alimentación de emergencia central, es decir, no incorporado a la luminaria.

### TIPO DE LUMINARIA UTILIZADA

- Luminarias permanentes: Son luminarias alimentadas con energía eléctrica permanentemente de manera que se efectúa al unísono un doble alumbramiento normal y de emergencia.
- Luminarias no permanentes: Son luminarias que solo se activan cuando falla la alimentación del alumbrado normal, es decir, cuando se interrumpe o disminuye por debajo del 70% de su valor nominal.
- Luminarias combinadas: Son luminarias que disponen de dos o más lámparas que permiten alimentar parte de ellas con energía eléctrica para el alumbrado de emergencia y la otra parte conectadas al suministro del alumbrado normal, de manera que parte de las lámparas permanecen encendidas en todo momento mientras hay suministro de energía eléctrica al alumbrado normal, y la otra parte solo se encienden cuando falla dicho suministro eléctrico del alumbrado normal.

### **1.3.6 Solución adoptada**

La solución adoptada para el alumbrado de emergencia será la de luminarias autónomas y no permanentes incluyendo la señalización en la misma luminaria. La marca escogida va a ser Legrand.

Alumbrado emergencia.						
ZONAS	Superficie	Iluminación (lm/m <sup>2</sup> )	Flujo necesario	Luminaria	Nº de luminarias	Potencia total (W)
Almacén patatas	217,2	5	1086	Legrand C3 160lm	2	12
zona de distribución	36	5	180	Legrand B65 315lm	2	12
Almacén palets	72	5	360	Legrand B65 315lm	2	12
Cuarto de limpieza	29,35	5	146,75	Legrand C3 160lm	1	6
Sala de descanso	51,65	5	258,25	Legrand C3 160lm	1	6



Vestuario femenino	32	5	160	Legrand C3 70lm	1	6
Laboratorio	31,15	5	155,75	Legrand B65 315lm	1	6
Sala de juntas	32	5	160	Legrand C3 70lm	1	6
Despacho 3	20	5	100	Legrand C3 70lm	2	12
Despacho 2	20	5	100	Legrand C3 70lm	2	12
Aseo femenino	8,7	5	43,5	Legrand B65 315lm	1	6
Aseo masculino	8,7	5	43,5	Legrand B65 315lm	1	6
Administracion	30	5	150	Legrand C3 70lm	1	6
Hall	16	5	80	Legrand C3 70lm	1	6
Despacho 1	30,5	5	152,5	Legrand C3 70lm	2	12
Pasillo 1	49,23	5	246,15	Legrand C3 70lm	1	6
Pasillo 2	44,33	5	221,65	Legrand C3 70lm	1	6
Sala caldera	48	5	240	Legrand C3 160lm	1	6
Taller	56	5	280	Legrand B65 315lm	1	6
Almacen aceite	32	5	160	Legrand B65 315lm	2	12
Almacen sal y aromas	48	5	240	Legrand B65 315lm	2	12
Almacen envases y embalajes	80	5	400	Legrand B65 315lm	2	12
Almacen producto terminado	120	5	600	Legrand B65 315lm	2	12
Sala de produccion	1287	5	6435	Legrand B65 315lm	2	12
<b>TOTAL</b>						<b>210</b>

Potencia total alumbrado de emergencia: 210 W

## 1.4 DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LA INSTALACIÓN.

### 1.4.1 Introducción

La distribución interior de la instalación va a estar formada por las líneas que transcurran desde el centro de transformación hasta los receptores situados en la nave industrial. Puesto que la instalación es de baja tensión se utilizara como indica en el reglamento una corriente alterna normalizada trifásica de 400 V de línea y 230 V de fase.

Para la instalación interior es necesario calcular los conductores que van a alimentar los distintos receptores según distintos criterios. Estos conductores tienen que cumplir determinadas características, tanto eléctricas como mecánicas.

Las características mecánicas se centrarán en la resistencia mecánica, y las eléctricas en evitar un calentamiento excesivo de los conductores y una elevada caída de tensión. Esta caída de tensión se limitará segundo el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

## 1.4.2 Cables

### 1.4.2.1 Factores que determinan la elección de un cable

- Tensión de aislamiento: Máxima tensión que puede soportar un cable antes de que el aislamiento no pierda sus propiedades eléctricas. Si la tensión es mayor a la nominal del cable este se va deteriorando y puede haber riesgo de cortocircuito o electrocución. Siempre se utilizarán cables con una tensión de aislamiento igual o mayor a la tensión nominal de la instalación.
- Intensidad máxima admisible: Valor máximo de corriente que puede soportar un cable. Este valor está relacionado directamente con la temperatura máxima con la que el cable puede trabajar (efecto Joule). Depende de la sección del conductor, del número total de conductores (unipolares o multiconductores), y del tipo de aislamiento. La intensidad que circula tiene que ser siempre menor a la intensidad admisible.
- Caída de tensión: Es sumamente importante que se limite la caída de tensión en un conductor para suministrar al receptor la tensión necesaria de funcionamiento. Esta caída de tensión está acotada por el reglamento.
- Corrientes de cortocircuito: Valor máximo de corriente que puede circular por un cable en un determinado tiempo. Este valor máximo será necesario para calcular las protecciones de la instalación.

### 1.4.2.2 Partes de un cable

- Conductor: Elemento por el cual circula la corriente eléctrica y tiene una sección determinada. Dependiendo del material del conductor este tiene unas características mecánicas u otras y una resistividad determinada. Usualmente los conductores están fabricados de Cobre, Aluminio o Alamelec (mezcla).

- Cobre (20°C):
  - Resistividad:  $0.018\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
  - Conductividad:  $56\text{m}/\Omega\text{mm}^2$
  - Carga de rotura:  $20\text{Kp}/\text{mm}^2$
  - Kp: Kilopondio.

- Aluminio(20°C):      Resistividad: 0.028Ωmm<sup>2</sup>/m  
Conductividad: 35m/Ωmm<sup>2</sup>  
Carga de rotura: 15 Kp/mm<sup>2</sup>
  
- Aislamiento: Materiales plásticos que evitan las fugas de corriente por el cable. El RBT no nos determina el tipo de aislamiento que debemos utilizar, pero Iberdrola nos obliga a trabajar con Polietileno reticulado.
  - Termoplásticos: Se reblandecen con el calor. Como aislante se utiliza el PVC y el Polietileno. La temperatura que puede soportar es menor a los termoestables.
  - Termoestables: No funden al aumentar la temperatura. Son más caros que los termoplásticos. Los más utilizados son el E.P.R (etileno-propileno), el X.L.P.E (Polietileno reticulado) y la goma butílica.
  
- Pantalla: Esta parte no influye en los cálculos eléctricos. La pantalla se utiliza para evitar la influencia de campos eléctricos por si existe una red de comunicación cercana. Se suelen utilizar pantallas de hilos o mallas de cobre, de hoja de aluminio o de plomo.
  
- Armadura: Suele ser de flejes de acero y le confiere al cable resistencia mecánica.
  
- Cubierta: La cubierta se encarga de proteger el aislante. Se fabrica de policloruro de Vinilo (PVC). Si no existe pantalla ni armadura, entre el aislante y la cubierta suele haber una capa de talco para que no se fundan entre si por el calor.

#### **1.4.2.3 Comportamiento de un cable frente al fuego y código de colores**

- No propagadores de la llama: Este tipo de cables mientras existe la llama se quema, pero en el momento que desaparece deja de arder.
- No propagador del incendio: Si el cable está en posición vertical, aunque exista la llama, no propaga el fuego.
- De alta seguridad (AS): No propaga la llama ni el incendio. Los humos que emite son transparentes y sin alógenos. PVC o polietileno especial.
- Alta seguridad aumentada (AST): Además de todo lo anterior son resistentes al fuego, es decir, aunque estén expuestos a una llama aguantan 90 o 120 minutos sin destruirse.

Código de colores de un cable: Es necesario para identificarlo a la hora de hacer una reparación, pero técnicamente sea cual sea su color su composición es la misma.

- Verde-amarillo: Conductor de protección. Conexión a la puesta a tierra de la nave. Solo circulará corriente por el si hay una derivación a tierra.
- Azul: Cable neutro.
- Negro, marrón, gris: Fases.

#### **1.4.2.4 Siglas convencionales de los cables**

Según la tensión de aislamiento:  $U_0/U$

- $U_0$ : Valor eficaz de tensión entre cualquier conductor del cable y tierra.
- $U$ : Valor eficaz de tensiones entre los conductores de fase.

La tensión de aislamiento depende de la instalación pero no es necesaria para calcular el cable pero si para especificarlo.

Para cables menores o iguales a una tensión de aislamiento de 750 V:

Las siglas tienen 3 partes:

Primera parte:

- H: Normas armonizadas. Son cables que se pueden utilizar en toda la comunidad europea. (Son el 99% de los cables).
- A: Cable tipo CENELEC. Otro tipo de normativa vigente.
- ES: Cable nacional
- Tensión de aislamiento:
  - 01: 100/100
  - 03: 300/300
  - 05: 300/500
  - 07: 400/750

Segunda parte:

- Aislamiento:
  - V: PVC.
  - R: XLPE.
  - R: EPR.
  - Z: No propagadores de la llama.
  - Z1: Alta seguridad.
- Cubierta:
  - V: PVC.
  - Z: No propagadores de la llama.
  - Z1: Alta seguridad.
- Construcción
  - H: Cuando se pueden separar los alambres del conductor.
  - H<sub>2</sub>: Cuando no se pueden separar los alambres del conductor.
- Forma: (UNE 21022)
  - E: Conductor flexible.

- H: Conductor extraflexible.
- K: Flexible para instalaciones fijas.
- U: Rígido de conductor unifilar.

Tercera parte: Número total de conductores.

- G: Conductor de protección.
- X: Sin conductor de protección.

Cuarta parte: Sección en mm<sup>2</sup>

EJEMPLO: H 07 ZI K

Un cable no tiene por qué tener todas las partes. En este caso:

H: Norma normalizada

07: Tensión de aislamiento

Z1: Aislamiento de alta seguridad

K: Forma (flexible)

Para cables de una tensión de aislamiento mayor a 750V:

Primera parte:

- Aislamiento
  - V: PVC
  - R: XLPE
  - D: EPR
- Cubierta de separación:
  - Z1: Alta seguridad
  - V: PVC
- Protección metálica:
  - F: Flejes de hierro
  - M: Alambres de acero
  - MA: Alambres de aluminio
- Cubierta:
  - V: PVC
  - Z1: Termoplástico alta seguridad
  - N: Cubiertas de neopreno

Segunda parte:

- Forma del conductor:
  - K: Flexible
  - R: Rígido

Tercera parte: Tensión de aislamiento: U<sub>0/U</sub>. En este caso no hay simplificaciones con números.

Cuarta parte: N<sup>o</sup> de conductores.

- G: Con conductor de protección
- X: Sin conductor de protección

Quinta parte: Sección en mm<sup>2</sup>.

Sexta parte: Naturaleza del conductor

- CU: Cobre.
- Al: Aluminio.

#### 1.4.2.5 Cálculo eléctrico de las líneas

Para el cálculo de líneas hay dos tipos de opciones. Una es el cálculo preliminar y otra el cálculo de comprobación. El cálculo preliminar se utiliza cuando las líneas todavía no están instaladas y el de comprobación cuando se quiere realizar una ampliación de potencia. En este proyecto se utilizará el cálculo preliminar.

Dentro del cálculo preliminar para calcular la sección del cable, se utiliza el criterio térmico y el criterio de caída de tensión.

##### Criterio térmico

Cuando por un conductor circula una determinada corriente, se eleva su temperatura por efecto Joule. Esta temperatura se incrementa de forma directamente proporcional al cuadrado de la corriente que circula por el cable, por lo tanto se puede deteriorar los aislantes o las cubiertas produciendo cortocircuitos o riesgo de choque eléctrico para las personas.

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión nos obliga a no superar una intensidad máxima admisible dependiendo de la sección del conductor en mm<sup>2</sup> y de las propiedades del material por el cual esté formado. (ITC BT 07-ITC BT 19).

Hay que tener en cuenta que a la hora de realizar estos cálculos y utilizar estas tablas hay unos factores de corrección que modifican en resultado de la intensidad máxima admisible para una sección determinada (ITC BT 06-ITC BT 07) en relación a unas condiciones en la instalación diferentes a las condiciones normales. Estos factores de corrección dependen de la temperatura del terreno, de la resistividad térmica del terreno, de la agrupación de cables, o de la profundidad de la instalación, teniendo distinto valor según si la instalación es aérea o subterránea bajo tubo.

Las intensidades de las corrientes eléctricas admisibles en los conductores se regularán dependiendo de las condiciones técnicas de las líneas de distribución y de los sistemas de protección empleados en los mismos.

##### Instalaciones monofásicas

$$I_{CAL} = \frac{P}{V \cdot \cos \phi}$$

$$I'_{CAL} = \frac{I_{cal}}{F_c}$$

##### Instalaciones trifásicas

$$I_{CAL} =$$

$$I'_{CAL} = \frac{I_{cal}}{\gamma_c}$$

Siendo:

V: Tensión nominal de la instalación.

P: Potencia del receptor al cual alimenta el cable.

$I'_{cal}$ : Intensidad calculada con el factor de corrección.

Con este criterio primero calculamos la intensidad para una potencia y tensión determinada, y después según las tablas con las intensidades máximas admisibles elegiremos la sección de cable normalizada para la cual  $I_{cal}' < I_{Max Adm}$ . Por lo tanto la sección que elijamos siempre soportará una intensidad igual o mayor a la intensidad a la cual vaya a trabajar el receptor en condiciones normales de funcionamiento.

#### Criterio de caída de tensión (C.d.t.)

Todo conductor real ofrece una resistencia al paso de corriente produciéndose por lo tanto una caída de tensión. En sumamente importante que el receptor al cual estamos alimentando reciba su tensión nominal para su correcto funcionamiento. Independientemente de la caída de tensión existen otros tipos de fenómenos como el efecto pelicular, dificultad del paso de corriente debido a las variaciones de campo magnético en el conductor o el efecto capacitivo, pero estos son menos importantes debido a que la frecuencia de trabajo a la cual estamos trabajando es de 50 Hz.

Tanto el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión como Iberdrola, nos va a limitar la caída de tensión permitida en el cable. Generalmente esta tiene que ser menor a un 4,5% para alumbrado y un 6,5% para fuerza.

Además Iberdrola según para cada parte de la instalación permite una c.d.t determinada.

#### Instalaciones monofásicas:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\alpha}{C \cdot U} = \frac{2 \cdot L \cdot P}{C \cdot U \cdot V}$$

#### Instalaciones trifásicas:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\alpha}{C \cdot U} = \frac{L \cdot P}{C \cdot U \cdot V}$$

Siendo:

U: caída de tensión en voltios.

L: longitud de la línea en metros.

I: corriente nominal de la línea en Amperios.

$\cos\alpha$ : factor de potencia.

C: conductividad del material del conductor (56 para el Cobre).

V: Tensión nominal.

S: sección del cable en mm<sup>2</sup>.

Con el resultado de este segundo criterio, directamente calculamos la sección en mm<sup>2</sup>. Hay que tener en cuenta que esta sección no está normalizada y se normalizará según las secciones inmediatamente superiores encontradas en las tablas del Reglamento de Baja Tensión.

Es fundamental realizar el cálculo de sección del conductor, tanto por el criterio térmico, como por el de caída de tensión, para luego comparar los dos resultados y si estos son diferentes, siempre escoger la mayor sección de los dos.

Una vez que se ha explicado las partes fundamentales que forman un cable y los métodos de cálculos se van a detallar los tipos que forman una instalación eléctrica, sus secciones y su función.

#### 1.4.2.6 Conductores activos

Son los destinados a la transmisión de la energía eléctrica. Esta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor neutro en corriente alterna.

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio, y serán siempre aislados, exceptuando cuando vayan montados sobre aisladores, tal y como establece el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en la ITC-BT 19.

#### 1.4.2.7 Conductores de protección

Estos conductores sirven para unir las masas de la instalación, es decir, conductores que en condiciones normales no están bajo tensión, con la puesta a tierra.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima, en función de la sección de los conductores de fase de la instalación como se establece a continuación:

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm <sup>2</sup> )	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S (*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

(\*) Con un mínimo de: 2.5 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica

4 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización y no tienen una protección mecánica.

Cuando la sección de los conductores de fase o polares sea superior a 25 mm<sup>2</sup>, se puede admitir para los conductores de protección, unas secciones menores que las que resulten de la aplicación de las tablas pero por lo menos iguales a 16 mm<sup>2</sup>.



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

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia de al menos 3 cm.

Las canalizaciones eléctricas se dispondrán de manera que en cualquier momento se pueda controlar su aislamiento, localizar y separar las partes averiadas y, llegando el caso, remplazar fácilmente los conductores deteriorados.

### **1.4.3 Sistemas de canalización.**

#### **1.4.3.1 Canalizaciones**

Las canalizaciones son una parte fundamental de las instalaciones eléctricas ya que protegen al conductor y proporcionan un camino adecuado para su instalación. Hay distintos tipos de canalizaciones y las voy a describir según la terminología del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

- Canalización amovible: Canalización que puede ser quitada fácilmente.
- Canalización eléctrica: Conjunto constituido por uno o varios conductores eléctricos y los elementos que aseguran su fijación y, en su caso, su protección mecánica.
- Canalización fija: Canalización instalada de forma inamovible, que no puede ser desplazada
- Canalización Movable: Canalización que puede ser desplazada durante su utilización.

En el presente proyecto se va a utilizar una canalización fija. Para ello hay diferentes soluciones como bandejas o tubos. Este tipo de canalización siempre estará protegida contra deterioros mecánicos para evitar la destrucción de los cables.

#### **1.4.3.2 Tubos protectores**

##### Tubos protectores (ITC-BT-21)

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos.

Los tubos se clasifican en:

- Sistemas de tubos rígidos.
- Sistema de tubos curvables.
- Sistema de tubos flexibles.

➤ Sistema de tubos enterrados.

Para evitar el deterioro de los cables o posibles accidentes a los operarios la superficie interior de los tubos no debe tener partes cortantes.

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

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

Tanto el diámetro de los tubos como el número de conductores que deben pasar por cada uno están especificados en las tablas de la ITC mencionada anteriormente del RBT. Este diámetro deberá ser tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados.

El diámetro de los tubos y el número de conductores dependerá del tipo de instalación, que puede ser:

- Tubos en canalizaciones fijas en superficie.
- Tubos en canalizaciones empotradas.
- Canalizaciones aéreas o con tubos al aire.
- Tubos en canalizaciones enterradas.

Prescripciones generales:

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes 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.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50.086 -2-2.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos 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.
- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son

metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- 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.
- Durante la instalación de los conductores para que su aislamiento no pueda ser dañado por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien los bordes estarán convenientemente redondeados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá 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, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- 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.
- Para la colocación de los conductores se seguirá lo señalado en la ITC-BT-20.
- A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas (distribuciones de agua caliente, aparatos y luminarias, procesos de fabricación, absorción del calor del medio circundante, etc.) las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos eficaces:
  - Pantallas de protección calorífuga.
  - Alejamiento suficiente de las fuentes de calor.

- Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir.
- Modificación del material aislante a emplear.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- 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 aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 centímetros.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, las recomendaciones de la tabla 8 y las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de

la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

#### **1.4.4 Receptores**

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc.), teniendo en cuenta los esfuerzos mecánicos previsibles y las condiciones de ventilación, necesarias para que en funcionamiento no pueda producirse ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos. Soportarán la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos en servicio, por ejemplo, polvo, humedad, gases y vapores.

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 sobrecargas, siendo de aplicación, para ello, 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.

Los receptores no deberán, en general, conectarse a instalaciones cuya tensión asignada sea diferente a la indicada en el mismo. Sobre éstos podrá señalarse una única tensión asignada o una gama de tensiones que señale con sus límites inferior o superior las tensiones para su funcionamiento asignadas por el fabricante del aparato.

Los receptores de tensión asignada única, podrán funcionar en relación con ésta, dentro de los límites de variación de tensión admitidos por el Reglamento por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Podrán estar previstos para el cambio de su tensión asignada de alimentación, y cuando este cambio se realice por medio de dispositivos conmutadores, estarán dispuestos de manera que no pueda producirse una modificación accidental de los mismos.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un cable apto para usos móviles, que podrá incorporar una clavija de toma de corriente. 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 efectúa por intermedio de un cable móvil, éste incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los cables en la entrada al aparato estarán protegidos contra los riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materiales aislantes. No se permitirá anudar los cables o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán una longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos a ésta después de que la hayan soportado los conductores de alimentación.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su cable de alimentación alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, los aislamientos y cubierta del cable no serán de material termoplástico.

No se podrán instalar sin consentimiento expreso de la Empresa que suministra la energía, aparatos receptores que produzcan desequilibrios importantes en las distribuciones polifásicas.

En los motores que accionan máquinas de par resistente muy variable y en otros receptores como hornos, aparatos de soldadura y similares, que puedan producir fuertes oscilaciones por la potencia por ellos absorbida, se tomarán medidas oportunas para que la misma no pueda ser mayor del 200 % de la potencia asignada del receptor.

Cuando se compruebe que tales receptores no cumplen la condición indicada, o que producen perturbaciones en la red de distribución de energía de la Empresa distribuidora, ésta podrá, previa autorización del Organismo competente, negar el suministro a tales receptores y solicitar que se instalen los sistemas de corrección apropiados.

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencia inferior a 1, podrán ser compensadas, pero sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

#### **1.4.4.1 Receptores de alumbrado**

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión. La sección nominal total de los conductores de los que la luminaria esta suspendida será tal que la tracción máxima a la que estén sometidos los conductores sea inferior a 15 N/mm<sup>2</sup>.

La tensión asignada de los cables utilizados será como mínimo la tensión de alimentación y nunca inferior a 300/300 V. Además serán de características adecuadas a la utilización prevista, siendo capaces de soportar la temperatura a la que puedan estar sometidas.

Cuando la luminaria tiene la conexión a la red en su interior, es necesario que el cableado externo que penetra en ella tenga el adecuado aislamiento eléctrico y térmico.

Cuando en la misma instalación existan lámparas que han de ser alimentadas a distintas tensiones, se recomienda que los portalámparas respectivos sean diferentes entre sí, según el circuito al que deban ser conectados.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio

rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el 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 de fase.

Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9, y no se admitirá compensación en conjunto de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

#### **1.4.4.2 Receptores tipo motor**

La instalación de los motores debe ser conforme a las prescripciones de la norma UNE 20.460 y las especificaciones aplicables a los locales (o emplazamientos) donde hayan de ser instalados.

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Además no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

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

En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo. Las características de los dispositivos de protección deben estar de acuerdo con las de los motores a proteger y con las condiciones de servicio previstas para estos, debiendo seguirse las indicaciones dadas por el fabricante de los mismos.

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

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

➤ Un solo motor

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % (130% sin son para elevadores) de la intensidad a plena carga del motor. En los motores de rotor devanado, los conductores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque (conductores

secundarios) deben estar dimensionados, asimismo, para el 125 % de la intensidad a plena carga del rotor. Si el motor es para servicio intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección según el tiempo de funcionamiento continuado, pero en ningún caso tendrán una sección inferior a la que corresponde al 85 % de la intensidad a plena carga en el rotor.

#### ➤ Varios motores

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

#### ➤ Carga combinada

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

#### Tomas de corriente:

##### Introducción

Las bases de toma de corriente utilizadas en las instalaciones interiores o receptoras serán de acuerdo a la norma UNE 20315. Sin embargo, las bases de toma de corriente para uso industrial seguirán lo acordado en la Norma UNA 60309.

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

### **1.4.5 Tomas de corriente**

#### **1.4.5.1 Tipos de tomas de corriente**

Las tomas de corriente que se van a colocar en este proyecto serán tanto monofásicas como trifásicas, definiéndolas de la siguiente manera:

- Tomas de corriente monofásicas de 16 A y 230 V (2P+T)
- Tomas de corriente monofásica para equipos informáticos de 16 A y 230 V (2P+T)
- Tomas de corriente trifásicas de 32 A y 400 V (4P+T)

#### **1.4.5.2 Situación de las tomas de corriente.**

Las tomas irán fijadas a las paredes por sus medios convencionales y a una altura de 20cm en todas las zonas de la nave industrial exceptuando el caso de la zona de producción, que las tomas de corriente irán a una altura de 1,6 metros, agrupadas en una caja especial para su fijación, cumpliendo así lo establecido en la ITC-BT-27.



#### 1.4.6 Cálculo de las intensidades de línea.

Los cálculos son básicamente iguales para todas las líneas, por lo tanto se indica el proceso y posteriormente se especifica los cables seleccionados. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Se necesitan los siguientes datos de partida:

- Previsión de potencia de los receptores
- Tipo de receptor ( monofásico o trifásico)
- Factor de potencia de los receptores.
- Longitud de las líneas
- Tensión de las líneas

2. En primer lugar se calcula la intensidad de cada receptor:

Receptor monofásico

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$$

Receptor trifásico

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

Donde:

I: Intensidad en A

P: Previsión de potencia del receptor en W.

V: Tensión de la línea que le suministra en V. En este caso 230/400V.

Cosφ: Factor de potencia del receptor.

Cuando los receptores sean motores la potencia se multiplicará por 1.25. Y en el caso de que una línea alimente a varios motores, la línea se dimensionará para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

En los conductores que suministran corriente a lámparas de descarga, se calculará para una carga total de 1,8 veces la potencia nominal.

Otro elemento a tener en cuenta será el factor de corrección, que depende de la temperatura ambiente, tipo de canalización y número de conductores que se alojan en la misma. Por tanto, cuando las condiciones reales de la instalación sean distintas a las condiciones tipo, la intensidad admisible se deberá corregir aplicando los factores de corrección recogidos en la ITC-BT-06 e ITC-BT-07.

Por tanto, para calcular la intensidad definitiva, ésta se multiplicará por 1,25 o por 1,8 dependiendo si los receptores son motores o lámparas de descarga, y además, se dividirá por el factor de corrección correspondiente.

### 1.4.7. Cálculo de los conductores de baja tensión

1. Una vez conocida la intensidad de cada receptor se hace una elección:

Hay que seleccionar la línea que va a alimentar a cada receptor, de modo que la potencia suministrada por cada uno quede mas o menos repartida por igual en todas las líneas, los receptores alimentados por la misma línea estén cercanos y el tipo de receptores a los que va a alimentar. Ya que no es conveniente alimentar por ejemplo la iluminación de la zona de oficinas con la misma línea que alimenta algún tipo de maquinaria, ya que esto puede provocar picos de corriente que harían altibajos en la intensidad de dicha iluminación. La configuración final de las líneas aparece en los planos.

2. A continuación, también hay que elegir el tipo de conductor que vamos a utilizar y por donde lo vamos a llevar, es decir, los siguientes condicionantes:

- Material del conductor (Aluminio o cobre)
- Tipo de instalación (bajo tubo, al aire, canaleta, bandeja, empotrados...)
- Material aislante (PVC, XLPE)
- Tipo de cable (unipolar, multiconductor)

3. Tras haber tomado la decisión de los puntos 1 y 2, ya se pueden calcular las secciones de los conductores aplicando los siguientes criterios, ya mencionados en este mismo apartado de la memoria:

#### - Criterio térmico:

Se basa en el calentamiento del conductor. Consiste en limitar la densidad de corriente de tal manera que el conductor, no adquiera una temperatura excesiva y acabe quemándose. Es decir, lo que nos limita es la corriente máxima que circula por el conductor. Nos dará la  $I_{max}$  admisible del conductor.

Dependiendo de qué opciones se hayan escogido en el punto 2, se hallará la sección necesaria a partir de las tablas que da el RBT en su ITC-BT-06 si la línea es aérea, ITC-BT-07 si es subterránea o en la ITC-BT-19 si es una instalación interior.

En este proyecto todas las líneas escogidas tienen en común que son cables unipolares de cobre con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE). En el apartado de cálculo viene detallada la canalización de cada línea.

#### - Criterio de caída de tensión:

Se basa en la caída de tensión que se produce desde el punto de suministro de la línea hasta el último punto de carga. Para ellos tendremos que tener en cuenta la caída de tensión máxima permitida por el RBT.

Teniendo en cuenta las condiciones que viene recogidas en el RBT según la ITC-BT-19, las máximas caídas de tensión admisibles serán del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

Por tanto habrá que ver que sección es la adecuada para que la caída de tensión en las líneas no supere esos valores. Según sea la línea trifásica o monofásica tendremos distintas expresiones para calcular las secciones en función de las caídas de tensión, tal y como se ha explicado anteriormente.

#### - Monofásica:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C}$$

- Trifásica:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C}$$

Siendo:

U: caída de tensión en voltios

L: longitud de la línea en metros

I<sub>n</sub>: intensidad nominal de la línea en amperios

Cos φ: factor de potencia

C: conductividad del material del conductor (56 para el cobre)

S: sección del cable en  $mm^2$

4. Una vez calculada la sección de la línea por ambos métodos, se escogerá como resultado la mayor.

5. Para terminar obtenemos la sección del neutro y del cable de protección siguiendo las tablas de la ITC-BT-07 u otras ITC correspondientes. El tipo de instalación y los conductores se detallan, así como la tabla completa de cómo quedan los cables, en el documento cálculos.

#### 1.4.8 Soluciones adoptadas

##### CONDUCTORES

El tipo de conductor utilizado en la nave va a ser de la marca Energy RV-K FOC.

- Denominación Técnica: RV-K
- Norma constructiva y de ensayos: UNE 21123-2
- Conductor: Cu Clase 5 Aislamiento: Polietileno reticulado (XLPE)  
Cubierta: PVC
- Temperatura máxima del conductor: 90 °C en servicio permanente y 250°C en cortocircuito.
- No propagador de la llama UNE-EN 60332-1-2
- Baja emisión de CLH inferior al 14 %
- Aplicación: Distribución de energía B.T. interior y exterior, en instalaciones fijas.

Nº Orden	Descripción	Cantidad (metros)
5.3.1.1	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 300 $mm^2$ Cu	40
5.3.1.2	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 240 $mm^2$ Cu	30
5.3.1.3	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 185 $mm^2$ Cu	15

<b>5.3.1.4</b>	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 95 mm <sup>2</sup> Cu	120
<b>5.3.1.5</b>	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 35 mm <sup>2</sup> Cu	16
<b>5.3.1.6</b>	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 25 mm <sup>2</sup> Cu	89
<b>5.3.1.7</b>	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 16 mm <sup>2</sup> Cu	80
<b>5.3.1.8</b>	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 6 mm <sup>2</sup> Cu	67
<b>5.3.1.9</b>	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 4 mm <sup>2</sup> Cu	5
<b>5.3.1.10</b>	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 2,5 mm <sup>2</sup> Cu	238
<b>5.3.1.11</b>	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 1,5 mm <sup>2</sup> Cu	765
<b>5.3.1.12</b>	Mano de obra y elementos para el montaje	1
<b>SUBTOTAL</b>		

### CANALIZACIONES

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

➤ Línea general de alimentación:

La línea general de alimentación partirá desde el centro de transformación (cuadro de baja tensión) hasta el cuadro general de distribución en el interior de la nave, situado a 30 metros. Irá enterrado a 0.7 m de profundidad. Se realizará una zanja de 40x70cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada. Se llevarán tres fases y neutro, constituida cada una de las fases por tres conductores unipolares de 150 mm<sup>2</sup> y el neutro por tres cables unipolares de 70mm<sup>2</sup>. Los cables de cada fase irán dispuestos en trébol y separada cada terna de cables 2 veces el diámetro del conductor unipolar como mínimo. El diámetro del tubo de la acometida será de 225 mm, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R, de resistencia de aplastamiento 450 N.

➤ Canalización general:

La canalización general de la nave se realizará a través tubos en montaje superficial colocados en la pared o en su defecto en el techo. Se llevará canalizado desde el CGD a los diferentes cuadros auxiliares de la empresa. Cuando las líneas lleguen a donde están situados los cuadros auxiliares, se bajarán mediante tubos metálicos.

➤ Derivaciones:

En la zona de producción, la derivación de esta canalización a las diferentes máquinas se realizará de la misma forma a través de tubos en montaje superficial. Todo el alumbrado, tanto interior, exterior, como el de emergencia y las tomas de corriente irán en tubo grapado al techo.

La canalización se realizará a través de tubos de PVC con distinto diámetro según la sección de los cables que contenta. A continuación incluyo una tabla de los tubos utilizados:

<b>Nº Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (metros)</b>
<b>5.3.2.1</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, $\Phi$ 12 mm	110
<b>5.3.2.2</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, $\Phi$ 16 mm	581
<b>5.3.2.3</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, $\Phi$ 20 mm	161
<b>5.3.2.4</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, $\Phi$ 25 mm	107
<b>5.3.2.5</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, $\Phi$ 32 mm	89
<b>5.3.2.6</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, $\Phi$ 40 mm	46
<b>5.3.2.7</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, $\Phi$ 75 mm	15

## 1.5. PROTECCIONES

Toda instalación eléctrica tiene que estar dotada de una serie de protecciones que la hagan segura, tanto desde el punto de vista de los conductores y los aparatos a ellos conectados, como de las personas que han de trabajar con ella.

### 1.5.1 Clasificación de las protecciones

- Protección de la instalación
  - Contra sobrecargas.
  - Contra cortocircuitos.
  
- Protección de las personas
  - Contra contactos directos.
  - Contra contactos indirectos

### 1.5.2 Protección de la instalación

#### Introducción

Según la ITC-BT 22 del RBT, todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para los sobreintensidades previsibles.

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas

Sobrecarga: Se dice que en un circuito o instalación hay sobrecarga cuando la suma de la potencia de los aparatos que están a él conectados, es superior a la potencia para la cual está diseñado el circuito de la instalación. Al aumentar este consumo de potencia lógicamente aumenta la intensidad nominal de la instalación. El aumento de consumo de intensidad puede deberse también al trabajo de un motor en vacío cuando no puede girar.

Esta intensidad superior a la nominal, no producirá daños en la instalación si su duración es breve. Se comprende que producirá grandes daños si su duración es larga, pues los aparatos receptores y conductores no están preparados para soportar este incremento de temperatura a la que se verán sometidos como consecuencia del incremento de la intensidad. La

consecuencia más directa de la sobrecarga es una elevación de la temperatura, que por otra parte, es la causa principal de los desperfectos que pueda ocasionar la sobrecarga en la instalación.

**Cortocircuitos:** Se denomina cortocircuito al fallo en un aparato o línea eléctrica por el cual la corriente pasa directamente del conductor activo al neutro (o tierra) o circula entre dos fases. Es un defecto de baja impedancia entre dos puntos de potencial diferente y produce arco eléctrico, esfuerzos electrodinámicos y esfuerzos térmicos.

Se diferencia de la sobrecarga en que el incremento de la intensidad en un cortocircuito es muchísimo mayor y en un menor espacio de tiempo. Normalmente las corrientes de cortocircuito son muy elevadas, entre 5 y 20 veces al valor máximo de la corriente de carga en el punto de falta.

Los efectos de un cortocircuito pueden ser diversos, como la degradación de los aislantes, la fundición de los conductores, sobreesfuerzos electrodinámicos o la provocación de un incendio.

Además, puede haber un sobrecalentamiento debido al aumento de pérdidas por efecto Joule, con riesgo de deterioro de los aislantes.

Para la correcta aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 se deberá aplicar lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-22, del RBT.

### **1.5.3 Características generales de los dispositivos de protección**

#### **1.5.3.1 Introducción**

Los dispositivos de protección tienen por finalidad registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosas, así como limitar las sobreintensidades y los defectos de los arcos.

Es necesaria y sumamente importante la selectividad entre protecciones ya que si esta no existe en una nave industrial, puede ocasionar grandes paros de producción y pérdidas de tiempo.

La selectividad es la coordinación de los dispositivos de protección para que un defecto ocurrido en un punto cualquiera de la red, sea eliminado por el dispositivo inmediatamente aguas arriba de este. Un dispositivo de protección se considera selectivo cuando solamente dispara el interruptor inmediatamente anterior al punto defectuoso, tomando como base el sentido de flujo de la energía.

Otro término importante en la coordinación de protección es la filiación. La filiación es la posibilidad de disminuir el poder de corte de una protección si hay otra inmediatamente aguas arriba de ella con otro poder de corte superior. De esta forma abarataremos la instalación sin correr ningún riesgo. Las características de filiación y los distintos poderes de corte a utilizar, es una información detallada por el fabricante de la protección.

Los dispositivos que se instalen para proteger un circuito se colocarán en el origen de los mismos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistemas de ejecución o tipo de conductores utilizados.

### 1.5.3.2 Características comunes en los dispositivos de protección contra sobrecargas

- Calibre: Intensidad de referencia o nominal

$I_n < I_{adm}$ : En el caso de llegar a pasar la  $I_{adm}$  la protección saltará y protegerá al circuito que este aguas debajo de esta.

$I_n < I_{cal}$ : Si no fuese así la protección saltaría constantemente de forma inadecuada.

Por lo tanto:  $I_{cal} < I_n < I_{adm}$

- Curvas de funcionamiento: Mediante las curvas de funcionamiento determinaremos el tiempo que necesita la protección para saltar, dependiendo si es sobrecarga puntual (bimetal) y baja o si es un cortocircuito o sobrecarga elevada (circuito magnético). Estas curvas serán proporcionadas por el fabricante.

➤

- Poder de corte: Máxima corriente que puede soportar la protección. Cuando se abre la protección se crea un arco en el que la intensidad es mucho mayor a la intensidad nominal de la protección. Si esta intensidad es muy elevada puede destruir las patillas de la protección o fundirlas. Si se funden la protección no abrirá con el peligro que conlleva al no cumplir su función. Cada circuito en su posición puede tener un distinto poder de corte. Este poder depende de todos los elementos que se encuentren aguas arriba de la protección.

Poder de corte normalizados:

- Magnetotérmicos (KA): 3,4,5,6,10,22,25,35,50,70,100
- Fusibles (KA): 50 ó 100.

### 1.5.4 Conceptos básicos

Interruptor diferencial: Dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las derivaciones causadas por la falta de aislamiento entre los conductores y tierra o masa de los aparatos. Consta de dos bobinas, colocadas en serie con los conductores de alimentación de corriente y que producen campos magnéticos opuestos y un núcleo o armadura que mediante un dispositivo mecánico adecuado puede accionar unos contactos. Dicho interruptor provocará la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.

Conductor eléctrico: se dice que un cuerpo es conductor eléctrico cuando puesto en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite



esta a todos los puntos de su superficie. Generalmente suelen ser hilos de cobre.

Interruptor automático: Es un aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales, así como de establecer y soportar durante un tiempo corrientes de cortocircuito.

El interruptor automático consta de:

- Cámara de extinción: absorbe el arco que se produce al abrir y cerrar los contactos.
- Mecanismo de apertura y cierre: lo que hace es abrir y cerrar el contacto.
- Disparadores: mandan abrir este mecanismo de apertura.

Disparadores primarios:

- Térmicos: Verifica si se produce una sobrecarga.
- Electromagnéticos: para verificar cortocircuitos. A partir de 125 amperios, el disparador es regulable.

Disparador secundario:

Siempre está conectado a un contacto auxiliar que está alimentado a una fuente de alimentación. Este disparador también se puede utilizar para el rearme de automático, además de una determinada condición que nosotros hayamos impuesto.

Interruptor magnetotérmico: Es un pequeño interruptor automático. Tiene las mismas partes que un interruptor automático excepto que no tienen disparadores secundarios. Además tampoco son regulables. Es el elemento responsable del corte de la corriente con el fin de protegernos.

Es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger frente a las intensidades excesivas, producidas como consecuencia de cortocircuitos o por el excesivo número de elementos de consumo conectados a ellas. Para su funcionamiento, los interruptores magnetotérmicos aprovechan dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica por un circuito, el magnético y el térmico. El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie por las que circula la corriente que va a hacia la carga.

Fusibles: Es un aparato de conexión que provoca la apertura del circuito por fusión debido al calentamiento de uno o varios elementos destinados a ese fin.

### **1.5.5 Protección contra sobrecargas**

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortocircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

Los dispositivos de protección, deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que esta

pueda provocar calentamiento que afecte al aislamiento, las conexiones, los terminales, o el medio ambiente.

Debe instalarse un dispositivo que asegure la protección contra las sobrecargas en los lugares en que un cambio trae consigo una reducción del valor de la corriente admisible de los conductores, por ejemplo, un cambio de sección, de naturaleza, de modo de instalación.

### 1.5.6 Protección contra cortocircuitos

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omipolar.

Los dispositivos de protección deben ser previstos para interrumpir toda la corriente del cortocircuito en los conductores, antes que esta pueda causar daños como consecuencia de los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

Su poder de ruptura debe ser por lo menos, igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto en el que se encuentra instalado. Puede admitirse un dispositivo de poder de ruptura inferior al previsto, a condición de que por el lado de la alimentación se instale otro dispositivo con el poder de ruptura necesario.

El tiempo de ruptura de toda corriente resultante de un cortocircuito producido en un punto cualquiera del circuito no debe ser superior al tiempo que se requiera para llevar la temperatura de los conductores al límite admisible.

### 1.5.7 Cálculo de las impedancias

Para el cálculo de las impedancias hay que tener en cuenta que despreciamos la impedancia interna del generador. Además realizaremos simplificaciones diferenciando dos grupos: Elemento resistivo puro (R) o elemento inductivo puro o reactancia (X).

El método consiste en descomponer la red en trozos y en calcular para cada uno de ellos los valores de R y de X. Después se suman aritméticamente por separados.

$$Z_t = X_{aBT} + X_{tBT} + \Sigma R_L + X_{Aut}$$

$$Z_t = \Sigma R_L + (X_{aBT} + X_{tBT} + X_{Aut}) * j$$

Siendo:

$Z_t$ : Impedancia directa o total del circuito.

$X_{aBT}$ : Impedancia de la línea referida a baja tensión.

$X_{tBT}$ : Impedancia interna del transformador referido a baja tensión.

$\Sigma R_L$ : Suma de las impedancias de las líneas.

$X_{Aut}$ : Impedancias de los automatismos.

➤ Impedancia de la línea ( $Z_a$ ):

$$Z_a = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

Siendo  $S_{cc}$  la potencia de cortocircuito y nos la proporciona la distribuidora. Para una red de media tensión Iberdrola nos da una potencia de cortocircuito de 500Mva.

Como estamos calculando antes del transformador, tenemos que trabajar en media tensión  $U = 13,2$  Kv

$$Z_a^2 = R_a^2 + X_a^2$$

$$X_a = \sqrt{Z_a^2 - R_a^2}$$

$$\frac{X_a}{Z_a} = \sqrt{1 - \left(\frac{R_a}{Z_a}\right)^2}$$

$$R_a = 0,98 * Z_a$$

Siendo:

$Z_a$ : Impedancia de la línea.

$R_a$ : Componente resistiva de la línea.

$X_a$ : componente inductiva de la línea.

Como se ha demostrado podemos hacer la siguiente simplificación:

$$Z_a \approx X_a$$

Por lo tanto la impedancia de la línea va a ser una componente inductiva.

Para pasar esta componente a baja tensión utilizaremos la relación de transformación del transformador:

$$Z_{BT} = Z_{AT} * \left(\frac{U_{BT}}{U_{AT}}\right)^2$$

Siendo:

$Z_{BT}$ : Impedancia en baja tensión.

$Z_{AT}$ : Impedancia en alta tensión.

$U_{BT}$ : Lado de baja tensión del transformador.

$U_{AT}$ : Lado de alta tensión del transformador.

➤ Impedancia interna del transformador:

$$Z_t = U_{cc} * U * \frac{U}{S_n} = U_{cc} * \frac{U^2}{S_n}$$

$U_{cc}$  es la tensión nominal aplicada en el lado de baja (cuando se realiza en ensayo de cortocircuito del transformador) hasta conseguir la intensidad nominal por el secundario del transformador.

$S_n$  es la potencia aparente del transformador:

- $S_n \leq 630 \text{ Kvas}$                        $U_{cc} = 4 \%$
- $S_n = 800 \text{ Kvas}$                          $U_{cc} = 4,5\%$
- $S_n = 1000 \text{ Kvas}$                        $U_{cc} = 5\%$

Para el caso de la impedancia interna del transformador realizamos la siguiente simplificación:

$$Z_t = X_t$$

$$X_t = \frac{U_{cc} \cdot U^*}{S_n} \cdot J$$

Para no tener que referenciar el cálculo de la inductancia del transformador a alta tensión, tomaremos como valor de  $U=400 \text{ V}$ . De esta manera estará calculado directamente en el lado de baja tensión.

- Impedancia de los conductores:

$$R_L = \rho \frac{L}{S}$$

Siendo  $\rho$  la resistividad a  $20^\circ\text{C}$ . Esta depende del material del conductor:

$$\rho_{\text{Cu}} (20^\circ\text{C}): 0.01724 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\rho_{\text{Al}} (20^\circ\text{C}): 0.028264 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

- Impedancia de los automatismos: Protecciones, relés...

La impedancia de los automatismos va a tener parte inductiva.  $X_a$   
 Valor medio de la impedancia de los automatismos:  $0,15 \text{ m}\Omega \text{ j}$

$$X_a = N^\circ \text{ de automatismos} \cdot 0,15 \text{ m}\Omega \text{ j}$$

Para modificar el valor de las impedancias de las líneas modificando la temperatura normal de funcionamiento de la instalación se realizará mediante la siguiente expresión.

Siendo

$\Delta t$ : PVC:  $(160^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$ .

XLPE, EPR:  $(250 - 20^\circ\text{C})$ .

$\alpha$ :  $4 \cdot 10^{-3}$  para el cobre y el aluminio.

Independientemente de la modificación de las impedancias de los conductores a la hora de calcular  $I_{ccf}$ , también es importante cerciorarse del que el número de conductores aumenta ya que estamos en la parte final de la instalación.

➤ Impedancia directa nueva ( $Z_{dnueva}$ )

Con el objetivo de determinar la curva del interruptor magnetotérmico, se procede a calcular la nueva impedancia directa. Para ello se debe tener en cuenta la  $Z_d$  de la línea más desfavorable, es decir, también hay que tener en cuenta las impedancias aguas abajo.

Otra novedad es que para calcular la nueva  $Z_L$ , hay que calcularlo a temperatura de cortocircuito ( $250^\circ\text{C}$ ). Para ellos se hace la siguiente transposición:

$$Z_{L250^\circ} = Z_{L20^\circ} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Siendo:

$$\alpha: 4 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta T: 250^\circ - 20^\circ = 230^\circ$$

Por tanto:

$$Z_{dnueva} = Z_a + Z_T + Z_{L250^\circ} + Z_{aut}$$

➤ Impedancia homopolar

En este caso también se calcula la impedancia al final de la línea:

$$Z_o = Z_{ao} + Z_{To} + Z_{Lo} + Z_{auto}$$

Siendo:

$$Z_{ao} = 0$$

$$Z_{To} = Z_T$$

$$Z_{Lo} = 3 \times Z_{L250^\circ}$$

$$Z_{auto} = 3 \times Z_{aut}$$

### 1.5.8 Proceso de cálculo de las protecciones

➤ Interruptores automáticos:

Calibre:  $I_{cal} < 1,45 I_n < I_{adm}$

El valor de 1,45 se utiliza de forma estándar para asegurarnos que a partir de  $I_n \cdot 1,45$  la protección va a saltar. Esto es debido a que los interruptores automáticos tienen un rango de espera y si no utilizásemos esta constante no nos aseguraríamos que la protección fuese a actuar una vez superada la  $I_n$ .

Los calibres normalizados de calibres (en amperios) son los siguientes:

6, 10, 16, 20, 25, 30, 32, 40, 50, 63, 70, 80, 100, 125, 160, 250 y 400

Poder de corte (Pdc): Como norma:  $Pdc < Iccp$

Los poderes de corte normalizados (en  $K_A$ ) son los siguientes:  
3, 5, 6, 10, 22, 25, 35, 50, 70, 100

Curvas de disparo: Representada por la intensidad de magnetización

Tipo B →  $I_{mag} = 5 I_n$

Tipo C →  $I_{mag} = 10 I_n$

Tipo D →  $I_{mag} = 20 I_n$

Todas las protecciones cortarán como máximo a los 0,1 segundos desde que le manda el disparador.

Por lo tanto es imprescindible que se cumpla la siguiente condición:

$$T_{ccmin} = \frac{Cc \cdot s^2 \cdot \Delta t}{Iccf^2} > 0,1 \text{ Seg}$$

$$T_{desconexión} = 0,1 \text{ seg.}$$

En caso de no cumplirse será necesario aumentar la sección.

La curva de disparo se elige atendiendo a la siguiente norma:

$$I_{mag} < I_{ccf}$$

Las curvas de tipo B se suelen elegir para circuitos de gran longitud.

Las curvas de tipo C se suelen elegir para receptores de tomas de corriente, alumbrado y pequeños electrodomésticos (en viviendas).

Las curvas de tipo D se suelen elegir para motores.

Coordinación entre protecciones: Como se ha explicado anteriormente está la filiación y la selectividad.

Hay dos tipos de selectividad:

- Selectividad amperimétrica: Se realiza mediante las curvas térmicas y magnéticas de las protecciones.
- Selectividad cronométrica: Se realiza con regulación automática de las protecciones haciéndolas saltar una respecto a la otra de forma temporal.
- Fusibles: Al igual que los interruptores automáticos, protegen a la instalación contra las sobrecargas (sobrecarga o cortocircuito). La diferencia radica en que no se pueden rearmar, si actúa se queman y hay que cambiar el cartucho. Además en los fusibles los tiempos de desconexión son mucho más altos que en los interruptores automáticos.

Existen dos tipos de fusibles:

- Tipo NH: Alto poder de corte. 6 A a 1000A. Dependiendo del tamaño del fusible se clasifican por números: 0,1,2,3,4  
Dependiendo de su utilización existen dos tipos de letra

### Primera letra (Minúscula)

- g: De uso general: Corta a In hasta Pdc.
- a: De acompañamiento: Corta a 3ó4 In hasta Pdc.

### Segunda letra (Mayúscula)

- G o L: Para cables.
  - M: Para maniobra o mando de motores.
  - R: Para semiconductores.
  - B: Para minería.
  - Tr: Para transformadores.
- Tipo D ó DO: Utilizados para menores intensidades
- D: 2 a 100A. V=500V
  - DO: 100 A. V=400V

### Curva de un fusible:

Existen en el mercado tres tipos, dependiendo de lo rápido que funde.

- gf (Fast): Funde en un segundo cuando  $I = 2.5 I_f$

Siendo  $I_f$  la intensidad de fusión.

Este tipo de fusibles se utilizan generalmente en circuitos de alumbrado y en cables aislados (interiores).

- gt: Funde en un segundo cuando  $I = 5 I_f$
- gm: Funde en un segundo cuando  $I = 8 I_f$ .

### Calibre:

$$I_{cal} \leq I_{n_{fusible}}$$

Si la intensidad nominal fuese mayor a la intensidad calculada este fundiría en funcionamiento normal.

$$C_{FF} * I_N < I_{adm}$$

$$C_{FF} * I_N = I_F$$

### Siendo:

$C_{FF}$ : Coeficiente de fusión del fusible = 1,6

$I_N$ : Intensidad nominal del fusible.

$I_F$ : Intensidad de fusión

Dentro del calibre de los fusibles, hay otro término muy importante, que viene determinado por laboratorio, que es la intensidad de fusión del fusible a los 5 segundos dependiendo de la intensidad nominal del fusible.

Su abreviatura es  $I_{F5}$

Se da este dato, ya que 5 segundos es el tiempo estimado máximo que una instalación eléctrica puede soportar una corriente de cortocircuito antes de quemarse, como ya está explicado anteriormente. Sus valores nominales en A son:

$I_n$	$I_{F5}$	$I_n$	$I_{F5}$
2	12	32	180
4	22	40	220
6	28	50	280

8	36	63	350
10	50	80	460
12	70	100	600
16	90	125	800
20	110	160	1000
25	140	200	1300
		250	1700

#### Poder de corte (Pdc):

$$Pdc > I_{ccp}$$

Siendo  $I_{ccp}$  la intensidad de cortocircuito máxima (Corriente de cortocircuito en el origen de la línea).

El poder de corte en los fusibles está normalizado con dos valores en  $K_A$ , 50 y 100.

#### Comprobaciones de los fusibles:

$$1) I_{cc5} > I_{F5}$$

Siendo  $I_{cc5}$  la corriente de a los 5 segundos.

De esta manera nos cercioramos de que el fusible protege al conductor.

$$I_{cc5} = \sqrt{\frac{Ce \cdot S^2 \cdot \Delta t}{5}}$$

$$2) \text{Tiempo máximo que el fusible es capaz de soportar la intensidad de cortocircuito final (Tficcf)}$$

Para que la instalación esté protegida el tiempo máximo que el conductor es capaz de soportar la corriente de cortocircuito final, tiene que ser mayor al tiempo máximo que el fusible es capaz de soportar la intensidad de cortocircuito final.

$$T_{ccmin} < T_{ficcf}$$

$$T_{ficcf} = \frac{5 \cdot I_{F5}^2}{I_{ccf}^2}$$

Siendo:

$T_{ccmin}$  = Tiempo máximo que el conductor es capaz de soportar la intensidad de cortocircuito final.

$I_{ccf}$  = Intensidad de cortocircuito final.



Recordamos que  $T_{ccmin} = \frac{Cc \cdot s^2 \cdot \Delta t}{I_{ccf}^2}$  y que

$$I_{ccf} = \text{EMBED Equation.3}$$

3) Longitud máxima del conductor que es capaz de proteger el fusible:

$$L_{\text{máx}} = \frac{0,8 \cdot U_f}{2 \cdot I_{f5} \cdot \sqrt{\left(\frac{1,5}{K \cdot S \cdot n}\right)^2 \cdot \left(\frac{X_u}{n \cdot 1000}\right)^2}}$$

Siendo:

S= Sección en mm<sup>2</sup>

K= conductividad

n= Número de conductores por fase

Xu= Reactancia por unidad de longitud  $\frac{\Omega \cdot m}{m}$

### 1.5.9 Protección de las personas

Siempre que existan entre dos puntos una diferencia de potencial y un elemento conductor que los une entre si, se establecerá una corriente eléctrica entre ellos. La circulación de la corriente por las personas se puede producir:

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

Se han realizado diversos estudios para determinar con exactitud los valores peligrosos de intensidad y tiempo, trazándose de esta forma curvas limites de tiempo-corriente para diferentes grados de peligrosidad. En general, valores inferiores a 30mA se ha comprobado que no son peligrosos para el hombre, así como tiempos inferiores a 30ms. 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.

El RBT fija según la ITC-24 estos valores:

- 24 V para locales o emplazamientos húmedos
- 50 V en los demás casos.

El grado de peligrosidad de la corriente eléctrica para la persona que pueda establecer contacto directo o indirecto dependerá de factores fisiológicos, e incluso de su estado concreto en el momento del contacto; sin embargo, al margen de ello, a nivel general, se puede decir que depende del valor de la corriente que pasa por el y de la duración de la misma.

### 1.5.10 Cuadros eléctricos

#### Introducción

En el cuadro eléctrico es donde se protegen cada uno de los distintos circuitos de la instalación. En él se instalan los dispositivos generales e individuales de mando y protección. Es importante tener en cuenta que tras un fallo en una parte de la instalación no se puede parar toda la producción de la nave industrial. Para ello se hará un estudio del diseño de la selectividad de protecciones. La selectividad es la cualidad de los sistemas de protección eléctrica por la cual su accionamiento debe suprimir de servicio solo a la zona de la red afectada por la falta o en su defecto, la menor parte posible. Además, la instalación eléctrica contará con un cuadro general de distribución y a partir de este, varios cuadros secundarios.

Desde los cuadros generales pueden salir líneas que alimentan directamente a los receptores o si no líneas generales de distribución que conectarán los cuadros secundarios. Desde estos cuadros secundarios se distribuirán distintos circuitos de alimentación. En la nave industrial habrá circuitos distintos para partes de la instalación que vayan a controlarse de forma separada como alumbrado, tomas de corriente, maquinaria, etc.

En los circuitos interiores se deberá:

- Instalar uno o varios interruptores diferenciales con una sensibilidad máxima de 30 mA salvo en aquellos que la continuidad de suministro sea fundamental en los cuales esta sensibilidad aumentará a 300 Ma.
- Se utilizará un diferencial exclusivamente para un solo receptor si se prevé que este puede hacer actuar al diferencial de forma frecuente. De esta manera evitaremos la desconexión de otra parte de la instalación.
- Los circuitos para el alumbrado de seguridad podrán conectarse al alumbrado normal siempre y cuando haya un interruptor manual que permita desconectar el alumbrado normal sin desconectar el de emergencia.
- En zonas donde haya alumbrado en las cuales se frecuente el paso o estancia de personas se distribuirán los circuitos de tal forma que el fallo en una luminaria no afecte a más de la tercera parte de las luminarias instaladas.
- Es importante equilibrar la carga en las fases de un circuito para que esta quede repartida y se eviten sobrecargas.

Los cuadros deben instalarse en una zona donde no tenga acceso el público y junto o sobre él se instalarán los dispositivos de mando y protección. Los cuadros eléctricos deben dotarse de los siguientes dispositivos de protección y mando:

- Interruptor general automático de corte omnipolar que pueda ser accionado y que este dotado de elementos de protección contra sobrecargas y sobretensiones, además de protección diferencial.
- Interruptor de control de potencia (ICP). Su instalación no suele ser necesaria en una nave industrial.
- Dispositivos de corte omnipolar destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones.

Los dispositivos utilizados para la protección de los circuitos, cumplirán en general una serie de condiciones:

- Deberán ser capaces de soportar la influencia de los agentes exteriores a los cuales estén sometidos, presentando el grado de protección adecuado.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido contruidos.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.
- Los interruptores automáticos llevarán marcada su intensidad y tensión nominal, 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.

## 1.6 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.

En lo que a este tema se refiere, se va a consultar en la ITC-BT-18

### **1.6.1 Objeto de las puestas a tierra.**

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Cuando otras instrucciones técnicas prescriban como obligatoria la puesta a tierra de algún elemento o parte de la instalación, dichas puestas a tierra se regirán por el contenido de la presente instrucción.

La denominación 'puesta a tierra', comprende toda la ligazón metálica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta, o la de descargas de origen atmosférico.

Por estas razones, se recomienda realizar las instalaciones de puesta a tierra por que la corriente siempre busca el camino mas fácil por donde poder pasar, y al llegar a tierra se disipa por esta, si se tiene una resistividad muy baja en el terreno donde se realizo la instalación.

El paso de estas corrientes a tierra, crea una distribución de potencial tanto en el conductor, como en el terreno, por lo que los objetivos de un sistema de puesta a tierra serán los siguientes:

- Mantener una diferencia de voltaje baja entre las diferentes estructuras metálicas con lo que se busca reguardar al personal de cualquier choque eléctrico. Proteger las instalaciones, equipos y bienes en general, al facilitar y garantizar la correcta operación de los dispositivos de protección.
  - Establecer la permanencia, de un potencial de referencia, al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo condiciones normales de operación.
  - Evitar incendio provocados por materiales volátiles o las combustión de gases al proveer un camino efectivo y seguro para la circulación de las corrientes de falla y descargas atmosféricas y estáticas y así eliminar los arcos y elevadas temperaturas en los equipos eléctricos, que pueden provocar incendios.
  - Mejorar calidad del servicio.
  - Disipar la corriente asociada a descargas atmosféricas y limitar las sobre tensiones generadas.
- Dispersar las cargas estáticas a tierra.

### **1.6.2 Definición**

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora

no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

### 1.6.3 Conceptos generales

Con el objetivo de entender el lenguaje de un sistema de puesta a tierra, se definen a continuación los conceptos más esenciales que se deben conocer.

➤ Conductor de puesta a tierra:

Es aquel conductor de un circuito que se conecta a tierra intencionalmente. Este conductor garantiza la conexión física entre las partes metálicas expuestas a algún fallo y la tierra. Por medio de este conductor circula la corriente no deseada hacia la tierra.

➤ Puente de unión:

Este puente es un conductor que nos sirve para proporcionar la conductividad eléctrica entre partes de metal que requieren ser conectadas eléctricamente.

➤ Red de tierra:

Es la porción metálica subterránea que lleva hacia la tierra todo flujo de corriente no deseado. Esta red se puede componer de varias mallas interconectadas.

➤ Resistencia de tierra:

Es la resistencia que nos ofrece el terreno hacia la corriente en un sistema de puesta a tierra, esta resistencia depende de la resistividad del terreno y área de los conductores.

➤ Toma de tierra:

La toma de tierra es el elemento de unión entre el terreno y el circuito instalado en el interior del edificio.

➤ Resistividad del terreno:

Es la propiedad del terreno que se opone al paso de la corriente eléctrica, la resistividad varía de acuerdo a las características del terreno.

➤ Sistema de tierra:

Son varios conductores desnudos que se interconectan con una o varias mallas o electrodos enterrados.

➤ Diferencia entre el neutro y tierra:

La diferencia entre estos dos elementos es que el neutro se usa como regreso de la línea de alimentación, es decir, es por donde pasa la corriente de regreso a los postes de suministro eléctrico.

Por otro lado la conexión a tierra, es la conexión que se usa para que circule la corriente no deseada o descargas eléctricas hacia tierra para evitar que dañen a equipos eléctricos, electrónicos e incluso a personas, es decir, es la conexión que se utiliza para la protección personal y de los equipos contra sobretensiones o descargas eléctricas de cualquier tipo.

### **1.6.5 Terreno**

El terreno, desde el punto de vista eléctrico, se considera como el elemento encargado de disipar corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

En la resistividad del terreno influyen varios factores que pueden variarla, entre los más importantes se encuentran: naturaleza del terreno, humedad, temperatura, salinidad, estratigrafía, compactación y las variaciones estacionales.

<b>Naturaleza terreno</b>	<b>Resistividad en Ohm.m</b>
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.000
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

### 1.6.6 Tomas de tierra independientes.

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

### 1.6.7 Línea principal de tierra

Las líneas principales de tierra estarán formadas, por conductores que partirán del punto de puesta a tierra y a las cuales estarán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas generalmente a través de los conductores de protección.

Serán de cobre y se dimensionarán con la máxima corriente de falta que se prevé, siendo como mínimo de 16 mm<sup>2</sup> de sección.

Su tendido se hará buscando los caminos más cortos y evitando los cambios bruscos de dirección. Se evitará someterlos a desgastes mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y los 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.

### 1.6.8 Derivaciones de las líneas principales de tierra.

Las derivaciones de las líneas de tierra estarán constituidas, por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas. Serán de cobre o de otro metal de elevado punto de fusión.

### 1.6.9 Conductores de protección.

Son los conductores de cobre, encargados de unir eléctricamente las masas de una instalación y de los aparatos eléctricos, con las derivaciones de la línea principal de tierra, con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

El dimensionamiento de estos conductores, viene dado en función de la sección del conductor de fase de la instalación que protege, según la ITC-BT 18.

#### **1.6.10 Elementos a conectar a tierra.**

Una vez realizada la toma de tierra del edificio, deberemos conectar 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:

- La instalación de pararrayos.
- La instalación de antena colectiva de TV y FM.
- Los enchufes eléctricos y las masas metálicas comprendidas en los aseos y baños.
- Las estructuras metálicas y armaduras de muros y soportes de hormigón.
- Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.

#### **1.6.11 Tipos de tierra**

En las instalaciones eléctricas hay dos tipos de tierras diferenciadas y obligatorias:

- Tierra de protección
- Tierra de servicio

#### **1.6.12 Tierra de protección**

En él se conectan todos los elementos metálicos de la instalación que no están normalmente en tensión. Estos elementos suelen ser:

- Celdas metálicas.
- Carcasas de los transformadores de la celda de medida.
- Envolvertes (tanto locales independientes como de otros usos)
- Rejillas de ventilación
- Puertas de entrada

La tierra de protección normalmente es cuadrada. El anillo exterior puede ir con picas o sin ellas.

La configuración de la tierra de protección suele ser:

Geometría / profundidad / nº de picas x longitud de picas

#### **1.6.13 Tierra de Servicio**



Se coloca el neutro del transformador. En el caso de celda de medida los transformadores de tensión e intensidad el neutro también está conectado a esta tierra.

La configuración es totalmente diferente a la tierra de protección. En vez de ser cuadrada es una línea (tirada de cable) colocada a una determinada profundidad.

La configuración de la tierra de servicio suele ser:

Profundidad / nº de picas x longitud de picas

#### 1.6.14 Cálculo de las puestas a tierra

Estos son los pasos que se deben dar a la hora de calcular una puesta a tierra:

- 1) Resistencia de la puesta a tierra  $R_t$ :

$$R_t = K_r * \rho < 37 \Omega.$$

Siendo

$K_r$ : Coeficiente de resistencia de puesta a tierra. Varía dependiendo de la configuración de la puesta a tierra elegida.

$\rho$ : Resistencia en ohmios del terreno.

Como norma Unesa la  $R_t$  debe ser menor a  $37 \Omega$ .

- 2) Tensión de defecto  $U_d$ :

$$U_d = R_t * I_d \leq 10.000 \text{ V}$$

Siendo:

$R_t$ : Resistencia de la puesta a tierra calculada en el anterior caso

$I_d$ : Depende de la puesta a tierra de la subestación y es un dato que nos proporciona la compañía eléctrica. Normalmente suele tener un valor de 300 A.

Si  $U_d$  nos diese mayor a 10.000 voltios solo tenemos la opción de disminuir  $R_t$ . Para ello habría que modificar el valor de  $K_r$ .

- 3) Cálculo de la tensión de paso máxima: Es la máxima tensión que puede aparecer entre los pies de una persona, separados un metro, al circular la máxima corriente de falla a tierra desde un electrodo.

$$V_{p_{\text{máx}}} = K_p * \rho * I_d$$

- 4) Cálculo de la tensión de paso admisible:

$$V_{p_{adm}} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \left( 1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right)$$

K, n: Constantes del reglamento de centrales e instalaciones. Su valor depende del tiempo de desconexión f (t). Si  $t \leq 0,9$ :  $K=72$  y  $n=1$ .

5) Se tiene que cumplir que:

$$V_{p_{m\acute{a}x}} \leq V_{p_{adm}}$$

6) Tensión de paso máxima en el acceso:

$$V_{p_{accm\acute{a}x}} = K_c \cdot \rho \cdot I_d$$

7) Tensión de paso en el acceso admisible:

$$V_{p_{accadm}} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \left[ 1 + \frac{3\rho + 3\rho'}{1000} \right]$$

Siendo:

$\rho'$ : Resistividad del hormigón de la solera del centro de transformación = 3000 ( $\Omega \cdot m$ ).

8) Se tiene que cumplir que:

$$V_{p_{accm\acute{a}x}} \leq V_{p_{accadm}}$$

### 1.6.15 Solución adoptada

El electrodo de puesta a tierra está formado por un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> desnudo y enterrado a una profundidad de 0.8 m. El conductor abarca todo el perímetro de la nave en el que se encuentren los cuadros secundarios, 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 3, y toda la red estará unida en 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 borne 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 nave, tomas de corriente y maquinaria).

Los conductores de tierra se distinguen fácilmente de los conductores activos por el color amarillo-verde.

## 1.7 POTENCIA A COMPENSAR

La potencia total activa es de:

$$P=317680,97 \text{ w}$$

La potencia total aparente es de:

$$S= 370531,28 \text{ VA}$$

Por lo tanto, la potencia total reactiva consumida será:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = 190715,06 \text{Var}$$

Se quiere conseguir un  $\cos\alpha$  cercano a 1, con  $\cos\alpha' = 0,98$ .

$$Q' = P \cdot \text{tg } \alpha' = 104416,68 \text{ var}$$

Por lo que la potencia a compensar sería de:

$$Q - Q' = 86298,37 \text{Var}$$

Esta potencia será la que tenga que suministrar la batería de condensadores, puesto que se ha elegido compensación automática. Se elegirá una batería de condensadores que pueda llegar a suministrar una energía reactiva mayor de 126659,33 Var. El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una baterías de condensadores. Una de 130 KVAr con escalones de 10+6+20 Cisar, que se colocará en el lado del cuadro general de baja tensión.

Las baterías automáticas elegidas tienen una serie de características:

- Tensión asignada: 400 V, trifásicos 50 Hz.
- Grado de protección IP31-IK05
- Auto transformador 400/230 V, integrado.
- Protección contra contactos directos IP2X(puerta abierta)
- Normas: IEC 60439-1 y 2, EN 60439-1

## 1.8 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 1.8.1 Parámetros

➤ Emplazamiento:

- De intemperie o exterior: El centro de transformación va colocado sobre un poste y no está protegido. Son centros de transformación de pequeña potencia. Se suele utilizar para un consumo puntual en baja tensión donde no hay instalación. (normalmente en zonas rurales). Su S máxima no es de 50 Kvas. Cada vez su eso es menor.
- De interiores: En este tipo de emplazamiento el centro de transformación (CT) puede ser de superficie, enterrado o semienterrado. La diferencia entre estos tres es el impacto visual. Los enterrados se suelen utilizar en urbanizaciones.
- Interior en edificio de otros usos: El CT se coloca dentro de un edificio o local. Se utilizan para actividades en las cuales interesa comprar la energía en media tensión (edificios de pública concurrencia como hoteles, universidades...).

➤ Disposición constructiva:

- Abiertos: No hay separación entre elementos y son totalmente accesibles. Obsoletos. Iberdrola no permite su instalación.
- Celdas metálicas prefabricadas: Los elementos van en una caja metálica. Elementos independientes. Se utiliza en el 90% de los casos.
- Compacta: Todos los elementos están colocados dentro de una misma celda. Se utiliza en zonas privadas donde hay escasez de espacio.

➤ Conexión del CT con la línea de media tensión:

- En simple derivación o en antena. (línea ramificada)
- En anillo.
- En doble derivación.

➤ Utilización del centro de transformación:

- Distribución:
  - Compañía: Se utiliza para varios usuarios y tienen que cumplir la normativa del distribuidor.
  - Abonado: La propiedad del centro de transformación es del cliente y no de la compañía distribuidora. Este tipo de distribución se utiliza cuando se compra la energía en media tensión

➤ Régimen del neutro:

- Régimen TT, TN: Neutro a tierra.
- Régimen IT: Neutro aislado respecto a tierra.

## 1.8.2 Componentes del CT

➤ Básicos:

- Aparata de media tensión
- Transformador
- Cuadro de baja tensión:

- CT Distribución.
- CT Abonado.

➤ No básicos:

- Ventilación:
  - Natural
  - Forzada
- Alumbrado
- Tomas de corriente en baja tensión
- Elementos de seguridad
  - Banquetas aislantes
  - Pértigas
  - Normas de utilización

### **1.8.3 Aparamenta en media tensión.**

➤ Celdas metálicas:

- Celdas de línea: Se utilizan para a entrada y salida de cable de MT. Habrá tantas celdas de línea como como cables de MT entren y salgan.

➤ Interruptor para seccionar la línea de MT

➤ Celda de protección:

- Interruptor seccionador + fusible: (Ruptofusible)
- Interruptor seccionador + magneto-Disyuntor

➤ Celda de seccionamiento: Compuesta por un interruptor seccionado o de corte.

➤ Celda de remonte: Se utiliza para elevar el cable de MT.

➤ Celda de medida: Necesaria para el CT de abonado.

#### 1.8.4 Transformador

➤ Potencia nominal de los transformadores (Kvas):

25, 50, 100, 160, 250, 400, 630, 800, 1000, 1250.

▪ Factores para determinar la potencia del transformador:

- Potencia instalada
- Coeficiente de utilización  $K_u$
- Coeficiente de simultaneidad  $K_s$

$$P_{total} = P_{instalada} * K_u * K_s$$

La potencia nominal del transformador se puede dimensionar para futuras ampliaciones. El sobredimensionamiento habitual suele estar en torno a un 30%

$$S = \frac{1,3 * P}{0,9}$$

La potencia del transformador no supone un coste ya que la Aparata es la misma.

➤ Relación de transformación:

La relación de transformación habitual de los transformadores es:

MT / BT

- MT: Es de 13,2 Kv aunque por normativa cambiará a 20 Kv. Es aconsejable utilizar un transformador de doble devanado para cambiar en un futuro la tensión de entrada del transformador a 20 Kv.
- BT: Es de 400 V o 420 V para compensar las pérdidas en la salida.

➤ Tensión de cortocircuito ( $V_{cc}$ ):

- 4%
- 2%

➤ Frecuencia: 50 Hz.

➤ Grupo de conexión: En función de la potencia nominal del transformador.

- $S < 160$  Kvas →  $Yzn_{11}$ :
  - Estrella
  - Zigzag (secundario)

- Neutro accesible
- $S > 160 \text{ Kvas} \rightarrow \Delta_{yn} 11$ :
  - Triángulo
  - Estrella
  - Neutro accesible
- Construcción interna del transformador:
  - Aislante del circuito magnético:
    - Baño de aceite: Cuba completa y depósito de expansión.
    - Aislante seco (resinas).
  - Protecciones del transformador:
    - Relé Bucholz: Controla las descargas eléctricas de la cuba de aceite. Estas descargas hacen que el aceite hierva. Si la temperatura es muy elevada el relé desconecta el transformador.
    - Termómetro: Adosado a la cuba, mide la temperatura del aceite
    - Termoresistencias: Para transformadores secos.
    - Bloque de protección: Flotador que determina la cantidad de aceite en la cuba. El aceite se reduce con el uso del transformador. Si baja de un mínimo permitido el transformador se desconecta.

### 1.8.5 Cálculo del centro de transformación

- Intensidad en media tensión:

$$I_{\text{nom}_{\text{primario}}} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_{L1}}$$

Siendo  $V_{L1}$  la tensión de línea del primario.

- Intensidad en baja tensión:

$$Inom_{\text{secundario}} = \frac{Sn}{\sqrt{3} \cdot VL2}$$

- **Envolvente. Ventilación necesaria:** El parámetro fundamental es el caudal de aire dentro de la zona donde se encuentra el transformador para de esta manera garantizar la renovación. Este caudal necesario depende de las pérdidas del transformador (que estarán especificadas en sus características) y que son las de vacío y las de plena carga.

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = \frac{Pp}{1,16 \cdot \Delta\sigma}$$

Siendo:

Pp: Pérdidas del transformador.

$\Delta\sigma$  : Variación máxima de temperatura. (El valor medio se estima en 15 °C).

En el apartado de la ventilación también hay un cálculo importante y es la superficie de la rejilla de ventilación Sr.

$$Sr \text{ (m}^2\text{)} = \frac{Q}{Vs}$$

Siendo:

Vs: Velocidad de salida del aire en m/s.

Para calcular la velocidad media de salida es necesario saber la diferencia de alturas entre la rejilla de entrada y de salida (h):

$$Vs = \frac{\sqrt{h}}{\Delta\sigma}$$

### 1.8.6 Solución adoptada CT

El centro de transformación esta ubicado en un edificio prefabricado situado en la parte trasera-lateral de la nave industrial, destinado exclusivamente a su uso. El acceso al CT se hará mediante dos puertas frontales que se han construido en dicho edificio prefabricado.

#### 1.8.6.2 Características generales del CT

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo exterior, y dadas las características de ubicación de la parcela en la que se emplaza la nave, la empresa suministradora, clasifica el centro de transformación objeto de estudio como



centro de transformación de abonado. Será necesaria una caseta o edificio prefabricado de obra civil.

El centro de transformación seleccionado será del tipo prefabricado, fabricante ORMAZABAL, modelo PFU-4/20. Empleando para su paralaje celdas bajo envolvente metálica según la norma UNE-20.099-90 de la misma marca ORMAZABAL.

La acometida del mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de MT, y el suministro de energía se efectuara a una tensión de servicio de 13.2 KV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la compañía eléctrica suministradora IBERDROLA.

Los tipos generales de equipos de media tensión empleados en este proyecto son CGMCOSMOS (Celdas modulares de aislamiento y corte en gas, extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas)



<b>Naturaleza del terreno</b>	<b>Valor medio de la resistividad Ohm.m</b>
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Placa enterrada	$R = 0,8 r / P$
Pica vertical	$R = r / L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 r / L$
<p>r, resistividad del terreno (Ohm.m)  P, perímetro de la placa (m)  L, longitud de la pica o del conductor (m)</p>	





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

## CÁLCULOS

Asier Anton Rodriguez  
Jose Javier Crespo Ganuza  
Abril 2014

<b>2.1 CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS:</b> .....	<b>5</b>
2.1.1 Cálculo iluminación interior.....	6
2.1.2 Cálculo iluminación exterior:.....	6
2.1.3 Cálculo de la iluminación de emergencia.....	6
<b>2.2 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA</b> .....	<b>7</b>
2.2.1 Método de cálculo.....	7
2.2.2.1 Cuadro secundario I.....	8
2.2.2.2 Cuadro secundario II.....	9
2.2.2.3 Cuadro secundario III.....	9
2.2.2.4 Cuadro secundario IV.....	10
2.2.2.5 Cuadro oficinas.....	11
2.2.2.6 Cuadro de alumbrado y caldera.....	11
2.2.2.7 Cuadro alumbrado nave.....	11
2.2.2.8 Cuadro general.....	12
2.2.3 Cálculo de la potencia del transformador.....	12
<b>2.3 CÁLCULOS DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN</b> .....	<b>12</b>
2.3.1 Introducción.....	12
2.3.2 Acometida BT. Transformador – C.G.D.....	13
2.3.3 Cuadro general de distribución y cuadros auxiliares.....	15
2.3.3.1 Cuadro general de distribución.....	15
2.3.3.2 Cuadro secundario I.....	15
2.3.3.3 Cuadro sec II.....	16
2.3.3.4 Cuadro secc III.....	16
2.3.3.5 Cuadro secc IV.....	17
2.3.3.6 Cuadro oficinas.....	17
2.3.3.7 Cuadro de alumbrado y caldera.....	18
2.3.3.8 Cuadro alumbrado nave.....	18
<b>2.4 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO</b> .....	<b>19</b>
2.4.1 Introducción.....	19
2.4.2 Cálculo de la Icc (intensidad de cortocircuito) en el secundario del transformador:.....	19
2.4.3. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el cuadro general de distribución.....	21
2.4.4. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en los cuadros auxiliares.....	21
2.4.4.2 Cuadro general de distribución.....	22
2.4.4.3 Cuadro sec I.....	22
2.4.4.4 Cuadro secundario II.....	23
2.4.4.5 Cuadro secc III.....	23
2.4.4.6 Cuadro secc IV.....	24
2.4.4.7 Cuadro oficina.....	24
2.4.4.8 Cuadro alumbrado y caldera.....	25
2.4.4.9 Cuadro alumbrado nave.....	25
<b>2.5 CÁLCULO DE CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FP...</b> .....	<b>25</b>
2.5.1. Batería de condensadores para la instalación:.....	25
2.5.1.1 Cuadro secundario I.....	26
2.5.1.2 Cuadro secundario II.....	26

<b>2.5.1.3 Cuadro secc III.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5.1.4 Cuadro secc IV.....</b>	<b>28</b>
<b>2.5.1.5 Cuadro oficinas.....</b>	<b>28</b>
2.5.1.6 Cuadro alumbrado y caldera.....	28
2.5.1.7 Cuadro alumbrado nave.....	28
<b>2.5.2 Cálculo del conductor de unión de la batería .....</b>	<b>29</b>
<b>2.5.3. Cálculo de la protección de la batería.....</b>	<b>30</b>



<b>2.6 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA .....</b>	<b>30</b>
<b>2.6.1 Investigación del terreno.....</b>	<b>30</b>
<b>2.6.2 Resistencia de las picas.....</b>	<b>31</b>
<b>2.6.3 Resistencia de tierra del conductor de cobre enterrado .....</b>	<b>31</b>
<b>2.6.4 Resistencia a tierra total de la instalación .....</b>	<b>31</b>
<b>2.6.5 Sección del cable de tierra y conductor de protección .....</b>	<b>32</b>
<b>2.6.6 Punto de puesta a tierra .....</b>	<b>32</b>
<b>2.7. CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....</b>	<b>32</b>
<b>2.7.1. Intensidad en alta tensión .....</b>	<b>32</b>
<b>2.7.2. Intensidad en baja tensión .....</b>	<b>32</b>
<b>2.7.3. Cortocircuitos .....</b>	<b>33</b>
<b>2.7.3.1. Introducción .....</b>	<b>33</b>
<b>2.7.3.2. Corrientes de cortocircuito .....</b>	<b>33</b>
<b>2.7.3.3. Conexión celdas- transformador .....</b>	<b>33</b>
<b>2.7.3.4. Conexión del secundario del transformador al cuadro BT .....</b>	<b>33</b>
<b>2.7.4 Iluminación CT .....</b>	<b>34</b>
<b>2.7.4.1. Luminarias de emergencia y señalización CT .....</b>	<b>34</b>
<b>2.7.5. Dimensionamiento de la ventilación del Centro de Transformación .....</b>	<b>35</b>
<b>2.7.6 Dimensiones del pozo apagafuegos .....</b>	<b>36</b>
<b>2.7.7 Cálculo de la instalación de puesta a tierra.....</b>	<b>37</b>
<b>2.7.7.1Introducción .....</b>	<b>37</b>
<b>2.7.7.2 Tierra de protección .....</b>	<b>37</b>
<b>2.7.7.3 Resistencia de la tierra de protección .....</b>	<b>38</b>
<b>2.7.7.4 Tierra de servicio .....</b>	<b>40</b>

## **2.1 CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS:**

### **2.1.1Cálculo iluminación interior**

El cálculo de la iluminación interior se ha realizado con el programa Dialux. Este potente programa se encarga de distribuir las luminarias necesarias según las dimensiones de la zona iluminar y del nivel de iluminancia exigido.

A la vez el programa nos dará información de la uniformidad, índice de deslumbramiento, luxes etc. Estas hojas de cálculo se encuentran en el anexo correspondiente.

Tabla alumbrado interior de la nave:

ZONAS	LUMINARIA	CANTIDAD	POTENCIA LUMINARIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)
Almacen patatas	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	8	428	3424
zona de distribucion	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	4	428	1712
Almacen palets	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	6	428	2568
Cuarto de limpieza	Philips FBS 120 1*PLC P18W	1	25,3	25,3
Sala de descanso	Philips FBS 120 1*PLC P18W	6	25,3	151,8
Vestuario femenino	Philips FBS 120 1*PLC P18W	8	25,3	202,4
Laboratorio	Philips TT*150 491 2*TL5 P80W	8	172	1376
Sala de juntas	Philips TBS160 4* TL-D 36	6	144	864
Despacho 3	Philips TBS160 4* TL-D 37	4	144	576
Despacho 2	Philips TBS160 4* TL-D 38	4	144	576
Aseo femenino	Philips FBS 120 1*PLC P18W	1	25,3	25,3
Aseo masculino	Philips FBS 120 1*PLC P18W	1	25,3	25,3
Administracion	Philips TBS160 4* TL-D 36	4	144	576
Hall	Philips TT*150 491 2*TL5 P80W	2	172	344
Despacho 1	Philips TBS160 4* TL-D 37	4	144	576
Pasillo 1	Philips TT*150 491 2*TL5 P80W	9	172	1548
Pasillo 2	Philips TT*150 491 2*TL5 P80W	4	172	688
Sala caldera	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	4	428	1712
Taller	Philips TT*150 491 2*TL5 P80W	6	172	1032
Almacen aceite	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	4	428	1712
Almacen sal y aromas	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	4	428	1712
Almacen envases y	Philips HPK238 1* HP1 -	6	428	2568

embalajes	P400w-Bus			
Almacen producto terminado	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	6	428	2568
Sala de produccion	Philips HPK238 1* HP1 - P400w-Bus	67	428	28676
<b>TOTAL</b>				<b>55238,1</b>

Las luminarias se han obtenido del catálogo de philips. La potencia total para el alumbrado interior es de 55238,1 W.

### 2.1.2 Cálculo iluminación exterior:

Para la iluminación exterior se han utilizado 29 luminarias especiales para este caso, distribuidas alrededor del perímetro de la nave de 169 W cada una, siendo una potencia total de 4901 W

Luminaria	Numero	Potencia en (w)	Potencia Total (w)
PHILIPS SGS305 1xSON-TPP150W TP FG	29	169	4901

### 2.1.3 Cálculo de la iluminación de emergencia.

Para calcular el alumbrado de emergencia se ha tenido en cuenta que es necesaria una iluminación media de  $5 \text{ lm/m}^2$  en toda la nave cuando el alumbrado general falle, para de esta manera poder evacuar a los trabajadores en caso de que sea necesario.

El alumbrado de emergencia estará situado encima de los marcos de las puertas a una altura respecto al suelo de 2.5m en la zona de vestuarios y oficinas en planta baja , y de 3.5m en la zona de producción y almacenamiento.

Las luminarias de emergencia elegidas se consideran luminarias autónomas, no permanentes con señalización y son de la marca . LEGRAND

Alumbrado emergencia.							
ZONAS	Superficie	Iluminacion (lm/m <sup>2</sup> )	Flujo necesario	Flujo por aparato	Luminaria	Nº de luminarias	Potencia total (W)
Almacen patatas	217,2	5	1086	500	Legrand C3	3	18
zona de	36	5	180	120	Legrand	2	12

distribucion					d B65		
Almacen palets	72	5	360	120	Legrand B65	3	18
Cuarto de limpieza	29,35	5	146,75	500	Legrand C3	1	6
Sala de descanso	51,65	5	258,25	500	Legrand C3	1	6
Vestuario femenino	32	5	160	120	Legrand C3	2	12
Laboratorio	31,15	5	155,75	120	Legrand B65	2	12
Sala de juntas	32	5	160	120	Legrand C3	2	12
Despacho 3	20	5	100	120	Legrand C3	1	6
Despacho 2	20	5	100	120	Legrand C3	1	6
Aseo femenino	8,7	5	43,5	120	Legrand B65	1	6
Aseo masculino	8,7	5	43,5	120	Legrand B65	1	6
Administracion	30	5	150	120	Legrand C3	2	12
Hall	16	5	80	120	Legrand C3	1	6
Despacho 1	30,5	5	152,5	120	Legrand C3	2	12
Pasillo 1	49,23	5	246,15	120	Legrand C3	3	18
Pasillo 2	44,33	5	221,65	120	Legrand C3	2	12
Sala caldera	48	5	240	500	Legrand C3	1	6
Taller	56	5	280	500	Legrand C3	1	6
Almacen aceite	32	5	160	500	Legrand C3	1	6
Almacen sal y aromas	48	5	240	500	Legrand C3	1	6
Almacen envases y embalajes	80	5	400	500	Legrand C3	1	6
Almacen producto terminado	120	5	600	500	Legrand C3	2	12
Sala de produccion	1287	5	6435	500	Legrand C3	13	78
<b>TOTAL</b>							<b>300</b>

Para realizar el cálculo de las luminarias necesarias, se multiplican los 5 lm/m<sup>2</sup> por los metros cuadrados de la zona a iluminar. Sabiendo los lm totales para la superficie en concreto y teniendo en cuenta los lm por luminaria se colocarán las que sean oportunas.

## 2.2 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA

## 2.2.1 Método de cálculo

Como ya está indicado en la memoria se utilizarán el criterio térmico y el criterio de caída de tensión.

## 2.2.2 Tabla resumen de las intensidades de los cuadros

### 2.2.2.1. Cuadro secundario I

Cuadro Sec. 1								
Línea	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cos $\phi$	In (A)	Fcorr	Ical (A)	Fase
L1C1A	Bascula puente	2000	380	0,95	3,20	1,25	4,00	Trifásica
L1C1B	Bascula puente	2000	380	0,95	3,20	1,25	4,00	Trifásica
L1C1C	Bascula puente	2000	380	0,95	3,20	1,25	4,00	Trifásica
L2C1D	Silo alimentador	8000	380	0,95	12,79	1,25	15,99	Trifásica
L2C1E	Despedregador	9000	380	0,95	14,39	1,25	17,99	Trifásica
L2C1F	Limpiador	740	380	0,95	1,18	1,25	1,48	Trifásica
L2C1G	Lavadora	8000	380	0,95	12,79	1,25	15,99	Trifásica
L3C1H	Peladora	2500,00	380	0,95	4,00	1,25	5,00	Trifásica
L3C1I	Balsa	1000,00	380	0,95	1,60	1,25	2,00	Trifásica
L3C1J	Mesa repaso	740,00	380	0,95	1,18	1,25	1,48	Trifásica
L3C1K	Cortadora	3500,00	380	0,95	5,60	1,25	7,00	Trifásica
L3C1L	Mesa vibratoria	1100,00	380	0,95	1,76	1,25	2,20	Trifásica
L4C1LL	Escaldadora	10000,00	380	0,95	15,99	1,25	19,99	Trifásica
<b>Total</b>		<b>50580,00</b>			<b>80,89</b>		<b>101,12</b>	

### 2.2.2.2 Cuadro secundario II

Cuadro Sec. 2								
Línea	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cos $\phi$	In (A)	Fcorr	Ical (A)	Fase
L1C2A	Balsa enfriado	550	380	0,95	0,88	1,25	1,10	Trifásica

L1C2B	Secadora	4000	380	0,95	6,40	1,25	8,00	Trifásica
L1C2C	Freidora	8750	380	0,95	14,7	1,25	18,49	Trifásica
L2C2D	Escurrido	1500	380	0,95	2,40	1,25	3,00	Trifásica
L2C2E	Sazonador	6000	380	0,95	9,60	1,25	11,99	Trifásica
L2C2F	cinta transp	550	380	0,95	0,88	1,25	1,10	Trifásica
L3C2G	Envasadora	7000	380	0,95	11,20	1,25	13,99	Trifásica
L3C2H	cinta transp	550	380	0,95	1,52	1,25	1,90	Trifásica
L3C2I	Precintadora	5000	380	0,95	13,81	1,25	17,27	Trifásica
L4C2J	cinta transp	550	380	0,95	1,52	1,25	1,90	Trifásica
L4C2K	Paletizado	4000	380	0,95	6,40	1,25	8,00	Trifásica
L4C2L	Enfardado	5500,00	380	0,95	8,80	1,25	11,00	Trifásica
L5C2A	Toma general 2x		220	0,95		1		
L5C2B	Toma general 2x		220	0,95		1		
	<b>TOTAL C2</b>	<b>10004,33</b>			<b>16,00</b>		<b>16,00</b>	
<b>Total</b>		<b>53954,33</b>			<b>93,38</b>		<b>112,73</b>	

### 2.2.2.3 Cuadro secundario III

Cuadro Sec. III								
Linea	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cosφ	In (A)	Fcorr	Ical (A)	Fase
L2C3D	Silo alimentador	8000	380	0,95	12,79	1,25	15,99	Trifásica
L2C3E	Despedregador	9000	380	0,95	14,39	1,25	17,99	Trifásica
L2C3F	Limpiador	740	380	0,95	1,18	1,25	1,48	Trifásica
L2C3G	Lavadora	8000	380	0,95	12,79	1,25	15,99	Trifásica
L3C3H	Peladora	2500,00	380	0,95	4,00	1,25	5,00	Trifásica
L3C3I	Balsa	1000,00	380	0,95	1,60	1,25	2,00	Trifásica
L3C3J	Mesa repaso	740,00	380	0,95	1,18	1,25	1,48	Trifásica
L3C3K	Cortadora	3500,00	380	0,95	5,60	1,25	7,00	Trifásica
L3C3L	Mesa vibratoria	1100,00	380	0,95	1,76	1,25	2,20	Trifásica
L4C3LL	Escaldadora	10000,00	380	0,95	15,99	1,25	19,99	Trifásica
L5C3A	Toma general 2x		220	0,95		1		
L5C3B	toma trifasica 4x		380	0,95		1,25		
	<b>TOTAL C3</b>	<b>10004,33</b>			<b>16</b>		<b>16</b>	
<b>Total</b>		<b>54584,33</b>			<b>87,30</b>		<b>105,12</b>	

### 2.2.2.4 Cuadro secundario IV

Cuadro Sec. 4

Línea	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Cosφ	In (A)	Fcorr	Ical (A)	Fase
L1C4A	Balsa enfriado	550	380	0,95	0,88	1,25	1,1	Trifásica
L1C4B	Secadora	4000	380	0,95	6,4	1,25	8	Trifásica
L1C4C	Freidora	8750	380	0,95	13,99	1,25	17,49	Trifásica
L2C4D	Escurreido	1500	380	0,95	2,4	1,25	3	Trifásica
L2C4E	Sazonador	6000	380	0,95	9,6	1,25	11,99	Trifásica
L2C4F	cinta transp	550	380	0,95	0,88	1,25	1,1	Trifásica
L3C4G	Envasadora	7000	380	0,95	11,2	1,25	13,99	Trifásica
L3C4H	cinta transp	550	220	0,95	1,52	1,25	1,9	Trifásica
L3C4I	Precintadora	5000	220	0,95	13,81	1,25	17,27	Trifásica
L4C4J	cinta transp	550	220	0,95	1,52	1,25	1,9	Trifásica
L4C4K	Paletizado	4000	380	0,95	6,4	1,25	8	Trifásica
L4C4L	Enfardado	5500	380	0,95	8,8	1,25	11	Trifásica
L5C4L	TC rifasica 4	10004,32546	380	0,95	16	1	16	Trifásica
<b>TOTAL</b>		<b>53954,32546</b>			<b>93,4</b>		<b>112,74</b>	

### 2.2.2.5 Cuadro oficinas

Cuadro oficinas							
Descripción	Potencia (W)	COS	Tensión (V)	Fcorr	IN(A)	ICAL (A)	Fase
Pasillo 1	1548	0,95	220	1,8	7,41	13,33	R-N
Pasillo 2	688	0,95	220	1,8	3,29	5,93	R-S
TC Generales 7x		0,95	220				
TC Generales 7x		0,95	220				
TC Generales 7x		0,95	220				
Total C2	10004,33				16,00	16,00	
	<b>12240,33</b>				<b>19,57</b>	<b>35,26</b>	

### 2.2.2.6 Cuadro alumb. Exterior emergencia y caldera

Cuadro alumb.exterior emergencia y caldera								
Linea	Descripción	Potencia (W)	cos	Tensión (V)	Fcorr	In (A)	Ical (A)	Fase
L1C6	Al.Exterior	4901	0.95	220	1,8	23,44	42,19	R-T
L2C6	Al. Emergencia	218	0.95	220	1,8	1,04	1,87	R-T
L3C6	Caldera	15000	0.95	380	1,25	23,98	29,98	Trifásica
L4C6A	TC Generales 7x			220	1,8			
L4C6B	TC Generales 7x			220	1,8			
L4C6	Total C7	10004,33	0,95			16	16	
<b>total</b>		<b>30123,33</b>				<b>64,46</b>	<b>90,04</b>	

### 2.2.2.7 Cuadro alumb nave de producc.

Cuadro alumb. Nave de producc								
Linea	Descripción	Potencia (W)	CO S	Tensión (V)	Fcor r	In (A)	Ical (A)	Fas e
L1C7 A	Alumbrado Nave	26120	0,95	220	1,8	112,79	203,02	R-N
L1C7 B	Alumbrado Nave	26120	0,95	220	1,8	112,79	203,02	R-T
L2C7	TC Trifásicas 4x	10004,33	0,95	380	1	16	16	
<b>Total</b>		<b>62244,33</b>				<b>265,90</b>	<b>465,82</b>	



## 2.2.2.7 Cuadro General

Cuadro general distribución						
Línea	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	In (A)	Ical (A)	Fase
L1	Cuadro secundario 1	50580,00	380	80,89	101,12	Trifásica
L2	Cuadro secundario 2	53954,33	380	93,38	112,73	Trifásica
L3	Cuadro secundario 3	54584,33	380	87,30	105,12	Trifásica
L4	Cuadro secundario 4	53954,32	380	93,4	112,74	Trifásica
L5	Cuadro Oficinas	12240,3	220	19,57	35,86	Trifásica
L6	Cuadro alum.exterior y caldera	32804,33	380	64,46	90,04	Trifásica
L7	Alumbrado nave produccion	62242,43	380	265,90	465,82	Trifásica
<b>Total</b>		<b>266405,72</b>		<b>704,9</b>	<b>907,69</b>	

### POTENCIA PREVISTA PARA LAS TOMAS DE CORRIENTE:

Para tomas de corriente, se limita la potencia que consuman mediante el magnetotérmico. Así, podemos colocar tomas de corriente por toda la nave, limitando su consumo de corriente a lo que nosotros deseemos. En este proyecto se han limitado 16 A, ya que es un consumo más que suficiente para este tipo de nave industrial. El número de tomas de corriente se colocan para comodidad de las personas que vayan a realizar la actividad, y no definen el calibre de la protección.

### 2.2.3 Cálculo de la potencia del transformador

Calculada la previsión de carga, y las intensidades que demandará la empresa, se prevé necesario la utilización de un transformador de 630 KVA que proporciona una intensidad de  $I = S_n / \sqrt{3} \cdot V = 630\text{KVA} / \sqrt{3} \cdot 400 = 909,33 \text{ A}$

## 2.3 Cálculos de los conductores de baja tensión

### 2.3.1 INTRODUCCIÓN

Siguiendo el proceso de cálculo descrito en la memoria, y una vez conocida la intensidad nominal, se calculará:

- $F_c$ : factor de corrección, que depende de la temperatura del tipo de canalización y del número de conductores que se alojan en la misma.
- $I_{adm}$ : es la intensidad resultante del cociente de  $I_{cal}$  entre  $F_c$ .

Una vez hecho esto, hay que ir al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y en la tabla correspondiente se elige la sección que corresponda a la Intensidad máxima admisible.

Además se calculará la sección por el método de caída de tensión, con el fin de elegir un conductor que cumpla con la normativa (la cdt debe ser menor del 4,5% para el alumbrado y del 6,5% para los demás usos), según la ITC- BT-19.

La sección por caída de tensión se calculará del siguiente modo, dependiendo del tipo de red que tengamos:

- Monofásica:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_n \cdot \cos\alpha}{U \cdot C}$$

- Trifásica:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_n \cdot \cos\alpha}{U \cdot C}$$

Siendo:

- U: Caída de tensión en voltios.
- L: Longitud de la línea en metros.
- $I_n$ : Intensidad nominal de la línea en amperios.
- $\cos\alpha$ : Factor de potencia.
- C: Conductividad del material conductor (Cobre)
- S: Sección del cable  $\text{mm}^2$ .

### 2.3.2 Acometida BT. Transformador – C.G.D

Es la línea que une el CT 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 corriente de 909,32 amperios. La longitud desde el centro de transformación hasta el cuadro general es de 30 metros.

Se designan 3 conductores por fase, por lo que la corriente que lleve cada conductor será un tercio de la total.

La línea será subterránea a una profundidad de 0.7 metros. Así mismo, también se debe aplicar un factor de corrección de 0.8 ya que se instalarán tres ternas de conductores unipolares dispuestos en trébol.

- $I_n = 909,33 \text{ A}$
- $I = 909,33 / 3 = 303,11 \text{ A}$
- $I' = 303,11 / 0,8 = 378,89 \text{ A}$

Atendiendo a lo establecido en la tabla 5 de la ITC -07, en la columna de cable tripolar con aislamiento de XLPE, la intensidad admisible es 400 A y la sección 150 mm<sup>2</sup>. Además esta sección está normalizada según Iberdrola.

La caída de tensión será, con esa sección:

$$s = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \alpha}{U \cdot C} \rightarrow V = \frac{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 909,33 \cdot 0,9}{150 \cdot 3 \cdot 56} = 1,69 \text{ V}$$

L = 30 m

$I_n = 909,33 \text{ A}$

S = 150 x 3 mm<sup>2</sup> (fase)

C = 56 (Cu)

$\cos \alpha = 0,9$  (Según Iberdrola)

La distribución de la corriente del centro de transformación al cuadro general de distribución se hará mediante nueve conductores unipolares de cobre de 150 mm<sup>2</sup> sección. Siendo para cada una de las fases tres de ellos. Para el neutro se utilizarán tres conductores de 70 mm<sup>2</sup> de sección cada uno, con aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE), según dicta la tabla 7.1 de la ITC-BT-07. El diámetro del tubo de la acometida será de 225 mm, 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.

## 2.3.3 Cuadro general de distribución y cuadros auxiliares

### 2.3.3.1 Cuadro general de distribución

cuadro general									
Línea	Inom(A)	Ical(A)	L(m)	Cos $\square$	Canalización	C.térmico	Cdt	S(mm <sup>2</sup> )	$\phi$ Tubo (mm)
L1	80,89	101,12	22	0,95	Montaje Superficial	25	8,71	R 3x25/16	32
L2	93,38	112,73	16	0,95	Montaje Superficial	35	3,85	R 3x35/16	40
L3	87,90	105,15	33	0,95	Montaje Superficial	25	7,47	R 3x25/16	32
L4	77,38	96,73	41	0,95	Montaje Superficial	25	16,00	R 3x25/16	32
L5	19,57	35,86	17	0,95	Montaje Superficial	6	0,85	R 3x6/6	25
L6	64,46	90,04	22	0,95	Montaje Superficial	25	3,65	R 3x25/16	32
L7	265,90	465,82	150	0,95	Montaje Superficial	300	102,8	R 3x300/150	75

### 2.3.3.2 Cuadro secundario I

Cuadro Sec. 1									
Línea	In (A)	Ical (A)	L (m)	cos	Canalización	C.termico	Cdt	S (mm <sup>2</sup> )	$\phi$ Tubo (mm)
L1C1A	3,2	4	10	0,95	Montaje super.	1,50	0,12	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L1C1B	3,2	4	10	0,95	Montaje super.	1,50	0,12	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L1C1C	3,2	4	10	0,95	Montaje super.	1,50	0,12	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L2C1D	12,79	15,99	8	0,95	Montaje super.	1,50	0,40	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L2C1E	14,39	18	7	0,95	Montaje super.	1,50	0,39	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L2C1F	1,18	1,48	5	0,95	Montaje super.	1,50	0,02	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L2C1G	12,79	16	2	0,95	Montaje super.	1,50	0,10	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L3C1H	4	5,00	9,00	0,95	Montaje super.	1,50	0,14	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L3C1I	1,6	2,00	12,00	0,95	Montaje super.	1,50	0,07	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L3C1J	1,18	1,48	15,00	0,95	Montaje super.	1,50	0,07	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L3C1K	5,6	7,00	18,00	0,95	Montaje super.	1,50	0,39	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L3C1L	1,76	2,20	20,00	0,95	Montaje super.	1,50	0,14	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L4C1LL	16	20,00	23,00	0,95	Montaje super.	2,50	1,42	R 3x2,5/2,5+4 TT	20

### 2.3.3.3 Cuadro sec II

Cuadro Sec. 2									
Linea	In (A)	Ical (A)	L (m)	cos	Canalizacion	C.termico	Cdt	S (mm <sup>2</sup> )	ΦTubo (mm)
L1C2 A	0,88	1,1	5	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,02	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L1C2 B	6,4	8	11	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,27	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L1C2 C	1,7	18,4	14	0,95	MONTAJ SUP.	2,5	0,09	R 3x2,5/2,5+4 TT	20
L2C2 D	2,4	3	16	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,15	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L2C2E	9,6	11,6	19	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,71	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L2C2F	0,88	1,1	21	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,07	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L3C2 G	11,2	14	23	0,95	MONTAJ SUP.	1,5	1,00	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L3C2 H	0,88	1,1	24	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,08	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L3C2I	13,81	17,27	26	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	1,39	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L4C2J	0,88	1,1	28	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,10	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L4C2 K	6,4	8	30	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,74	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L4C2L	8,8	11,00	25,00	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,85	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L5C2 A	16	16,00	10,00	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,71	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L5C2 B	16	16,00	10,00	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,71	R 3x1,5/1,5+4 TT	16

### 2.3.3.4 Cuadro sec III

Cuadro Sec. III									

Linea	In (A)	Ical (A)	L (m)	cos	Canalizacion	C.termico	Cdt	S (mm <sup>2</sup> )	ΦTubo (mm)
L2C3D	12,8	16	8	0,95	MONTAJE SUP	1,50	0,40	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L2C3E	14,4	18	11	0,95	MONTAJE SUP	1,50	0,61	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L2C3F	1,18	1,48	15	0,95	MONTAJE SUP	1,50	0,07	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L2C3G	12,79	16	17	0,95	MONTAJE SUP	1,50	0,84	R 3x2,5/2,5+4 TT	20
L3C3H	4	5,00	25,00	0,95	MONTAJE SUP	1,50	0,39	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L3C3I	1,6	2,00	28,00	0,95	MONTAJE SUP	1,50	0,17	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L3C3J	1,18	1,48	30,00	0,95	MONTAJE SUP	1,50	0,14	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L3C3K	5,6	7,00	25,00	0,95	MONTAJE SUP	1,50	0,54	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L3C3L	1,76	2,20	27,00	0,95	MONTAJE SUP	1,50	0,18	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L4C3L	16	20,00	30,00	0,95	MONTAJE SUP	1,50	1,86	R 3x2,5/2,5+4 TT	20
L5C3A	16	16,00	3,00	0,95	MONTAJE SUP	1,50	0,37	R 2x2,5/+4 TT	20
L5C3B	16	16,00	2,00	0,95	MONTAJE SUP	1,50	0,12	R 3x2,5/2,5+4 TT	20

### 2.3.3.5 Cuadro sec IV

Cuadro Sec. 4									
Linea	In (A)	Ical (A)	L (m)	cos	Canalizacion	C.termico	Cdt	S (mm <sup>2</sup> )	ΦTubo (mm)
L1C4A	0,88	1,1	30	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,10	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L1C4B	6,4	8	27	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,67	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L1C4C	14	18	25	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	1,35	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L2C4D	2,4	3	22	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,20	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
L2C4E	9,6	12	16	0,95	MONTAJ SUP.	1,50	0,59	R 3x1,5/1,5+4 TT	16

<b>L2C4F</b>	0,88	1,1	13	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,50	0,0 4	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
<b>L3C4G</b>	11,2	14	11	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,50	0,4 8	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
<b>L3C4H</b>	1,52	1,9	9	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,50	0,0 5	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
<b>L3C4I</b>	13,8 1	17,27	7	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,50	0,3 7	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
<b>L4C4J</b>	1,52	1,9	6	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,50	0,0 4	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
<b>L4C4K</b>	6,4	8	5	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,50	0,1 2	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
<b>L4C4L</b>	8,8	11,00	3,00	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,50	0,1 0	R 3x1,5/1,5+4 TT	16
<b>L5C4L L</b>	16	16,00	5,00	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,50	0,3 1	R 3x2,5/2,5+4 TT	20

### 2.3.3.6 Cuadro oficinas

Cuadro oficinas									
Linea	In (A)	Ical (A)	L (m)	cos	Canalización	C.termi co	Cdt	S (mm <sup>2</sup> )	ΦTubo (mm)
<b>L1C5 A</b>	7,41	13,33	14	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,5	0,8 0	R 2x1,5+4 TT	12
<b>L1C5 B</b>	3,29	6	25	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,5	0,6 3	R 2x1,5+4 TT	12
<b>L1C5</b>	10,7	9,67	41	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,5	5,6 0	R 2x6+6 TT	16
<b>L2C5 A</b>	16	16	7	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,5	0,8 6	R 2x1,5+4 TT	12
<b>L2C5 B</b>	16	16	7	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,5	0,8 6	R 2x1,5+4 TT	12
<b>L2C5 C</b>	16	16	7	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,5	0,8 6	R 2x1,5+4 TT	12
<b>L2C5</b>	16	16	20	0,9 5	MONTAJ SUP.	1,5	2,1 9	R 3x2,5/2,5+4 TT	16

### 2.3.3.6 Cuadro alumbrado ext. Caldera y alum emerg.

Cuadro alumb. exterior Caldera y emerg.									
Linea	In (A)	Ical (A)	L (m)	cos	Canalización	C.terminal	Cdt	S (mm <sup>2</sup> )	φTubo (mm)
L1C6	23,49	42,19	80	0,95	MONTAJ SUP.	6	14,49	R 2x16+16 TT	25
L2C6	1,04	1,87	50	0,95	MONTAJ SUP.	1,5	0,40	R 2x1,5+4 TT	12
L3C6	23,49	29,19	5	0,95	MONTAJ SUP.	4	0,454	R 3x6/6+6 TT	25
L4C6A	16	16	5	0,95	MONTAJ SUP.	1,5	0,616	R 2x1,5+4 TT	16
L4C6B	16	16	5	0,95	MONTAJ SUP.	1,5	0,616	R 2x1,5+4 TT	16
L4C6	16	16	40	0,95	MONTAJ SUP.	1,5	4,27	R 3x6/6+6 TT	25

### 2.3.3.7 Cuadro alumbrado sala de producción

Cuadro alumb. Nave de produc									
Linea	In (A)	Ical (A)	L (m)	cos	Canalización	C.terminal	Cdt	S (mm <sup>2</sup> )	φTubo (mm)
L1C7A	112,79	203	70	0,95	MONTAJ SUP.	95	60,8809 6591	R 2x95+47.5 TT	50
L1C7B	112,79	203	70	0,95	MONTAJ SUP.	95	60,8809 6591	R 2x95+47.5 TT	50
L1C7	225,58	406	30	0,95	MONTAJ SUP.	240	45,1910 7127	R 3x240/120+1 20 TT	75
L2C7	16	16	10	0,95	MONTAJ SUP.	1,5	4,35867 5497	R 3x6/6+6 TT	25



## 2.4 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

### 2.4.1 Introducción

El cálculo de la corriente de cortocircuito en diferentes puntos de una instalación tiene por objeto determinar el poder de corte de los dispositivos de protección considerados. Estos puntos serán las entradas a los cuadros de distribución, ya que es aquí donde se colocarán las protecciones. El poder de corte y el calibre calculado para las protecciones magnetotérmicas, serán los que se utilizarán para las protecciones diferenciales. **El poder de corte de las protecciones deberá ser igual o superior a la corriente de cortocircuito  $I_{cc}$  calculada para su valor máximo en ausencia del dispositivo de protección.**

Para el cálculo de las intensidades de cortocircuito se seguirá el método de las impedancias descrito en la memoria del presente proyecto.

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-RBT 25 obliga a unas determinadas secciones e intensidades de los interruptores que conllevarán al cambio para cumplir todas las condiciones.

### 2.4.2 Cálculo de la $I_{cc}$ (intensidad de cortocircuito) en el secundario del transformador:

En primer lugar se calcula la impedancia aguas arriba del transformador. La potencia de cortocircuito que proporciona la red es  $S_{cc} = 500$  MVA. (Dato obtenido de la compañía suministradora, en nuestro caso IBERDROLA S.A.).

Si despreciamos la resistencia  $R$  frente a la reactancia  $X$ , se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba del transformador.

$$Z_a = \frac{U^2}{S_{cc}} = \frac{13200^2}{500 \times 10^6} = 0,35j\Omega$$

Donde:

U: tensión en vacío del secundario en voltios  
Scc: potencia de cortocircuito en KVA

Z, X: impedancia o reactancia aguas arriba en mΩ

Este valor está referido a MT, para pasarlo a BT, hacemos lo siguiente:

$$Z_a = 0,35 \times \left( \frac{400}{13200} \right)^2 = 0,32 \text{ m}\Omega$$

En segundo lugar, se calcula la impedancia del transformador, para ello se considera despreciable la aparamenta de alta tensión. Además se desprecia la resistencia del transformador frente a la impedancia.

$$Z = U_{cc} \times \frac{U^2}{S_n}$$

$$Z_t = \left( \frac{4}{100} \right) \times \frac{400^2}{630 \times 10^3} = 0,010 \Omega$$

Donde:

U: tensión en vacío entre fases en voltios  
Ucc: tensión de cortocircuito en % (4%)  
Sn: potencia aparente en KVA (630KVA)  
Z, X: impedancia o reactancia al secundario en mΩ

Así pues ya se puede calcular la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador:

$$Z_d = 0.32 + 10 = 10,32 \text{ m}\Omega = 0,01032 \Omega$$

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} \cdot Z_d} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10,32} = 22,38 \text{ KA}$$

Donde:

Icc: corriente de cortocircuito eficaz en KA  
Us: tensión entre fases en vacío del secundario del transformador  
Z<sub>T</sub>: impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en mΩ

### 2.4.3. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el cuadro general de distribución

Se parte de los datos obtenidos en el secundario del transformador en los que tenemos una impedancia  $Z_d = 10.32 \text{ m}\Omega$  inductiva.

Una vez hecho esto se calculan los valores de la resistencia, la reactancia y la impedancia, desde la acometida hasta el Cuadro General de Distribución de la empresa:

30 metros de acometida, formada por 3 fases de  $3 \times 150 \text{ mm}^2$

$$R_L = \rho \frac{L}{S} = 0,01785 \cdot (30/150) \text{ m}\Omega \times 3 = 10,71 \text{ m}\Omega$$

$$X_a' = 10,32 \text{ m}\Omega j$$

$$X_T = 0,32 \text{ m}\Omega j$$

$$X_{\text{aut}} = (0,15 \text{ m}\Omega j \times 3) = 0,45 \text{ m}\Omega j$$

$$Z_d = R_L + (X_a' + X_T + X_{\text{aut}}) j$$

$$|Z_d| = 0,0153 \Omega j$$

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} \cdot Z_d} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,0153} = 15094 \text{ A}$$

Cálculo de la intensidad de cortocircuito en los cuadros auxiliares

Interpretación de las tablas

A continuación se explican abreviaturas de las tablas que se describen a continuación:

Línea: designación de la línea eléctrica a la que hace referencia

L (m): longitud en metros desde el cuadro hasta el circuito que se alimenta

S ( $\text{mm}^2$ ): sección en milímetros del cable por el que pasa la corriente, desde el cuadro hasta alcanzar el circuito.

V (V): tensión nominal de la línea en voltios

Z<sub>o</sub>: impedancia homopolar en  $\text{m}\Omega j$

I<sub>ccmax</sub>: es la corriente de cortocircuito máxima en KA

I<sub>ccmin</sub>: es la corriente de cortocircuito mínima en KA

T<sub>ccmin</sub>: tiempo de desconexión para cada I<sub>ccmin</sub> (seg)

Curva: es el tiempo de disparo del interruptor.

## 2.4.4. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en los cuadros auxiliares

### 2.4.4.1. Interpretación de tablas

Línea: designación de la línea eléctrica a la que hace referencia

L (m): longitud en metros desde el cuadro hasta el circuito que se alimenta

S ( $mm^2$ ): sección en milímetros del cable por el que pasa la corriente, desde el cuadro hasta alcanzar el circuito.

Tensión (V): tensión nominal de la línea en voltios

Zd: impedancia directa.

Zo: impedancia homopolar en  $m\Omega$ .

Iccmax: es la corriente de cortocircuito máxima en KA.

Iccmin: es la corriente de cortocircuito mínima en KA.

Tccmin: tiempo de desconexión para cada Iccmin (seg)

Curva: es el tiempo de disparo del interruptor.

### 2.4.4.2 Cuadro general.

Línea	L(m)	S( $mm^2$ )	Tensión (V)	Zd	$ 2 Z_d + Z_0 $	Icc <sub>máx</sub> (KA)	Pdc (KA)	Icc <sub>mín</sub> (KA)	Tmicc (s)	Inom	Curva
L1	22	25	400	0,02	0,20	11547,34	22	3304,32	1,24	70	C
L2	16	35	400	0,02	0,16	11547,34	22	4223,41	1,48	80	C
L3	33	25	400	0,02	0,14	11547,34	22	4847,70	0,57	70	C
L4	41	25	400	0,02	0,17	11547,34	22	3901,81	0,89	70	C
L5	17	6	400	0,02	0,29	11547,34	22	2258,46	0,15	30	C
L6	22	25	400	0,02	0,09	11547,34	22	7271,55	0,26	70	C
L7	150	300	400	0,02	0,07	11547,34	22	9402,56153	21,9889197	250	C

### 2.4.4.3 Cuadro sec I

Línea	L(m)	S( $mm^2$ )	Tensión (V)	Zd	$ 2 Z_d + Z_0 $	Icc <sub>máx</sub> (KA)	Pdc (KA)	Icc <sub>mín</sub> (KA)	Tmicc (s)	Inom	Curva
L1C1A	10	1,5	400	0,0191	0,84	7194,4	10	783,10	0,08	4	C
L1C1B	10	1,5	400	0,0191	0,84	7194,4	10	783,10	0,08	4	C
L1C1C	10	1,5	400	0,0191	0,84	7194,4	10	783,10	0,08	4	C
L2C1D	2	1,5	400	0,0191	0,29	7194,4	10	2253,39	0,01	16	C
L2C1E	7	1,5	400	0,0191	0,48	7194,4	10	1371,21	0,03	16	C
L2C1F	5	1,5	400	0,0191	0,34	7194,4	10	1919,69	0,01	2	C
L2C1G	2	1,5	400	0,0191	0,14	7194,4	10	4799,22	0,02	16	C
L3C1H	9	1,5	400	0,0191	0,62	7194,4	10	1066,49	0,04	6	C
L3C1I	12	1,5	400	0,0191	0,82	7194,4	10	799,87	0,08	2	C
L3C1J	15	1,5	400	0,0191	1,03	7194,4	10	639,90	0,12	2	C
L3C1K	18	1,5	400	0,0191	1,23	7194,4	10	533,25	0,17	6	C
L3C1L	20	1,5	400	0,0191	1,37	7194,4	10	479,92	0,21	2	C
L4C1LL	23	2,5	400	0,0191	0,95	7194,4	10	695,54	0,28	16	C

#### 2.4.4.4 Cuadro secundario II

Línea	L(m)	S(mm <sup>2</sup> )	Tensión (V)	Z <sub>d</sub>	I <sub>2</sub> Z <sub>d</sub> + Z <sub>0</sub> I	I <sub>cc</sub> <sub>máx</sub> (KA)	P <sub>dc</sub> (KA)	I <sub>cc</sub> <sub>min</sub> (KA)	T <sub>micc</sub> (s)	Inom	Curva
L1C2A	5	1,5	400	0,0191	0,43	12064,74	22	1536,95	0,02	1	C
L1C2B	11	1,5	400	0,0191	0,84	12064,74	22	783,93	0,08	10	C
L1C2C	10	2,5	400	0,0191	0,50	12064,74	22	1324,87	0,08	16	C
L2C2D	16	1,5	400	0,0191	1,18	12064,74	22	556,63	0,16	3	C
L2C2E	19	1,5	400	0,0191	1,39	12064,74	22	474,15	0,22	10	C
L2C2F	21	1,5	400	0,0191	1,53	12064,74	22	431,52	0,26	1	C
L3C2G	23	2,5	400	0,0191	1,03	12064,74	22	638,03	0,02	16	C
L3C2H	24	1,5	400	0,0191	1,73	12064,74	22	380,23	0,34	2	C
L3C2I	26	1,5	400	0,0191	1,87	12064,74	22	352,32	0,39	16	C
L4C2J	28	1,5	400	0,0191	2,01	12064,74	22	328,23	0,45	2	C
L4C2K	30	1,5	400	0,0191	2,14	12064,74	22	307,21	0,51	10	C
L4C2L	11	1,5	400	0,0191	0,84	12064,74	22	783,93	0,08	10	C
L5C2A	10	2,5	400	0,0191	0,50	12064,74	22	1324,87	0,08	16	C
L5C2B	10	2,5	400	0,0191	0,50	12064,74	22	1324,87	0,08	16	C

#### 2.4.4.5 Cuadro secc III

Línea	L(m)	S(mm <sup>2</sup> )	Tensión (V)	Z <sub>d</sub>	I <sub>2</sub> Z <sub>d</sub> + Z <sub>0</sub> I	I <sub>cc</sub> <sub>máx</sub> (KA)	P <sub>dc</sub> (KA)	I <sub>cc</sub> <sub>min</sub> (KA)	T <sub>micc</sub> (s)	Inom	Curva
L2C3D	8	2,5	400	0,0191	0,56	4955,94	6	1179,21	0,10	16	C
L2C3E	11	2,5	400	0,0191	0,68	4955,94	6	965,70	0,14	16	C
L2C3F	15	1,5	400	0,0191	1,26	4955,94	6	523,40	0,18	2	C
L2C3G	17	2,5	400	0,0191	0,93	4955,94	6	708,95	0,27	16	C
L3C3H	25	1,5	400	0,0191	1,94	4955,94	6	338,71	0,42	6	C
L3C3I	28	1,5	400	0,0191	2,15	4955,94	6	306,28	0,52	2	C
L3C3J	30	1,5	400	0,0191	2,29	4955,94	6	287,91	0,02	2	C
L3C3K	25	1,5	400	0,0191	1,94	4955,94	6	338,71	0,42	6	C
L3C3L	17	1,5	400	0,0191	1,39	4955,94	6	471,93	0,22	2	C
L4C3LL	30	2,5	400	0,0191	1,46	4955,94	6	449,82	0,67	20	C
L5C3A	3	2,5	400	0,0191	0,35	4955,94	6	1867,00	0,04	16	C
L5C3B	2	2,5	400	0,0191	0,31	4955,94	6	2113,40	0,03	16	C

### 2.4.4.6 Cuadro secc IV

Linea	L(m)	S(mm <sup>2</sup> )	Tensión (V)	Zd	2 Z <sub>d</sub> + Z <sub>0</sub>	I <sub>cc</sub> <sub>máx</sub> (KA)	Pdc (KA)	I <sub>cc</sub> <sub>min</sub> (KA)	T <sub>micc</sub> (s)	Inom	Curva
L1C4A	30	1,5	400	0,0191	2,34	4030,5	6	295,70	0,56	1	C
L1C4B	27	1,5	400	0,0191	2,13	4030,5	6	325,81	0,46	10	C
L1C4C	25	2,5	400	0,0191	1,31	4030,5	6	549,72	0,45	16	C
L2C4D	22	1,5	400	0,0191	1,79	4030,5	6	392,41	0,32	3	C
L2C4E	16	1,5	400	0,0191	1,38	4030,5	6	519,94	0,18	10	C
L2C4F	13	1,5	400	0,0191	1,17	4030,5	6	620,83	0,13	1	C
L3C4G	11	2,5	400	0,0191	0,74	4030,5	6	1059,28	0,02	16	C
L3C4H	9	1,5	400	0,0191	0,90	4030,5	6	837,48	0,07	2	C
L3C4I	7	2,5	400	0,0191	0,57	4030,5	6	1440,82	0,07	16	C
L4C4J	6	1,5	400	0,0191	0,69	4030,5	6	1134,38	0,04	2	C
L4C4K	5	1,5	400	0,0191	0,63	4030,5	6	1286,38	0,03	10	C
L4C4L	3	1,5	400	0,0191	0,49	4030,5	6	1757,25	0,02	10	C
L4C4LL	5	2,5	400	0,0191	0,49	4030,5	6	1757,25	0,04	16	C

### 2.4.4.7 Cuadro oficinas

Linea	L(m)	S(mm <sup>2</sup> )	Tensión (V)	Zd	2 Z <sub>d</sub> + Z <sub>0</sub>	I <sub>cc</sub> <sub>máx</sub> (KA)	Pdc (KA)	I <sub>cc</sub> <sub>min</sub> (KA)	T <sub>micc</sub> (s)	Inom	Curva
L1C5	41	2,5	400	0,0191	2,17	2361,42	3	302,77	1,47	16	C
L2C5	20	2,5	400	0,0191	1,31	2361,42	3	502,49	0,53	16	C

#### 2.4.4.8 Cuadro alumbrado ext. Caldera y alum emerg.

Línea	L(m)	S(mm <sup>2</sup> )	Tensión (V)	Z <sub>d</sub>	Z <sub>d</sub> + Z <sub>0</sub>	I <sub>cc máx</sub> (KA)	P <sub>dc</sub> (KA)	I <sub>cc min</sub> (KA)	T <sub>micc</sub> (s)	Inom	Curva
L1C6	80	16	400	0,0191	0,67	7194,6	10	983,72	5,71	25	C
L2C6	50	1,5	400	0,0191	3,58	7194,6	10	183,68	1,44	3	C
L3C6	5	6	400	0,0191	0,24	7194,6	10	2734,12	0,10	25	C
L4C6	40	6	400	0,0191	0,84	7194,6	10	783,10	1,27	16	C

#### 2.4.4.9 Cuadro alumbrado nave de producción.

Línea	L(m)	S(mm <sup>2</sup> )	Tensión (V)	Z <sub>d</sub>	Z <sub>d</sub> + Z <sub>0</sub>	I <sub>cc máx</sub> (KA)	P <sub>dc</sub> (KA)	I <sub>cc min</sub> (KA)	T <sub>micc</sub> (s)	Inom	Curva
L1C7	30	240	400	0,0191	0,11	11376,7	22	6219,98	32,16	250	C
L2C7	10	6	400	0,0191	0,26	11376,7	22	2495,27	0,12	16	C

## 2.5 CÁLCULO DE LOS CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

### 2.5.1. Batería de condensadores para la instalación:

Calculo la potencia aparente de cada circuito y la total para hallar el  $\cos\phi$  medio.

### 2.5.1.1 Cuadro secundario I

Cuadro secundario I				
Línea	Descripción	Potencia (W)	Cosφ	S (VA)
L1C1A	Bascula puente	2000,00	0,8	2500,00
L1C1B	Bascula puente	2000,00	0,8	2500,00
L1C1C	Bascula puente	2000,00	0,8	2500,00
L2C1D	Silo Alimentador	8000,00	0,8	10000,00
L2C1E	Despedregador	9000,00	0,8	11250,00
L2C1F	Limpiador	740	0,8	925,00
L2C1G	Lavadora	8000	0,8	10000,00
L3C1H	Peladora	2500	0,8	3125,00
L3C1I	Balsa	1000	0,8	1250,00
L3C1J	Mesa repaso	740	0,8	925,00
L3C1K	Cortadora	3500	0,8	4375,00
L3C1L	Mesa vibratoria	1100	0,8	1375,00
L4C1LL	Escaldadora	10000	0,8	12500,00
<b>TOTAL</b>		<b>50580,00</b>		<b>63225,00</b>

### 2.5.1.2 Cuadro secundario II

Cuadro secundario 2				
Línea	Descripción	Potencia (W)	Cosφ	S (VA)
L1C2A	Balsa enfriado	550	0,80	687,50
L1C2B	Secadora	4000	0,80	5000,00
L1C2C	Freidora	8750	0,80	10937,50
L2C2D	Escurreido	1500	0,80	1875,00
L2C2E	Sazonador	6000	0,80	7500,00
L2C2F	cinta transp	550	0,80	687,50
L3C2G	Envasadora	7000	0,80	8750,00
L3C2H	cinta transp	550	0,80	687,50
L3C2I	Precintadora	5000	0,80	6250,00
L4C2J	cinta transp	550	0,80	687,50
L4C2K	Paletizado	4000	0,80	5000,00
L4C2L	Enfardado	5500	0,80	6875,00
L5C2	Toma general 4x	10004,33	0,95	10530,87
<b>TOTAL</b>		<b>53954,33</b>		<b>65468,37</b>



### 2.5.1.3 Cuadro secc III

Cuadro secc III				
Línea	Descripción	Potencia (W)	Cosφ	S (VA)
L2C3D	Silo alimentador	8000	0,80	10000,00
L2C3E	Despedregador	9000	0,80	11250,00
L2C3F	Limpiador	740	0,80	925,00
L2C3G	Lavadora	8000	0,80	10000,00
L3C3H	Peladora	2500	0,80	3125,00
L3C3I	Balsa	1000	0,80	1250,00
L3C3J	Mesa repaso	740	0,80	925,00
L3C3K	Cortadora	3500	0,80	4375,00
L3C3L	Mesa vibratoria	1100	0,80	1375,00
L4C3LL	Escaldadora	10000	0,80	12500,00
L5C3	TC 6	10004,33	0,95	10530,87
<b>TOTAL</b>		<b>54584,33</b>		<b>66255,87</b>

### 2.5.1.4 Cuadro secundario IV

Cuadro secc IV				
Línea	Descripción	Potencia (W)	Cosφ	S (VA)
L1C4A	Balsa enfriado	550	0,80	687,50
L1C4B	Secadora	4000	0,80	5000,00
L1C4C	Freidora	8750	0,80	10937,50
L2C4D	Escurrido	1500	0,80	1875,00
L2C4E	Sazonador	6000	0,80	7500,00
L2C4F	cinta transp	550	0,80	687,50
L3C4G	Envasadora	7000	0,80	8750,00
L3C4H	cinta transp	550	0,80	687,50
L3C4I	Precintadora	5000	0,80	6250,00
L4C4J	cinta transp	550	0,80	687,50
L4C4K	Paletizado	4000	0,80	5000,00
L4C4L	Enfardado	5500	0,80	6875,00
L5C4LL	TC 4	10004,32546	0,95	10530,87
<b>TOTAL</b>		<b>53954,32546</b>		<b>65468,37</b>

### 2.5.1.5 Cuadro oficinas

Cuadro oficinas				
Linea	Descripción	Potencia (W)	Cos $\phi$	S (VA)
L1C5A	pasillo 1	1548	0,95	1629,47
L1C5B	pasillo 2	688	0,95	724,21
L4C2	TC 21x	10004,33	0,95	10530,87
<b>TOTAL</b>		<b>12240,33</b>		<b>12884,55</b>

### 2.5.1.6 Cuadro alum ext.caldera y alum emergencia

Cuadro alum ext.emer y caldera				
Linea	Descripción	Potencia (W)	Cos $\phi$	S (VA)
L1C6	Al.Exterior	4901	0,95	5158,95
L2C6	Al. Emergencia	218	0,95	229,47
L3C6	Caldera	15000	0,95	15789,47
L4C6	TC 14	10004,33	0,95	10530,87
<b>TOTAL</b>		<b>30123,33</b>		<b>31708,77</b>

### 2.5.1.7 Cuadro nave de producción

Cuadro alum nave de produccion				
Linea	Descripción	Potencia (W)	Cos $\phi$	S (VA)
L1C7A	Alumbrado Nave	26120	0,95	27494,74
L1C7B	Alumbrado Nave	26120	0,95	27494,74
L2C7	TC 4x	10004,33	0,95	10530,87
<b>Total</b>		<b>62244,33</b>		<b>65520,35</b>

P TOTAL	S TOTAL	Q TOTAL	Q'	POT A COMPENSAR
317680,97	370531,28	190715,06	104416,68	86298,37

La potencia total activa es de:

$$P = 317680,97 \text{ W}$$

La potencia total aparente es de:

$$S = 370531,28 \text{ VA}$$

Por lo tanto, la potencia total reactiva consumida será:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = 190715,05 \text{ Var}$$

Se quiere conseguir un  $\cos\alpha$  cercano a 1, con  $\cos\alpha' = 0,98$ .

$$Q' = P \cdot \operatorname{tg} \alpha' = 64055,72$$

Por lo que la potencia a compensar sería de:

$$Q - Q' = 126659,33 \text{ Var}$$

Esta potencia será la que tenga que suministrar la batería de condensadores, puesto que se ha elegido compensación automática. Se elegirá una batería de condensadores que pueda llegar a suministrar una energía reactiva mayor de 126659,33 Var. El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una baterías de condensadores. Una de 130 KVAR con escalones de 10+6+20 Cisar, que se colocará en el lado del cuadro general de baja tensión.

Las baterías automáticas elegidas tienen una serie de características:

- Tensión asignada: 400 V, trifásicos 50 Hz.
- Grado de protección IP31-IK05
- Auto transformador 400/230 V, integrado.
- Protección contra contactos directos IP2X(puerta abierta)
- Normas: IEC 60439-1 y 2, EN 60439-1

### 2.5.2 Cálculo del conductor de unión de la batería

Aplicando la fórmula de la potencia se halla la intensidad:

$$Q = 3^{1/2} \cdot V \cdot I_n \cdot \operatorname{sen}\varphi$$

Siendo:

$\operatorname{Sen} = 1$ , el de la batería de condensadores

$$V = 400 \text{ V}$$

Q = potencia de la batería de condensadores (130 KVAR).

Sustituyendo y despejando  $I_n = 187,63 \text{ A}$

El cable de la conexión de la batería con el C.G.D. tendrá una sección de  $70 \text{ mm}^2$ ,  
RV-K 0.6/ 1 kV PRYSMIAN

### 2.5.3. Cálculo de la protección de la batería

El cálculo del interruptor automático se basa en la intensidad consumida por la batería de condensadores.

$$I_n = 187,63 \text{ A}$$

La intensidad de cortocircuito será la de la entrada al CGD.

$$I_{cc} = 11,5 \text{ KA} = \text{PDC } 22 \text{ KA}$$

Se elige un interruptor magnetotérmico con poder de corte 22 KA,  
 $I_n = 250 \text{ A}$ .

Hemos tenido que subir la sección para poder poner la protección el cable que vamos a poner al final es de sección de 185mm.

RV-K 0.6/ 1 kV 3\*185/95 cu

## 2.6 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

### 2.6.1 Investigación del terreno

Según se explica en la memoria, la diferencia de tensión entre masa y tierra no debe ser nunca superior a 24 voltios en lugares húmedos o de 50 voltios en lugares secos.

De los dos valores se cogerá el de 50 Voltios, ya que se trata de una nave con ambiente seco y será por esto por lo que se toman las siguientes medidas para dicho fin:

Dependiendo de la naturaleza y de la profundidad del terreno variará la resistencia de tierra, para lograr la resistividad del terreno se acudirá a la tabla 3 de la ITC-BT-18.

Dada la naturaleza del terreno (margas y arcilla compactada) se obtiene un valor orientativo de la resistividad de terreno, que será de 100 a 200  $\Omega\text{m}$  (valor medio 150  $\Omega\text{m}$ ).

## 2.6.2 Resistencia de las picas

Según la tabla 5 de la ITC-BT-18 tenemos que:

$$R_{\text{pica}} = \rho / L = 150/2 = 75 \Omega$$

L= longitud de la pica = 2m  
D= diámetro de la pica = 14 mm  
 $\rho$  = Resistividad del terreno

Se sabe que la resistencia equivalente a un grupo de picas es inversamente proporcional al número de estas, aunque esto en la práctica no sea rigurosamente cierto, se considerara así.

$$R_{\text{equivalente}} = R_{\text{pica}} / N \quad N = \text{número de picas}$$

Es nuestro caso se colocarán 3 picas situadas conforme la ITC-BT-18 en los vértices del perímetro formado por el conductor enterrado en los cimientos del edificio, como puede observarse en los planos adjuntos al proyecto.

$$R_{\text{equivalente}} = R_{\text{pica}} / N = 75/3 = 25$$

## 2.6.3 Resistencia de tierra del conductor de cobre enterrado

El conductor irá enterrado a una profundidad mínima de 0.5 m (ITC-BT-18). Se colocará a 0.8 m. Por la tabla 5 de dicha ITC, se tiene que

$$R_{\text{conductor}} = 2 \cdot \frac{\rho}{L} = 2 \cdot \frac{150}{101} = 2,97 \Omega$$

L= longitud del conductor en metros 101 m.

## 2.6.4 Resistencia a tierra total de la instalación

$$R_{\text{total}} = \frac{R_{\text{equivalente}} \cdot R_{\text{conductor}}}{R_{\text{equivalente}} + R_{\text{conductor}}} = \frac{25 \cdot 2,97}{25 + 2,97} = 2,65 \Omega$$

Se comprueba, sabiendo que la intensidad de defecto máxima sería 1000 mA, si la tensión es menor que la máxima permitida:

$$V = I \times R_{\text{total}} = 1 \times 2,65 = 2,65 \text{ V} < 50 \text{ V}$$

Por tanto, se toma la instalación por buena.

### 2.6.5 Sección del cable de tierra y conductor de protección

El conductor de tierra será de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección, mientras que el conductor de protección tendrá una sección como máximo de 50 mm<sup>2</sup>.

### 2.6.6 Punto de puesta a tierra

El dispositivo que mide la puesta a tierra se colocará sobre el conductor de puesta a tierra y en un lugar accesible, tal y como dice la ITC-BT-18. Se ha elegido para ello la zona de entrada a las oficinas, al lado del cuadro general.

## 2.7. CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 2.7.1. Intensidad en alta tensión

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

Siendo:

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

S= Potencia del transformador en KVA. 630 KVA)  
Up= Tensión compuesta primaria en KV (13,2 KV)  
Ip= Intensidad primaria en amperios.

Sustituyendo valores, obtendremos:

$$I_p = \frac{630 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 13200} = 27,56 \text{ A}$$

### 2.7.2. Intensidad en baja tensión

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

Siendo:

$$I_s = \frac{S - W_{Cu} - W_{Fe}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

S= Potencia del transformador en KVA.(630KVA)  
 $W_{Cu}$  = Pérdidas en el cobre (arrollamientos) del transformador.

$W_{Fe}$ = Pérdidas en el hierro del transformador.  
 $U$ = Tensión compuesta en carga del secundario en 400 V  
 $I_s$ = Intensidad secundaria en Amperios.

Despreciamos las pérdidas del hierro y el cobre y sustituimos:

$$I_s = \frac{630 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 909,33 \text{ A}$$

### 2.7.3. Cortocircuitos

#### 2.7.3.1. Introducción

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la compañía suministradora ( Iberdrola).

#### 2.7.3.2. Corrientes de cortocircuito

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito se utilizarán las expresiones:

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

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

Siendo:

$S_{cc}$ = potencia de cortocircuito de la red en MVA (500 MVA)

$U$ = tensión primaria en KV (13,2 KV)

$I_{ccp}$ = intensidad de cortocircuito primaria en KA

Sustituyendo valores se tendrá una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de alta tensión de:

$$I_{ccp} = \frac{500 \times 10^6}{\sqrt{3} \cdot 13200} = 21,87 \text{ KA}$$

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

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

Siendo:

S = potencia del transformador en KVA (630 KVA).

U<sub>cc</sub> = tensión porcentual de cortocircuito del transformador (4 %).

U<sub>s</sub> = tensión secundaria en carga en voltios.

I<sub>ccs</sub> = intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión en KA.

Sustituyendo valores, se tendrá:

$$I_{ccs} = \frac{630 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot \frac{4}{100} \cdot 400} = 21,65 \text{ KA}$$

### 2.7.3.3. Conexión celdas- transformador

La intensidad nominal que ha de soportar el cable es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 13,2} = 22,73 \text{ A}$$

Se ha decidido colocar conductores unipolares de aluminio de 50 mm<sup>2</sup> de sección con aislamiento HEPRZ1 como viene indicado en la norma NI 50.40.06 de Iberdrola.

### 2.7.3.4. Conexión del secundario del transformador al cuadro

**BT**

La intensidad nominal que tienen que soportar los cables que unen el secundario del transformador con el cuadro de Baja Tensión del CT es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,40} = 909,33 \text{ A}$$

Se ha decidido poner tres conductores por fase de cobre de 150 mm<sup>2</sup> de sección. El aislamiento del conductor será de XLPE (Polietileno Reticulado).

### 2.7.4 Iluminación CT

Se ha decidido colocar una lámparas fluorescente de la marca Indal, modelo INDAL Z7102202sM2 400139EL

➤ Tipo de local: Centro de transformación



- Área del local:  $10.6 m^2$
- Solución: 1 lámpara INDAL Z7102202sM2 400139EL
- Potencia: 39W

#### 2.7.4.1 Luminarias de emergencia y señalización CT

- Tipo de local: Centro de Transformación
- Área del local :  $10.6 m^2$
- Proporción  $5 \text{ lm}/m^2$
- Solución: Iverlux Alpha A0600130
- Potencia: 2 X 8W

#### 2.7.5. Dimensionamiento de la ventilación del Centro de Transformación

El objeto de la ventilación en los centros de transformación es evacuar el calor producido en el transformador o transformadores debido a las pérdidas magnéticas (perdidas en vacío) y las de los arrollamientos por efecto Joule (perdidas en carga).

Datos del transformador para el cálculo de la superficie de la rejilla:

Wcu= 2, 3 KW  
h= 2 m  
K= 0, 5  
WFe= 8.6 KW  
 $\Delta T= 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Formula:

$$\frac{WFE - WCU}{0,24 \cdot K \cdot \sqrt{(h + \Delta T)^3}}$$

Siendo:

S= Superficie en  $m^2$  de la rejilla.

Wcu= Perdidas de Cobre.

Wfe= Perdidas de hierro.

h = diferencia de altura entre la rejilla de entrada y la de salida.

K= coeficiente en función del tipo de rejilla

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura entre el aire de entrada y el de salida.

Cálculos:

1,1 m<sup>2</sup>

La superficie total de la rejilla será superior a la superficie neta debido a que las laminas de la rejilla, para no permitir el paso de agua, pequeños animales o de objetos metálicos según la MIE RAT 13, disminuyen el paso de aire; por lo que la superficie total mínima de la rejilla se aumentará como mínimo un 40%.

$$S_{entrada} = 1,1 + (1,1 \cdot 40\%) = 1.54 \text{ m}^2$$

La superficie de la rejilla para la salida del aire caliente debe ser mayor que la rejilla para la entrada de aire, admitiéndose la siguiente relación:

$$S_{entrada} = 0.92 \cdot S_{salida}$$

Por tanto, la superficie mínima de la rejilla de salida es:

$$S_{salida} = 1.68 \text{ m}^2$$

El edificio dispondrá de una rejilla de ventilación para la entrada de aire situada en la parte lateral izquierda inferior, detrás del transformador, que es igual a la necesaria. Para la salida de aire se dispone de una rejilla en la parte superior lateral derecha, 2 m por encima de la anterior de dimensiones 2200/780 mm, con superficie de 1.71 m<sup>2</sup>, que es ligeramente superior a la necesaria. Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia media vertical de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m.

Por otra parte, decir que el precio de dichas rejillas, así como su colocación y suministro, viene incluido en el precio del prefabricado.

### 2.7.6 Dimensiones del pozo apagafuegos

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

## 2.7.7 Cálculo de la instalación de puesta a tierra

### 2.7.7.1 Introducción

Hay que distinguir entre la tierra de protección y la de servicio. Deberán estar separadas para evitar que se transfieran tensiones peligrosas, tal y como se calcula posteriormente.

Datos de partida:

- Según la investigación previa del terreno donde se instalara el centro de transformación, se determina una resistividad superficial de  $150\Omega \cdot m$ .
- Tensión de red: 13,2 KV
- Nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación = 24KV
- Intensidad de defecto máxima permitida de acuerdo con las normas dadas por las
- Empresas suministradoras de energía:  $I_d = 400 A$

Características del Centro de Transformación:

- La caseta tiene 4,46m de largo y 2,38 de ancho.
- La resistividad del terreno:  $\rho = 150 \_m$
- La resistividad del hormigón:  $\rho_H = 3000 \Omega \cdot m$

El neutro de la red de distribución en media tensión esta conectado rígidamente a tierra.

Por ellos, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del centro, así como de las características de la red de media tensión.

La intensidad máxima de defecto a tierra es 400 A y el tiempo de eliminación del defecto es inferior a 0,45 segundos, según datos proporcionados por la compañía suministradora (Iberdrola).

### 2.7.7.2 Tierra de protección

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

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

Para la tierra de protección se ha adoptado la configuración 50-40/8/84 cuyos datos son los siguientes:

$$\begin{aligned}K_r &= 0,058 \Omega / \Omega\text{m} \\K_p &= 0,0089 \text{ V} / \Omega\text{mA} \\K_c &= 0,0219 \text{ V} / \Omega\text{mA}\end{aligned}$$

Siendo:

K<sub>r</sub>: Resistencia  
K<sub>p</sub>: tensión de paso  
K<sub>c</sub>: Tensión de contacto exterior.

Descripción:

Estará constituida por 8 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 metros. Estas picas formarán un rectángulo de dimensiones 5x4 metros.

NOTA: Se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando se cumplan las comprobaciones realizadas anteriormente.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1KV protegido contra daños mecánicos.

### 2.7.7.3. Resistencia de la tierra de Protección

La compañía suministradora proporciona los datos de la puesta a tierra del neutro, cuyos valores son los siguientes: R<sub>n</sub>=0 Ω ; X<sub>n</sub>=25 Ωj.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del centro y tensión de defecto correspondiente, se utilizarán las siguientes fórmulas:

➤ **Resistencia del sistema de puesta a tierra:**

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0,058 \cdot 150 = 8,7 \Omega$$

➤ **Intensidad de defecto:**

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = \frac{13200}{\sqrt{3} \times \sqrt{(0 + 8,7)^2 + 25^2}} = 287,9 \text{ A}$$

➤ **Tensión de defecto:**

$$U_d = R_t \cdot I_d = 8,7 \cdot 287,9 = 2504,8 \text{ V menor de } 10000 \text{ v OK}$$

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 3000V.

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

**Tension de acceso:**

$$V_p(\text{acc}) = K_c \cdot I_d \cdot \rho = 0,0219 \cdot 287 \cdot 150 = 945,75 \text{ v}$$

$$V_p(\text{acceso}) = 10 \cdot \frac{K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho_H}{1000} \right) = 16720 \text{ v}$$

Siendo:

Up: Tensiones de paso en voltios

K= 72

n = 1

K y n se obtienen en el MIE RAT 13, en función del tiempo de desconexión t.

t : tiempo de desconexión en segundos (0,45s)

$\rho$ : Resistividad del terreno

$\rho_H$  : Resistividad del hormigón (3000  $\Omega\text{m}$ )

$$945,75 \text{ V} < 16720 \text{ V} \quad \text{OK}$$

#### 2.7.7.4 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.

Para la tierra de servicio se ha adoptado la configuración de profundidad 0,5. Numeros de picas 4 con código (5/42).cuyos datos son los siguientes:

$$K_r = 0,104 \Omega / \Omega m \quad k_p = 0,0184 \Omega / \Omega m$$

Descripción:

Estará constituida por 4 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 metros. Estas picas formarán un rectángulo de dimensiones 5x4 metros.

NOTA: Se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando se cumplan las Comprobaciones.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1KV protegido contra daños mecánicos.

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 (=37Ω x 300).

Existirá una separación mínima entre las picas de tierra de protección y las picas de tierra de servicio, a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de baja tensión.

$$R_i = K_r \cdot \rho = 0,104 \cdot 150 = 15,6 \Omega < 37 \Omega \quad \text{OK}$$

$$D_{\min} \geq \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = \frac{150 \cdot 287,9}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = 6,87m$$

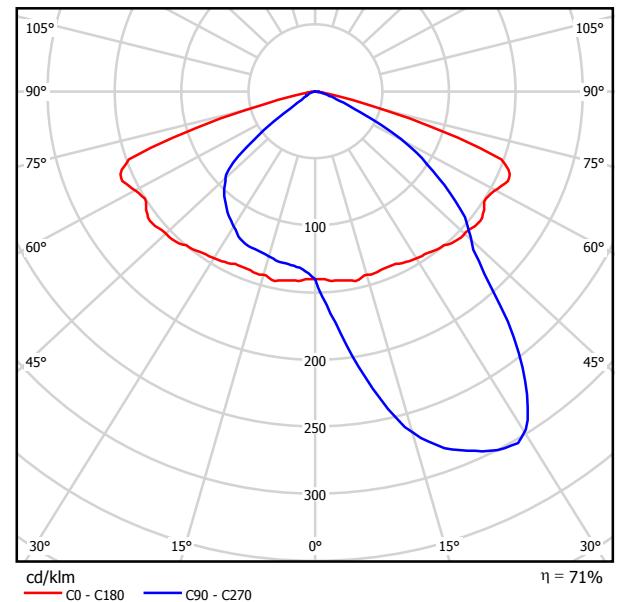
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS SGS305 1xSON-TPP150W TP FG P10 / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 39 77 98 100 71



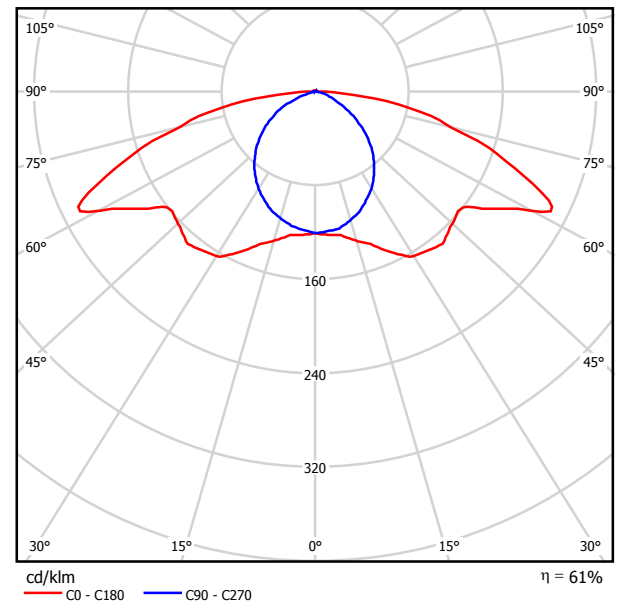
Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS FGS223 1xPL-L24W HFP +ZGS223 LO / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 33 63 92 100 61

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

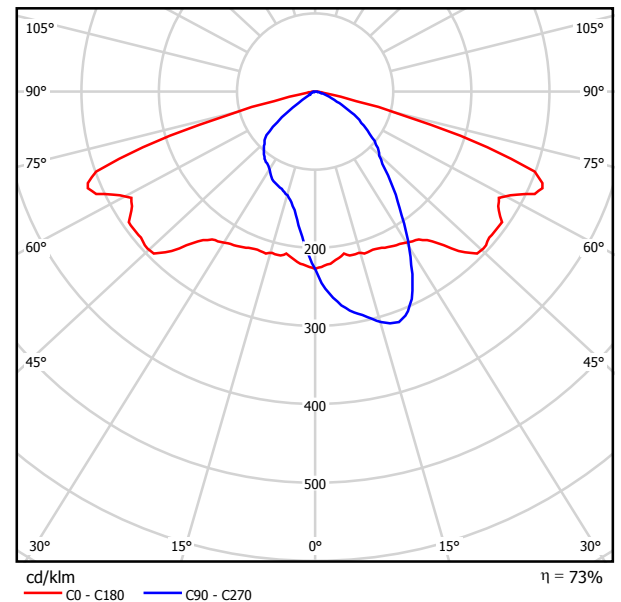
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS SGS305 1xSON-TPP150W TP FG P6 / Hoja de datos de luminarias**



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 43 77 98 100 74

Emisión de luz 1:



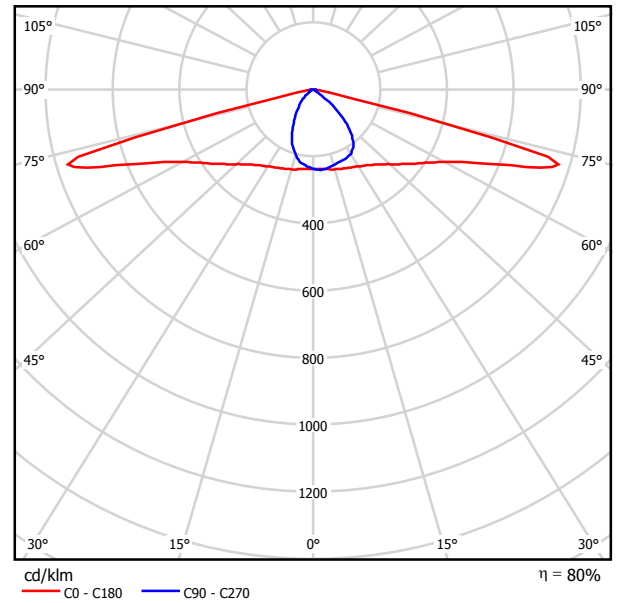
Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS BRS419 1xECO23-2S/830 MSO / Hoja de datos de luminarias**



Emisión de luz 1:

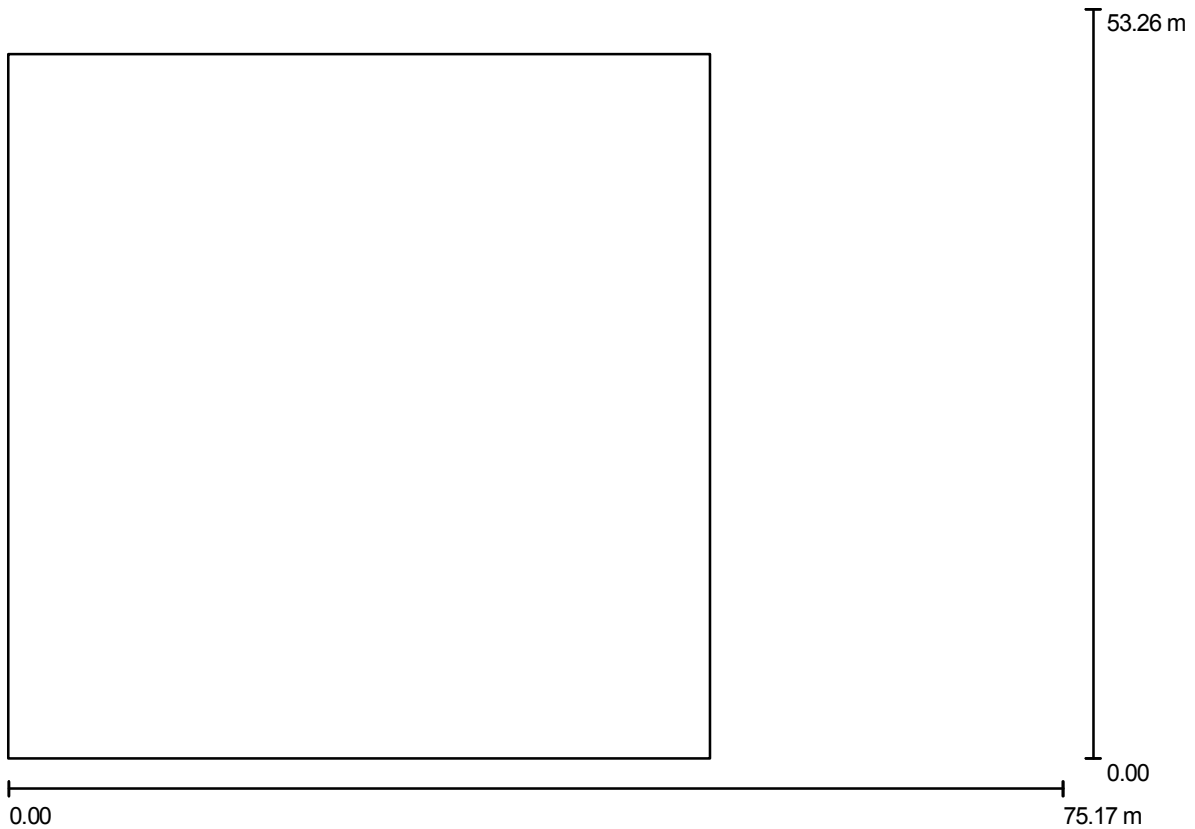


Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 42 73 96 100 82

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Escena exterior 1 / Datos de planificación**



Factor mantenimiento: 0.80, ULR (Upward Light Ratio): 0.0%

Escala 1:538

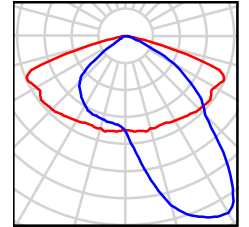
**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	29	PHILIPS SGS305 1xSON-TPP150W TP FG P10 (1.000)	12425	17500	169.0
Total:			360325	Total: 507500	4901.0

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Escena exterior 1 / Lista de luminarias

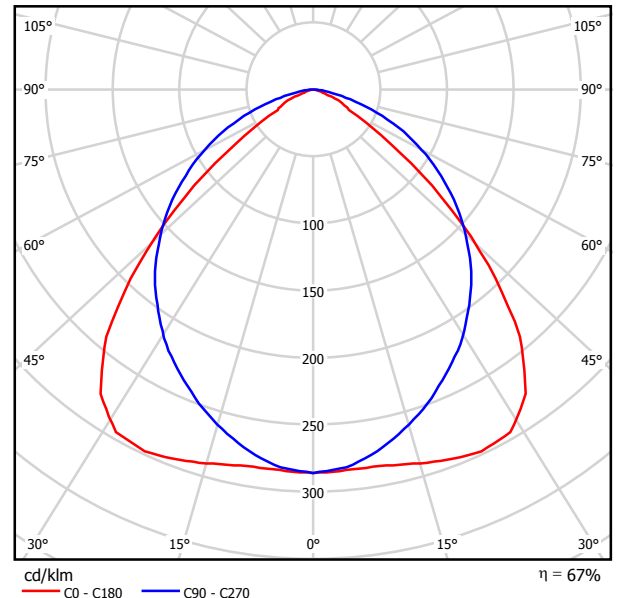
29 Pieza PHILIPS SGS305 1xSON-TPP150W TP FG P10  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 12425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 17500 lm  
Potencia de las luminarias: 169.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 39 77 98 100 71  
Lámpara: 1 x SON-TPP150W (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS TBS160 4xTL-D36W HF C3 / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 59 92 99 100 67

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
n Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
n Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
n Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	15.9	17.1	16.2	17.3	17.5	18.0	19.1	18.3	19.4	19.6
	3H	15.9	17.0	16.2	17.2	17.5	19.0	20.0	19.3	20.3	20.5
	4H	15.9	16.8	16.2	17.1	17.4	19.2	20.2	19.6	20.5	20.7
	6H	15.8	16.7	16.1	17.0	17.3	19.3	20.2	19.7	20.5	20.8
	8H	15.8	16.6	16.1	16.9	17.2	19.3	20.2	19.7	20.5	20.8
4H	12H	15.7	16.5	16.1	16.8	17.2	19.3	20.1	19.7	20.4	20.8
	2H	16.3	17.2	16.6	17.5	17.8	18.1	19.1	18.4	19.3	19.6
	3H	16.4	17.2	16.7	17.5	17.8	19.2	20.0	19.5	20.3	20.6
	4H	16.3	17.0	16.7	17.3	17.7	19.5	20.2	19.9	20.5	20.9
	6H	16.2	16.8	16.6	17.2	17.6	19.6	20.2	20.0	20.6	21.0
8H	8H	16.2	16.7	16.6	17.1	17.5	19.6	20.2	20.1	20.6	21.0
	12H	16.2	16.7	16.6	17.1	17.5	19.6	20.1	20.1	20.5	21.0
	4H	16.3	16.9	16.7	17.2	17.7	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7
	6H	16.2	16.7	16.7	17.1	17.6	19.6	20.0	20.0	20.4	20.9
	8H	16.2	16.6	16.7	17.0	17.5	19.6	20.0	20.1	20.4	20.9
12H	12H	16.2	16.5	16.6	17.0	17.5	19.6	19.9	20.1	20.4	20.9
	4H	16.3	16.8	16.7	17.2	17.6	19.4	19.9	19.8	20.3	20.7
	6H	16.2	16.6	16.7	17.0	17.5	19.5	19.9	20.0	20.3	20.8
8H	16.2	16.5	16.7	17.0	17.5	19.5	19.9	20.0	20.3	20.8	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+1.0 / -1.8					+0.3 / -0.4					
S = 1.5H	+2.2 / -5.2					+0.8 / -1.0					
S = 2.0H	+3.7 / -6.6					+1.1 / -1.9					
Tabla estándar	BK01					BK03					
Sumando de corrección	-3.0					0.8					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 13400lm Flujo luminoso total											

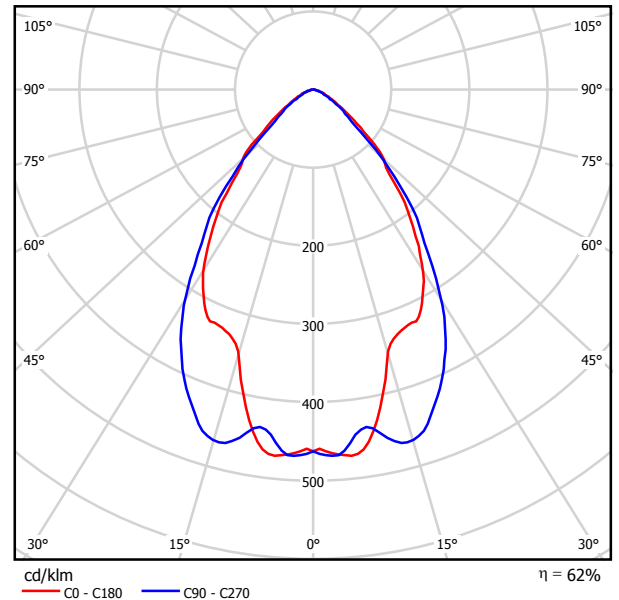
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS FBS120 1xPL-C/2P18W P / Hoja de datos de luminarias**



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 98 100 99 63

Emisión de luz 1:



Emisión de luz 1:

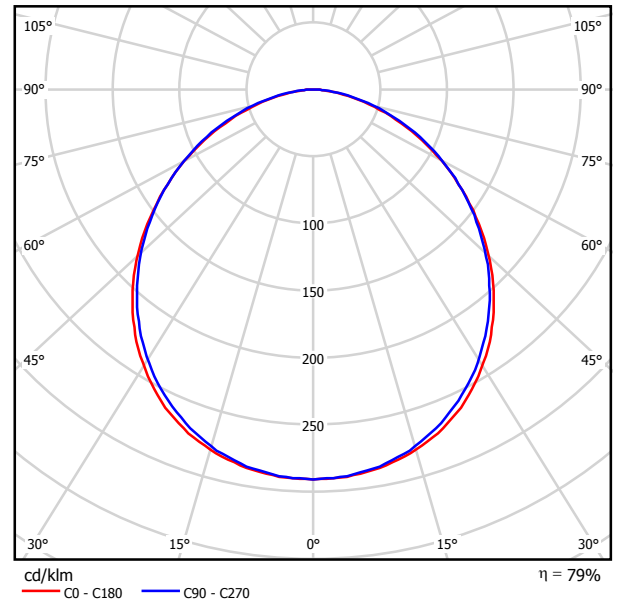
Valoración de deslumbramiento según UGR											
n Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
n Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
n Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	15.6	16.5	15.9	16.7	16.9	15.6	16.4	15.8	16.6	16.9
	3H	15.8	16.6	16.1	16.8	17.1	15.6	16.4	15.9	16.7	16.9
	4H	15.8	16.5	16.1	16.8	17.0	15.6	16.4	15.9	16.6	16.9
	6H	15.7	16.4	16.0	16.7	17.0	15.6	16.2	15.9	16.5	16.8
	8H	15.7	16.3	16.0	16.6	16.9	15.5	16.2	15.9	16.5	16.8
4H	12H	15.6	16.2	16.0	16.6	16.9	15.5	16.1	15.8	16.4	16.7
	2H	15.5	16.3	15.8	16.5	16.8	15.5	16.3	15.8	16.5	16.8
	3H	15.8	16.4	16.1	16.7	17.0	15.6	16.3	16.0	16.6	16.9
	4H	15.8	16.3	16.2	16.7	17.0	15.6	16.2	16.0	16.5	16.9
	6H	15.7	16.2	16.1	16.5	16.9	15.6	16.0	16.0	16.4	16.8
8H	8H	15.7	16.1	16.1	16.5	16.9	15.5	15.9	16.0	16.3	16.7
	12H	15.6	16.0	16.1	16.4	16.8	15.5	15.9	15.9	16.3	16.7
	4H	15.7	16.1	16.1	16.5	16.9	15.6	16.0	16.0	16.4	16.8
	6H	15.6	16.0	16.1	16.4	16.8	15.5	15.8	15.9	16.2	16.7
	8H	15.6	15.9	16.1	16.3	16.8	15.4	15.7	15.9	16.2	16.6
12H	12H	15.5	15.8	16.0	16.2	16.7	15.4	15.6	15.9	16.1	16.6
	4H	15.7	16.0	16.1	16.4	16.9	15.5	15.9	16.0	16.3	16.7
	6H	15.6	15.9	16.1	16.3	16.8	15.4	15.7	15.9	16.2	16.6
8H	15.5	15.8	16.0	16.2	16.7	15.4	15.6	15.9	16.1	16.6	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+1.3 / -2.0					+1.7 / -2.9					
S = 1.5H	+2.9 / -4.0					+3.8 / -4.8					
S = 2.0H	+4.7 / -5.4					+5.6 / -6.3					
Tabla estándar	BK01					BK01					
Sumando de corrección	-3.8					-3.9					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 1200lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150 ACP / Hoja de datos de luminarias**



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 50 81 97 100 79

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
n Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
n Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
n Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	22.5	23.8	22.8	24.0	24.3	22.5	23.8	22.8	24.0	24.2
	3H	23.8	25.0	24.2	25.3	25.5	23.9	25.1	24.2	25.3	25.6
	4H	24.3	25.4	24.7	25.7	26.0	24.4	25.5	24.8	25.8	26.1
	6H	24.6	25.6	25.0	25.9	26.2	24.8	25.8	25.2	26.1	26.4
	8H	24.7	25.7	25.1	26.0	26.3	24.9	25.9	25.3	26.2	26.5
4H	12H	24.7	25.6	25.1	26.0	26.3	24.9	25.9	25.3	26.2	26.5
	2H	23.1	24.2	23.5	24.5	24.8	23.1	24.2	23.5	24.5	24.8
	3H	24.7	25.6	25.0	25.9	26.2	24.7	25.6	25.1	26.0	26.3
	4H	25.3	26.1	25.7	26.4	26.8	25.4	26.2	25.8	26.6	26.9
	6H	25.7	26.4	26.1	26.7	27.1	25.9	26.6	26.3	26.9	27.3
8H	12H	25.8	26.4	26.2	26.8	27.2	26.0	26.7	26.4	27.0	27.5
	2H	25.8	26.4	26.3	26.8	27.2	26.1	26.7	26.5	27.1	27.5
	4H	25.5	26.2	25.9	26.6	27.0	25.6	26.3	26.1	26.7	27.1
	6H	26.0	26.6	26.5	27.0	27.4	26.2	26.8	26.7	27.2	27.6
	8H	26.2	26.7	26.7	27.1	27.6	26.4	26.9	26.9	27.3	27.8
12H	26.3	26.7	26.8	27.1	27.6	26.5	26.9	27.0	27.4	27.9	
	4H	25.5	26.1	26.0	26.5	27.0	25.6	26.2	26.1	26.6	27.1
	6H	26.1	26.5	26.5	27.0	27.5	26.3	26.7	26.7	27.2	27.6
8H	26.3	26.6	26.7	27.1	27.6	26.5	26.9	27.0	27.3	27.8	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+0.1 / -0.2					+0.1 / -0.1					
S = 1.5H	+0.3 / -0.5					+0.3 / -0.4					
S = 2.0H	+0.5 / -0.9					+0.5 / -0.8					
Tabla estándar	BK05					BK05					
Sumando de corrección	8.0					8.1					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 13100lm Flujo luminoso total											



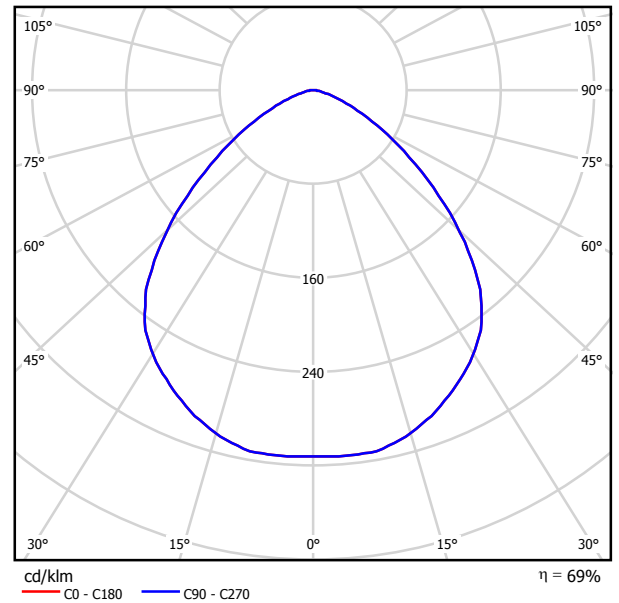
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB / Hoja de datos de luminarias**



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69

Emisión de luz 1:

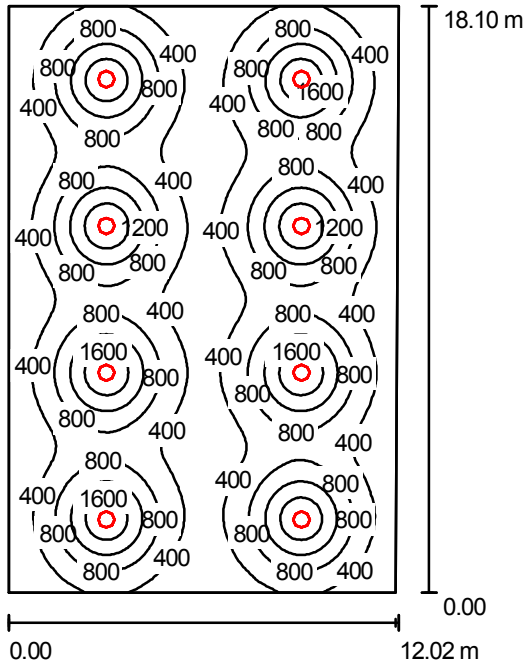


Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
n Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
n Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
n Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	25.1	26.2	25.3	26.4	26.6	25.1	26.2	25.3	26.4	26.6
	3H	25.4	26.4	25.7	26.6	26.9	25.4	26.4	25.7	26.6	26.9
	4H	25.4	26.4	25.8	26.6	26.9	25.4	26.4	25.8	26.6	26.9
	6H	25.4	26.3	25.8	26.6	26.9	25.4	26.3	25.8	26.6	26.9
	8H	25.4	26.2	25.7	26.5	26.8	25.4	26.2	25.7	26.5	26.8
	12H	25.4	26.1	25.7	26.4	26.8	25.4	26.1	25.7	26.4	26.8
4H	2H	25.3	26.2	25.6	26.5	26.8	25.3	26.2	25.6	26.5	26.8
	3H	25.7	26.5	26.1	26.8	27.1	25.7	26.5	26.1	26.8	27.1
	4H	25.8	26.5	26.2	26.8	27.2	25.8	26.5	26.2	26.8	27.2
	6H	25.8	26.4	26.2	26.8	27.1	25.8	26.4	26.2	26.8	27.1
	8H	25.8	26.3	26.2	26.7	27.1	25.8	26.3	26.2	26.7	27.1
	12H	25.7	26.2	26.2	26.6	27.1	25.7	26.2	26.2	26.6	27.1
8H	4H	25.8	26.3	26.2	26.7	27.1	25.8	26.3	26.2	26.7	27.1
	6H	25.8	26.2	26.2	26.6	27.1	25.8	26.2	26.2	26.6	27.1
	8H	25.8	26.1	26.2	26.6	27.1	25.8	26.1	26.2	26.6	27.1
	12H	25.7	26.0	26.2	26.5	27.0	25.7	26.0	26.2	26.5	27.0
12H	4H	25.7	26.2	26.2	26.6	27.1	25.7	26.2	26.2	26.6	27.1
	6H	25.8	26.1	26.2	26.6	27.0	25.8	26.1	26.2	26.6	27.0
	8H	25.7	26.1	26.2	26.5	27.0	25.7	26.1	26.2	26.5	27.0
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+0.5 / -0.8					+0.5 / -0.8					
S = 1.5H	+1.1 / -2.0					+1.1 / -2.0					
S = 2.0H	+2.2 / -3.5					+2.2 / -3.5					
Tabla estándar Sumando de corrección	BK01 6.4					BK01 6.4					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 32500lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**almacen patatas / Resumen**



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 3.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:233

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	694	129	1913	0.186
Suelo	20	657	216	1106	0.328
Techo	70	110	80	129	0.727
Paredes (4)	50	174	73	448	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

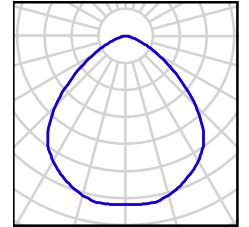
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
Total:			179400	260000	3424.0

Valor de eficiencia energética:  $15.80 \text{ W/m}^2 = 2.28 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $216.66 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## almacen patatas / Lista de luminarias

8 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## almacen patatas / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 179400 lm  
Potencia total: 3424.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	620	75	694	/	/
Suelo	573	84	657	20	42
Techo	0.00	110	110	70	24
Pared 1	94	93	188	50	30
Pared 2	71	98	169	50	27
Pared 3	94	92	186	50	30
Pared 4	69	94	163	50	26

Simetrías en el plano útil

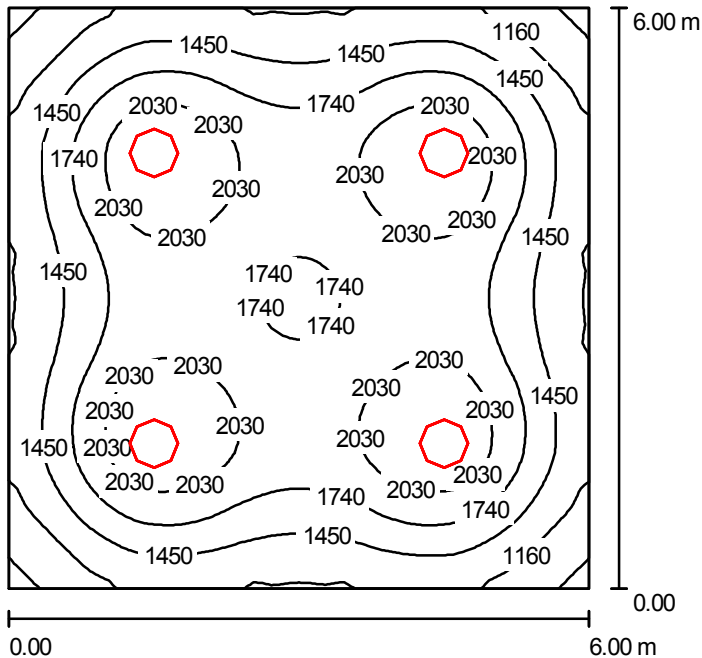
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.186 (1:5)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.068 (1:15)

Valor de eficiencia energética: 15.80 W/m<sup>2</sup> = 2.28 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 216.66 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**zona distribucion / Resumen**



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 3.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:78

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1686	820	2266	0.486
Suelo	20	1445	874	1779	0.605
Techo	70	234	179	289	0.766
Paredes (4)	50	551	176	1075	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**UGR**  
 Pared izq 26  
 Pared inferior 26  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- 26  
 Tran 26  
 al eje de luminaria

**Lista de piezas - Luminarias**

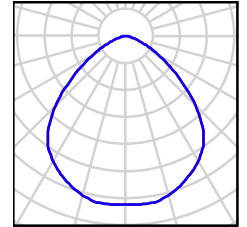
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
			Total: 89700	Total: 130000	1712.0

Valor de eficiencia energética:  $47.56 \text{ W/m}^2 = 2.82 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $36.00 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## zona distribucion / Lista de luminarias

4 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**zona distribucion / Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 89700 lm  
Potencia total: 1712.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	1458	228	1686	/	/
Suelo	1175	270	1445	20	92
Techo	0.00	234	234	70	52
Pared 1	306	245	551	50	88
Pared 2	306	245	551	50	88
Pared 3	306	245	551	50	88
Pared 4	306	246	552	50	88

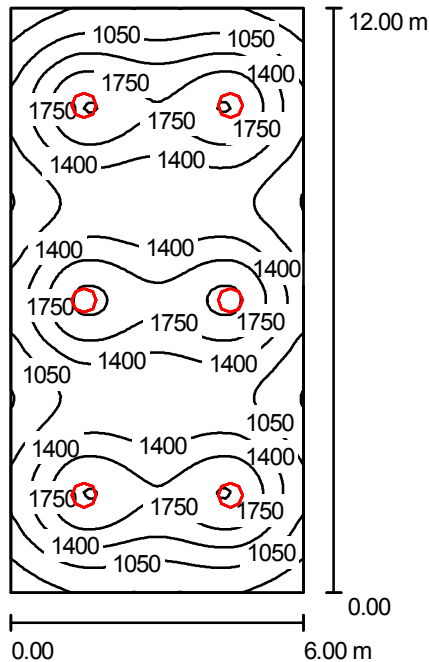
Simetrías en el plano útil  
 $E_{min} / E_m$ : 0.486 (1:2)  
 $E_{min} / E_{max}$ : 0.362 (1:3)

**UGR** Longi- Tran al eje de luminaria  
 Pared izq 26 26  
 Pared inferior 26 26  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 47.56 W/m<sup>2</sup> = 2.82 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 36.00 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

almacen palets / Resumen



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 3.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:155

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1373	492	2159	0.358
Suelo	20	1225	658	1566	0.537
Techo	70	203	141	239	0.697
Paredes (4)	50	432	147	1000	/

Plano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	26	26	
Trama: 64 x 128 Puntos	Pared inferior	26	26	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
Total:			134550	195000	2568.0

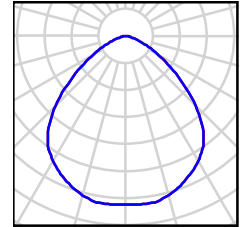
Valor de eficiencia energética:  $35.67 \text{ W/m}^2 = 2.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $72.00 \text{ m}^2$ )



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## almacen palets / Lista de luminarias

6 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**almacen palets / Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 134550 lm  
Potencia total: 2568.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	1203	169	1373	/	/
Suelo	1023	202	1225	20	78
Techo	0.00	203	203	70	45
Pared 1	200	196	396	50	63
Pared 2	253	198	451	50	72
Pared 3	200	196	396	50	63
Pared 4	253	198	451	50	72

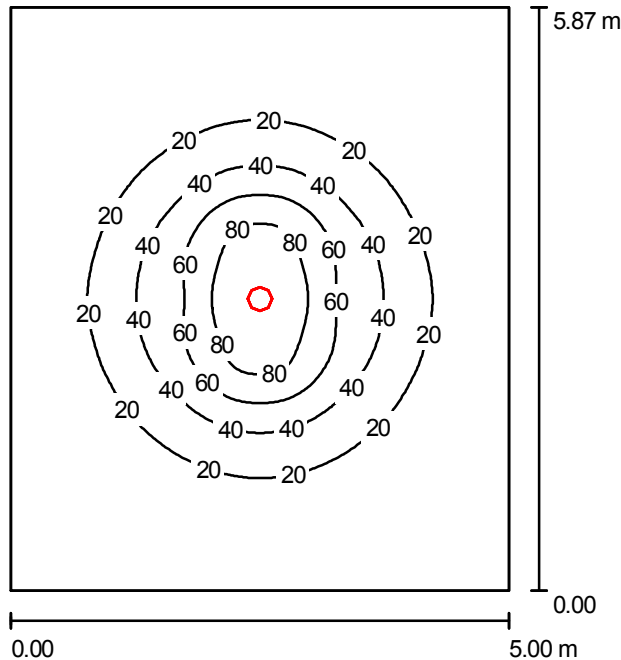
Simetrías en el plano útil  
 $E_{min} / E_m$ : 0.358 (1:3)  
 $E_{min} / E_{max}$ : 0.228 (1:4)

**UGR** Longi- Tran al eje de luminaria  
 Pared izq 26 26  
 Pared inferior 26 26  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 35.67 W/m<sup>2</sup> = 2.60 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 72.00 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**cuarto de limpieza / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.122 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:76

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	21	2.05	99	0.099
Suelo	20	19	3.28	52	0.172
Techo	70	2.59	1.76	3.18	0.681
Paredes (4)	50	3.69	1.84	10	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**UGR**

Pared izq 16  
Pared inferior 16  
(CIE, SHR = 0.25.)

Longi-

16  
16

Tran

16  
16

al eje de luminaria

**Lista de piezas - Luminarias**

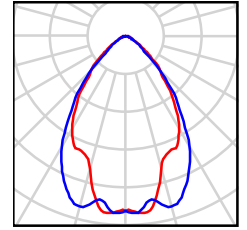
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS FBS120 1xPL-C/2P18W P (1.000)	744	1200	25.3
			Total: 744	Total: 1200	25.3

Valor de eficiencia energética:  $0.86 \text{ W/m}^2 = 4.15 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $29.35 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## cuarto de limpieza / Lista de luminarias

1 Pieza PHILIPS FBS120 1xPL-C/2P18W P  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 744 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 1200 lm  
Potencia de las luminarias: 25.3 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 98 100 99 63  
Lámpara: 1 x PL-C/2P18W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## cuarto de limpieza / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 744 lm  
Potencia total: 25.3 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	19	1.75	21	/	/
Suelo	17	1.99	19	20	1.22
Techo	0.00	2.59	2.59	70	0.58
Pared 1	1.10	2.22	3.32	50	0.53
Pared 2	1.71	2.29	4.00	50	0.64
Pared 3	1.10	2.22	3.32	50	0.53
Pared 4	1.71	2.29	4.01	50	0.64

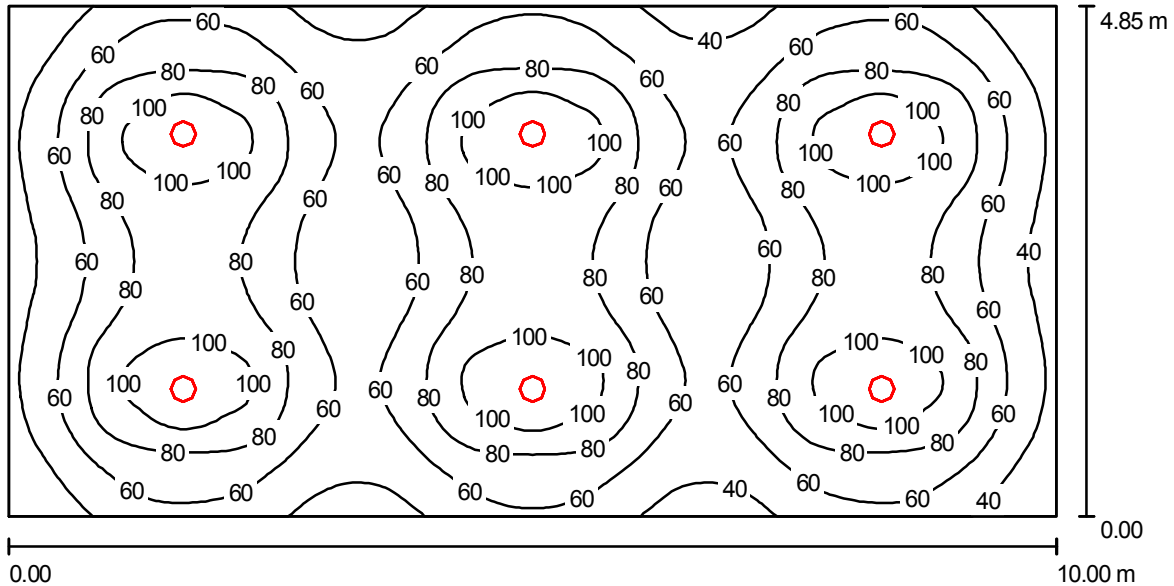
Simetrías en el plano útil  
E<sub>min</sub> / E<sub>m</sub>: 0.099 (1:10)  
E<sub>min</sub> / E<sub>max</sub>: 0.021 (1:48)

**UGR** Longi- Tran al eje de luminaria  
Pared izq 16 16  
Pared inferior 16 16  
(CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 0.86 W/m<sup>2</sup> = 4.15 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 29.35 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**sala de descanso / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.122 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:72

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	70	22	117	0.311
Suelo	20	63	30	80	0.486
Techo	70	11	7.51	13	0.697
Paredes (4)	50	21	8.25	42	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	16	16	
Trama:	128 x 64 Puntos	Pared inferior	16	16	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

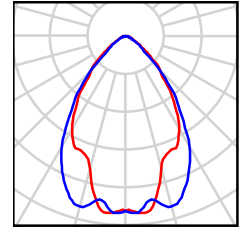
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS FBS120 1xPL-C/2P18W P (1.000)	744	1200	25.3
			Total: 4464	Total: 7200	151.8

Valor de eficiencia energética:  $3.13 \text{ W/m}^2 = 4.45 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $48.52 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## sala de descanso / Lista de luminarias

6 Pieza PHILIPS FBS120 1xPL-C/2P18W P  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 744 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 1200 lm  
Potencia de las luminarias: 25.3 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 98 100 99 63  
Lámpara: 1 x PL-C/2P18W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**sala de descanso / Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 4464 lm  
Potencia total: 151.8 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	62	8.76	70	/	/
Suelo	53	9.83	63	20	4.00
Techo	0.00	11	11	70	2.40
Pared 1	12	10	22	50	3.56
Pared 2	9.44	9.99	19	50	3.09
Pared 3	12	10	22	50	3.55
Pared 4	9.44	9.99	19	50	3.09

Simetrías en el plano útil  
 $E_{min} / E_m$ : 0.311 (1:3)  
 $E_{min} / E_{max}$ : 0.187 (1:5)

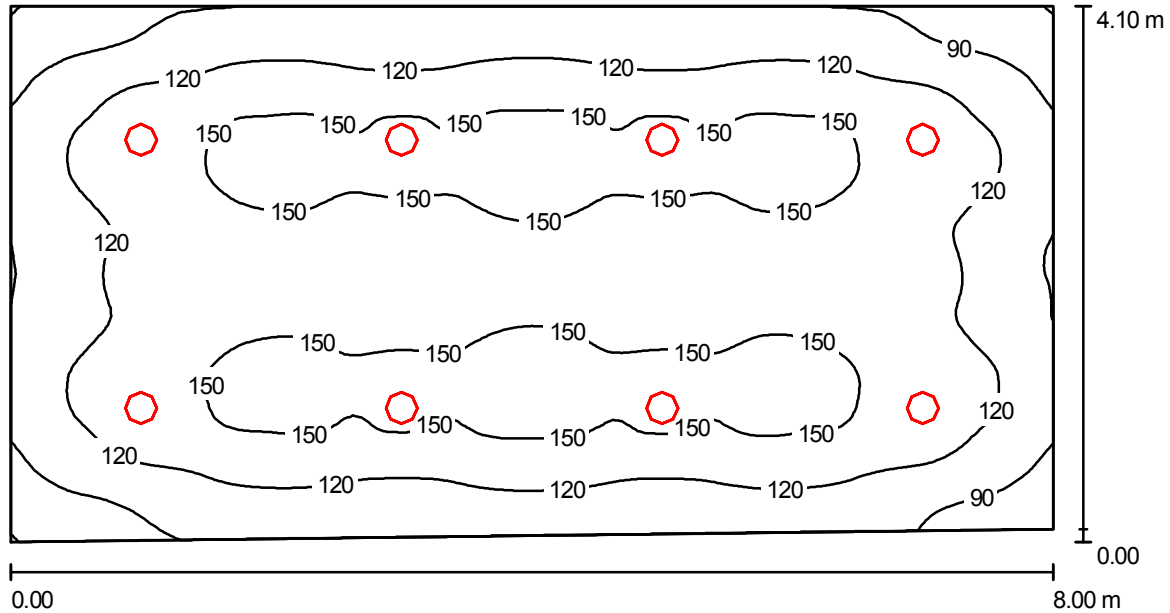
**UGR** Longi- Tran al eje de luminaria  
 Pared izq 16 16  
 Pared inferior 16 16  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética:  $3.13 \text{ W/m}^2 = 4.45 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $48.52 \text{ m}^2$ )



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

vestuarios femeninos / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.122 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:58

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	129	59	161	0.456
Suelo	20	113	62	143	0.545
Techo	70	20	14	23	0.711
Paredes (4)	50	44	16	73	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

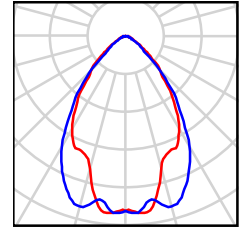
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS FBS120 1xPL-C/2P18W P (1.000)	744	1200	25.3
			Total: 5952	Total: 9600	202.4

Valor de eficiencia energética:  $6.25 \text{ W/m}^2 = 4.85 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $32.40 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## vestuarios femeninos / Lista de luminarias

8 Pieza PHILIPS FBS120 1xPL-C/2P18W P  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 744 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 1200 lm  
Potencia de las luminarias: 25.3 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 98 100 99 63  
Lámpara: 1 x PL-C/2P18W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## vestuarios femeninos / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 5952 lm  
Potencia total: 202.4 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	110	18	129	/	/
Suelo	93	20	113	20	7.19
Techo	0.00	20	20	70	4.51
Pared 1	25	20	45	50	7.22
Pared 2	24	20	44	50	6.93
Pared 3	24	20	44	50	7.02
Pared 4	24	20	43	50	6.87

Simetrías en el plano útil

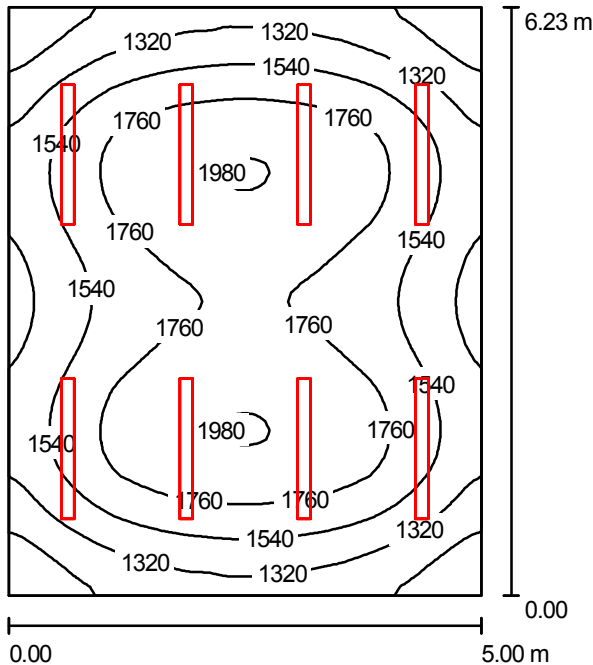
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.456 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.365 (1:3)

Valor de eficiencia energética:  $6.25 \text{ W/m}^2 = 4.85 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $32.40 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

laboratorio / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:80

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1580	940	1993	0.595
Suelo	20	1319	875	1605	0.663
Techo	70	316	248	377	0.782
Paredes (4)	50	841	265	1771	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	25	25	
Trama:	64 x 64 Puntos	Pared inferior	24	24	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

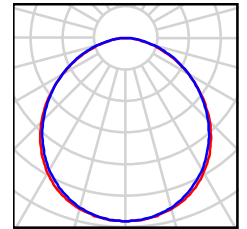
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150 ACP (1.000)	10349	13100	172.0
			Total: 82792	Total: 104800	1376.0

Valor de eficiencia energética:  $44.17 \text{ W/m}^2 = 2.80 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $31.15 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## laboratorio / Lista de luminarias

8 Pieza PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150  
ACP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 10349 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 13100 lm  
Potencia de las luminarias: 172.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 50 81 97 100 79  
Lámpara: 2 x TL5-80W/840 (Factor de corrección  
1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## laboratorio / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 82792 lm  
Potencia total: 1376.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	1248	332	1580	/	/
Suelo	975	344	1319	20	84
Techo	0.00	316	316	70	71
Pared 1	488	315	803	50	128
Pared 2	565	307	872	50	139
Pared 3	488	315	803	50	128
Pared 4	565	307	872	50	139

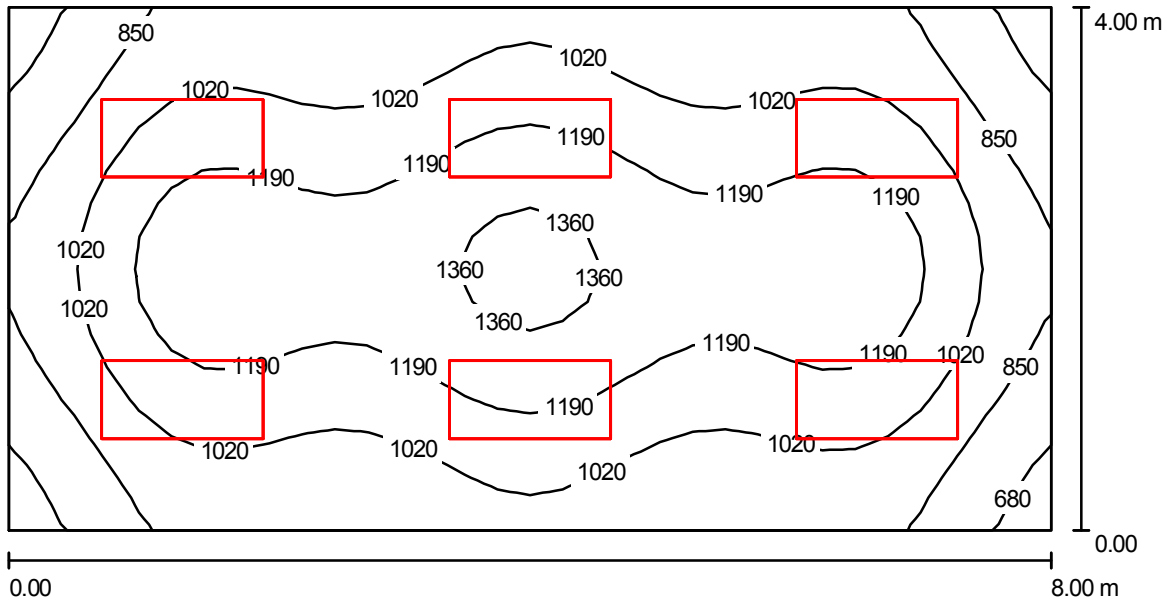
Simetrías en el plano útil  
 $E_{\min} / E_m$ : 0.595 (1:2)  
 $E_{\min} / E_{\max}$ : 0.471 (1:2)

**UGR** Longi- Tran al eje de luminaria  
 Pared izq 25 25  
 Pared inferior 24 24  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 44.17 W/m<sup>2</sup> = 2.80 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 31.15 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

sala de juntas / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.122 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:58

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1059	621	1427	0.587
Suelo	20	889	563	1105	0.633
Techo	70	216	177	234	0.820
Paredes (4)	50	498	189	852	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 32 x 16 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**UGR**  
 Pared izq 16  
 Pared inferior 16  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- Tran al eje de luminaria  
 16 19  
 16 18

Lista de piezas - Luminarias

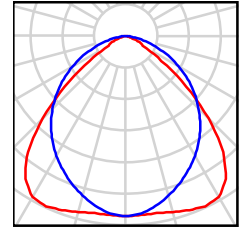
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS TBS160 4xTL-D36W HF C3 (1.000)	8978	13400	144.0
			Total: 53868	Total: 80400	864.0

Valor de eficiencia energética:  $27.00 \text{ W/m}^2 = 2.55 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $32.00 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## sala de juntas / Lista de luminarias

6 Pieza PHILIPS TBS160 4xTL-D36W HF C3  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 8978 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 13400 lm  
Potencia de las luminarias: 144.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 59 92 99 100 67  
Lámpara: 4 x TL-D36W/840 (Factor de corrección 1.000).





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**sala de juntas / Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 53868 lm  
Potencia total: 864.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	850	209	1059	/	/
Suelo	674	215	889	20	57
Techo	0.00	216	216	70	48
Pared 1	297	202	499	50	79
Pared 2	299	199	497	50	79
Pared 3	297	202	499	50	79
Pared 4	299	199	497	50	79

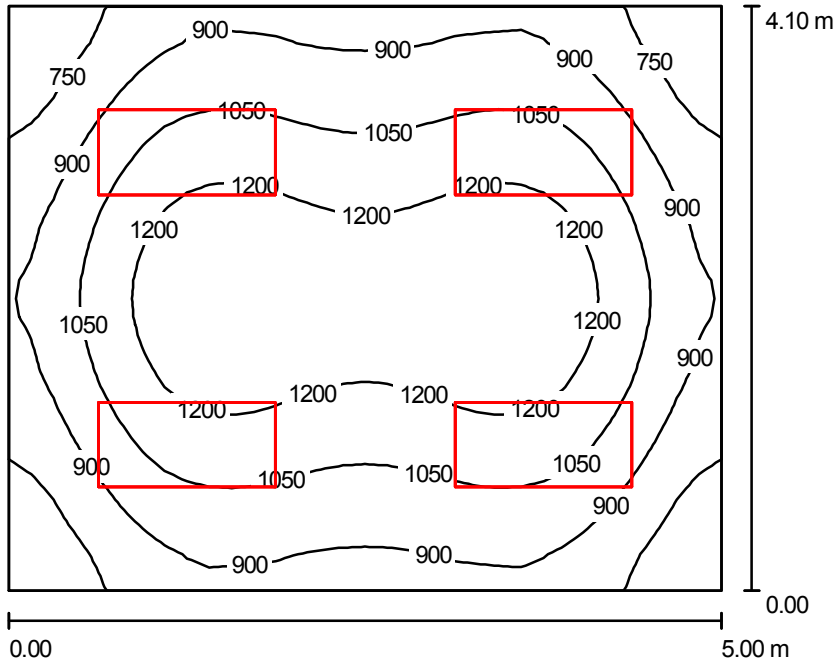
Simetrías en el plano útil  
 $E_{min} / E_m$ : 0.587 (1:2)  
 $E_{min} / E_{max}$ : 0.435 (1:2)

**UGR** Longi- Tran al eje de luminaria  
 Pared izq 16 19  
 Pared inferior 16 18  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 27.00 W/m<sup>2</sup> = 2.55 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 32.00 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

despacho3 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.080 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:53

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1021	615	1331	0.602
Suelo	20	830	551	1008	0.664
Techo	70	179	120	215	0.671
Paredes (4)	50	482	152	809	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	16	19	
Trama:	32 x 32 Puntos	Pared inferior	16	18	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

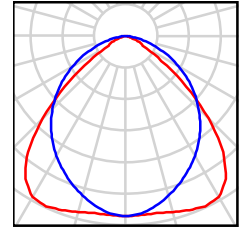
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS TBS160 4xTL-D36W HF C3 (1.000)	8978	13400	144.0
			Total: 35912	Total: 53600	576.0

Valor de eficiencia energética:  $28.10 \text{ W/m}^2 = 2.75 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $20.50 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## despacho3 / Lista de luminarias

4 Pieza PHILIPS TBS160 4xTL-D36W HF C3  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 8978 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 13400 lm  
Potencia de las luminarias: 144.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 59 92 99 100 67  
Lámpara: 4 x TL-D36W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

### despacho3 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 35912 lm  
Potencia total: 576.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	820	201	1021	/	/
Suelo	622	208	830	20	53
Techo	0.00	179	179	70	40
Pared 1	281	192	473	50	75
Pared 2	304	190	494	50	79
Pared 3	281	191	472	50	75
Pared 4	304	190	494	50	79

Simetrías en el plano útil

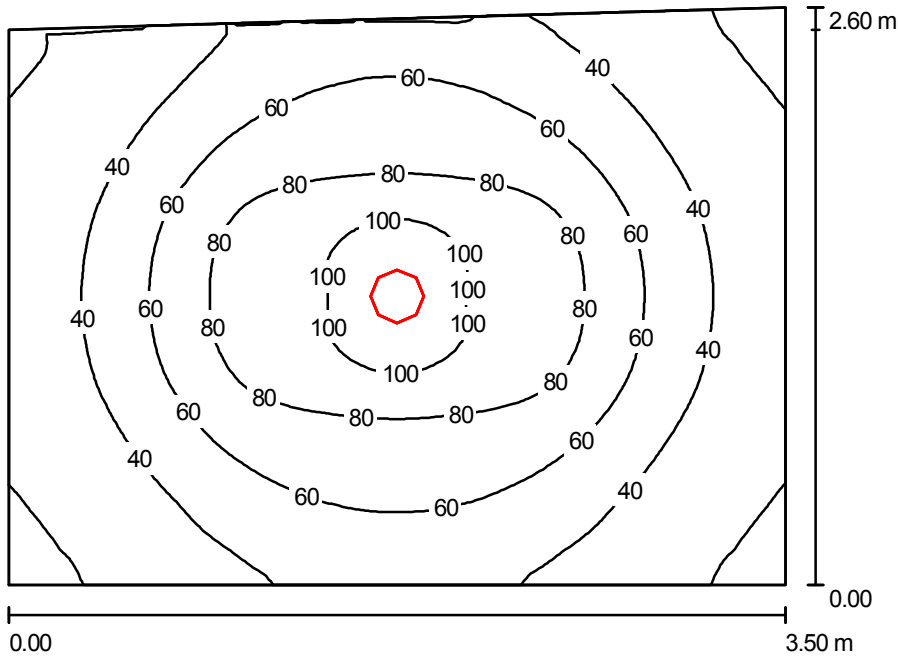
$E_{\min} / E_m$ : 0.602 (1:2)	<b>UGR</b>	Longi-	Tran	al eje de luminaria
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.462 (1:2)	Pared izq	16	19	
	Pared inferior	16	18	

(CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 28.10 W/m<sup>2</sup> = 2.75 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 20.50 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**aseos femeninos / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.080 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:34

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	55	16	108	0.289
Suelo	20	42	23	59	0.537
Techo	70	6.52	4.72	7.62	0.724
Paredes (4)	50	15	4.72	36	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

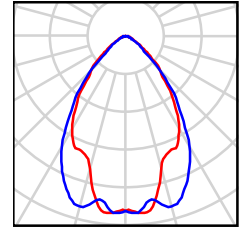
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS FBS120 1xPL-C/2P18W P (1.000)	744	1200	25.3
Total:			744	1200	25.3

Valor de eficiencia energética:  $2.83 \text{ W/m}^2 = 5.19 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $8.93 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## aseos femeninos / Lista de luminarias

1 Pieza PHILIPS FBS120 1xPL-C/2P18W P  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 744 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 1200 lm  
Potencia de las luminarias: 25.3 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 98 100 99 63  
Lámpara: 1 x PL-C/2P18W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## aseos femeninos / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 744 lm  
Potencia total: 25.3 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	48	6.91	55	/	/
Suelo	34	8.28	42	20	2.67
Techo	0.00	6.52	6.52	70	1.45
Pared 1	9.00	7.12	16	50	2.57
Pared 2	6.57	7.09	14	50	2.17
Pared 3	9.49	7.23	17	50	2.66
Pared 4	6.68	7.12	14	50	2.20

Simetrías en el plano útil

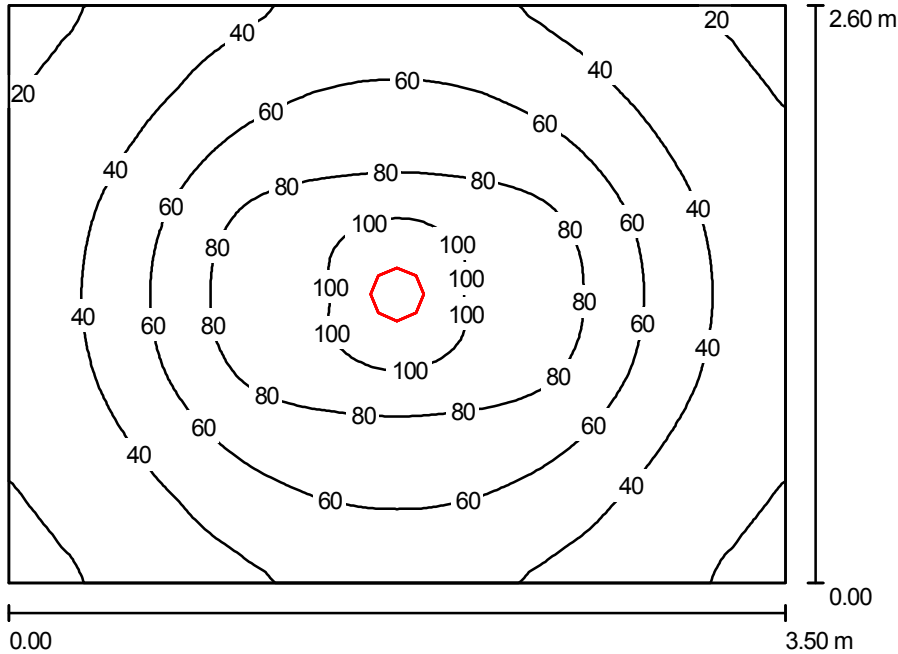
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.289 (1:3)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.147 (1:7)

Valor de eficiencia energética:  $2.83 \text{ W/m}^2 = 5.19 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $8.93 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**aseos masculinos / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.080 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:34

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	54	16	107	0.291
Suelo	20	42	22	59	0.541
Techo	70	6.34	4.61	7.37	0.726
Paredes (4)	50	15	4.63	34	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS FBS120 1xPL-C/2P18W P (1.000)	744	1200	25.3
			Total: 744	Total: 1200	25.3

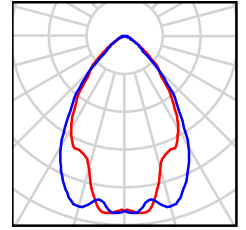
Valor de eficiencia energética:  $2.78 \text{ W/m}^2 = 5.15 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $9.10 \text{ m}^2$ )



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## aseos masculinos / Lista de luminarias

1 Pieza PHILIPS FBS120 1xPL-C/2P18W P  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 744 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 1200 lm  
Potencia de las luminarias: 25.3 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 98 100 99 63  
Lámpara: 1 x PL-C/2P18W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## aseos masculinos / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 744 lm  
Potencia total: 25.3 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	47	6.68	54	/	/
Suelo	33	8.02	42	20	2.64
Techo	0.00	6.34	6.34	70	1.41
Pared 1	9.00	6.92	16	50	2.53
Pared 2	6.57	6.93	13	50	2.15
Pared 3	9.00	6.92	16	50	2.53
Pared 4	6.57	6.93	13	50	2.15

Simetrías en el plano útil

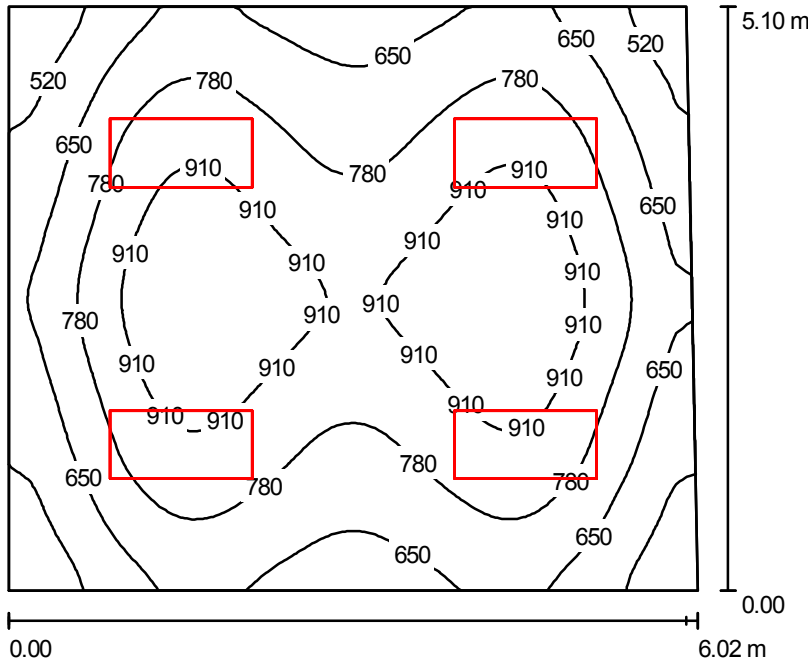
$E_{\min} / E_m$ : 0.291 (1:3)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.146 (1:7)

Valor de eficiencia energética:  $2.78 \text{ W/m}^2 = 5.15 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $9.10 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

administracion / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.080 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:66

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	765	430	1030	0.562
Suelo	20	643	407	816	0.632
Techo	70	130	94	154	0.720
Paredes (4)	50	338	106	552	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

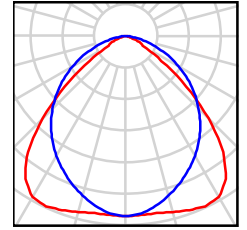
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS TBS160 4xTL-D36W HF C3 (1.000)	8978	13400	144.0
			Total: 35912	Total: 53600	576.0

Valor de eficiencia energética:  $18.92 \text{ W/m}^2 = 2.47 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $30.45 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## administracion / Lista de luminarias

4 Pieza PHILIPS TBS160 4xTL-D36W HF C3  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 8978 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 13400 lm  
Potencia de las luminarias: 144.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 59 92 99 100 67  
Lámpara: 4 x TL-D36W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## administracion / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 35912 lm  
Potencia total: 576.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	631	134	765	/	/
Suelo	499	144	643	20	41
Techo	0.00	130	130	70	29
Pared 1	192	135	327	50	52
Pared 2	217	137	354	50	56
Pared 3	194	135	329	50	52
Pared 4	210	135	345	50	55

Simetrías en el plano útil

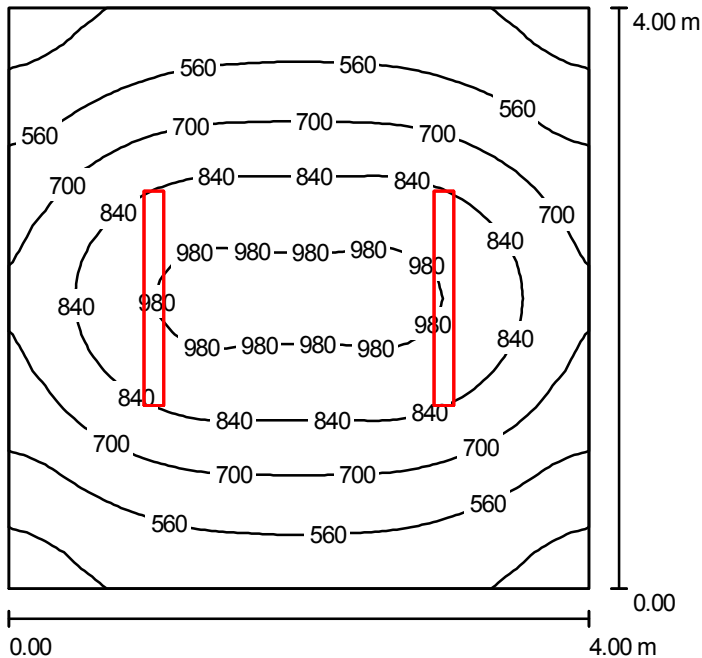
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.562 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.417 (1:2)

Valor de eficiencia energética:  $18.92 \text{ W/m}^2 = 2.47 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $30.45 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

hall / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:52

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	704	371	1022	0.526
Suelo	20	547	365	707	0.668
Techo	70	143	115	163	0.809
Paredes (4)	50	357	119	831	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 32 x 32 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**UGR**  
 Pared izq 22  
 Pared inferior 22  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- Tran al eje de luminaria  
 22 22

Lista de piezas - Luminarias

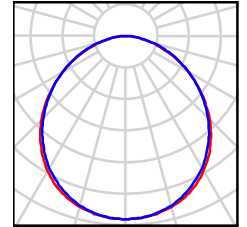
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150 ACP (1.000)	10349	13100	172.0
			Total: 20698	Total: 26200	344.0

Valor de eficiencia energética:  $21.50 \text{ W/m}^2 = 3.05 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $16.00 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## hall / Lista de luminarias

2 Pieza PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150  
ACP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 10349 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 13100 lm  
Potencia de las luminarias: 172.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 50 81 97 100 79  
Lámpara: 2 x TL5-80W/840 (Factor de corrección  
1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## hall / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 20698 lm  
Potencia total: 344.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	547	158	704	/	/
Suelo	389	159	547	20	35
Techo	0.00	143	143	70	32
Pared 1	188	143	331	50	53
Pared 2	243	141	384	50	61
Pared 3	188	143	331	50	53
Pared 4	243	141	384	50	61

Simetrías en el plano útil  
 $E_{\min} / E_m$ : 0.526 (1:2)  
 $E_{\min} / E_{\max}$ : 0.363 (1:3)

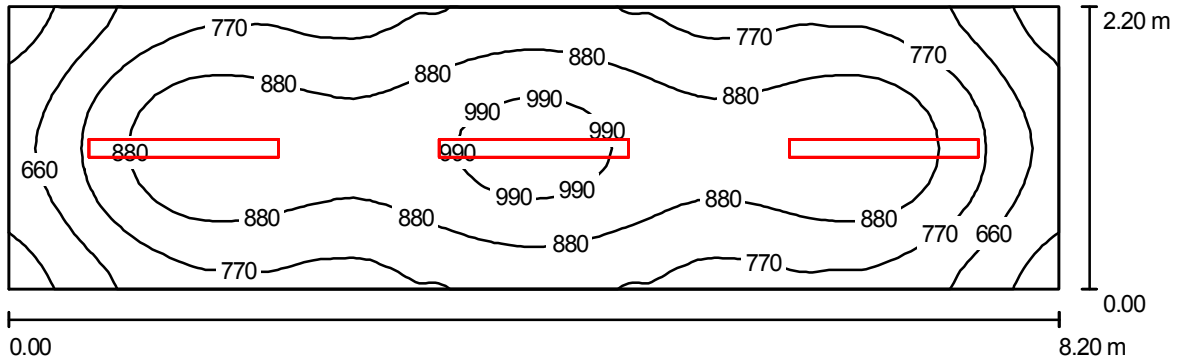
**UGR** Longi- Tran al eje de luminaria  
 Pared izq 22 22  
 Pared inferior 22 22  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 21.50 W/m<sup>2</sup> = 3.05 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 16.00 m<sup>2</sup>)



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

pasillo1.zona1 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:59

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	824	517	1042	0.627
Suelo	20	625	431	743	0.689
Techo	70	179	142	216	0.793
Paredes (4)	50	458	160	792	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 16 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

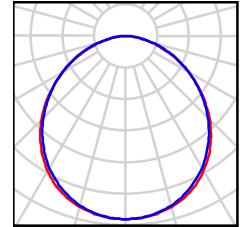
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150 ACP (1.000)	10349	13100	172.0
			Total: 31047	Total: 39300	516.0

Valor de eficiencia energética:  $28.60 \text{ W/m}^2 = 3.47 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $18.04 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**pasillo1.zona1 / Lista de luminarias**

3 Pieza PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150  
ACP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 10349 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 13100 lm  
Potencia de las luminarias: 172.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 50 81 97 100 79  
Lámpara: 2 x TL5-80W/840 (Factor de corrección  
1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

### pasillo1.zona1 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 31047 lm  
Potencia total: 516.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	614	209	824	/	/
Suelo	430	195	625	20	40
Techo	0.00	179	179	70	40
Pared 1	278	186	464	50	74
Pared 2	256	178	435	50	69
Pared 3	278	186	464	50	74
Pared 4	256	178	435	50	69

Simetrías en el plano útil

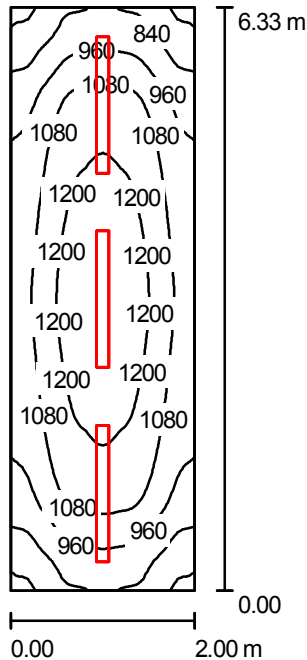
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.627 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.496 (1:2)

Valor de eficiencia energética: 28.60 W/m<sup>2</sup> = 3.47 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 18.04 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**pasillo1.zona2 / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:82

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1056	689	1282	0.653
Suelo	20	781	570	921	0.730
Techo	70	250	199	376	0.796
Paredes (4)	50	617	219	1461	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	23	23	
Trama:	32 x 64 Puntos	Pared inferior	24	24	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

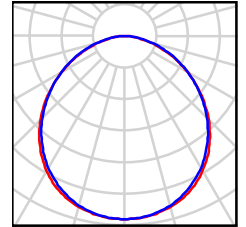
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150 ACP (1.000)	10349	13100	172.0
			Total: 31047	Total: 39300	516.0

Valor de eficiencia energética:  $40.76 \text{ W/m}^2 = 3.86 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $12.66 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## pasillo1.zona2 / Lista de luminarias

3 Pieza PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150  
ACP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 10349 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 13100 lm  
Potencia de las luminarias: 172.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 50 81 97 100 79  
Lámpara: 2 x TL5-80W/840 (Factor de corrección  
1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**pasillo1.zona2 / Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 31047 lm  
Potencia total: 516.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	765	290	1056	/	/
Suelo	521	261	781	20	50
Techo	0.00	250	250	70	56
Pared 1	370	245	615	50	98
Pared 2	363	255	618	50	98
Pared 3	370	245	615	50	98
Pared 4	363	255	618	50	98

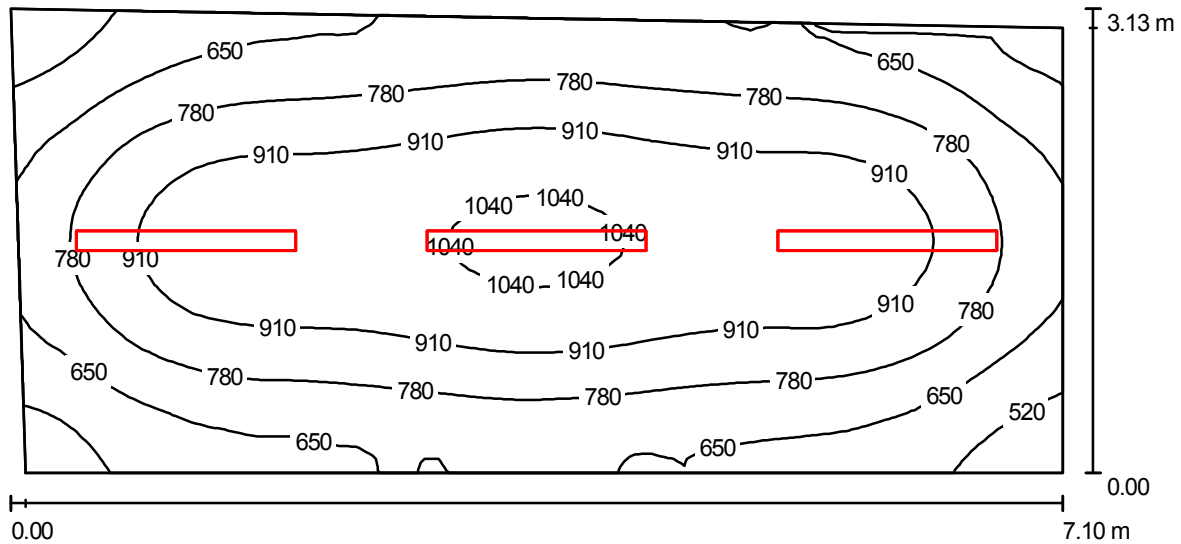
Simetrías en el plano útil  
 $E_{\min} / E_m$ : 0.653 (1:2)  
 $E_{\min} / E_{\max}$ : 0.538 (1:2)

**UGR** Longi- Tran al eje de luminaria  
 Pared izq 23 23  
 Pared inferior 24 24  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 40.76 W/m<sup>2</sup> = 3.86 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 12.66 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

pasillo1.zona3 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:51

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	796	441	1073	0.554
Suelo	20	628	399	770	0.635
Techo	70	161	120	234	0.745
Paredes (4)	50	413	140	1110	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

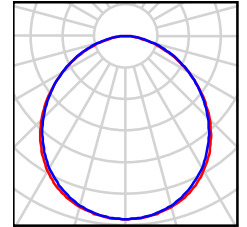
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150 ACP (1.000)	10349	13100	172.0
			Total: 31047	Total: 39300	516.0

Valor de eficiencia energética: 23.88 W/m<sup>2</sup> = 3.00 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 21.60 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## pasillo1.zona3 / Lista de luminarias

3 Pieza PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150  
ACP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 10349 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 13100 lm  
Potencia de las luminarias: 172.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 50 81 97 100 79  
Lámpara: 2 x TL5-80W/840 (Factor de corrección  
1.000).





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**pasillo1.zona3 / Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 31047 lm  
Potencia total: 516.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	619	177	796	/	/
Suelo	448	180	628	20	40
Techo	0.00	161	161	70	36
Pared 1	237	164	401	50	64
Pared 2	267	159	427	50	68
Pared 3	245	164	409	50	65
Pared 4	271	163	434	50	69

Simetrías en el plano útil

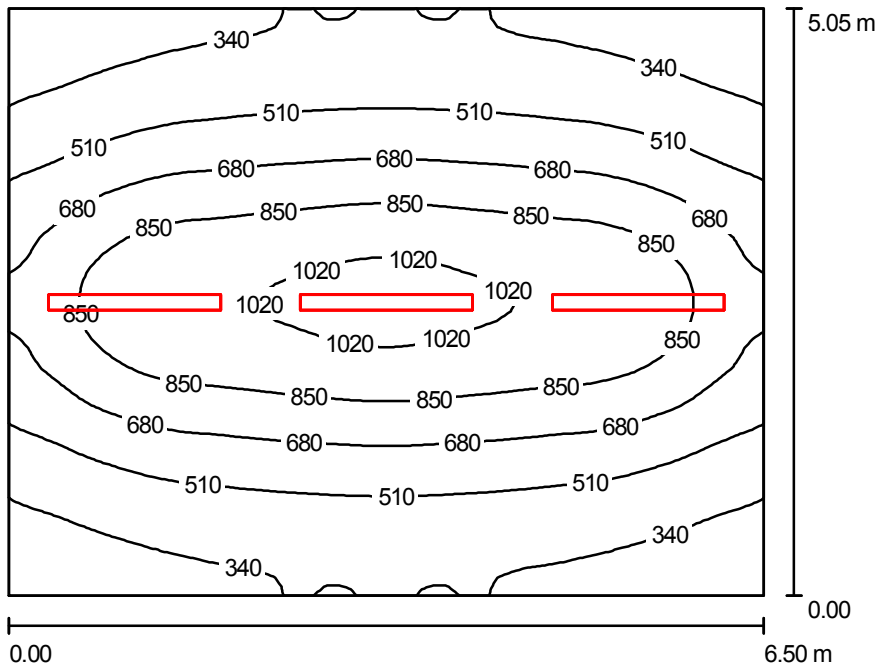
$E_{min} / E_m$ : 0.554 (1:2)

$E_{min} / E_{max}$ : 0.411 (1:2)

Valor de eficiencia energética: 23.88 W/m<sup>2</sup> = 3.00 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 21.60 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**pasillo2 zona1 / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:65

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	617	250	1074	0.405
Suelo	20	516	289	743	0.560
Techo	70	116	87	161	0.752
Paredes (4)	50	281	96	1212	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**UGR**  
 Pared izq 24  
 Pared inferior 25  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- 24  
 Tran 24  
 al eje de luminaria

**Lista de piezas - Luminarias**

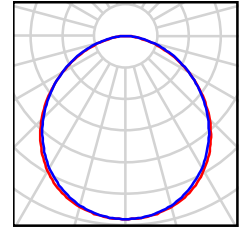
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150 ACP (1.000)	10349	13100	172.0
			Total: 31047	Total: 39300	516.0

Valor de eficiencia energética:  $15.72 \text{ W/m}^2 = 2.55 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $32.82 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## pasillo2 zona1 / Lista de luminarias

3 Pieza PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150  
ACP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 10349 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 13100 lm  
Potencia de las luminarias: 172.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 50 81 97 100 79  
Lámpara: 2 x TL5-80W/840 (Factor de corrección  
1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**pasillo2 zona1 / Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 31047 lm  
Potencia total: 516.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	503	113	617	/	/
Suelo	395	121	516	20	33
Techo	0.00	116	116	70	26
Pared 1	139	111	250	50	40
Pared 2	212	108	320	50	51
Pared 3	139	111	250	50	40
Pared 4	212	108	320	50	51

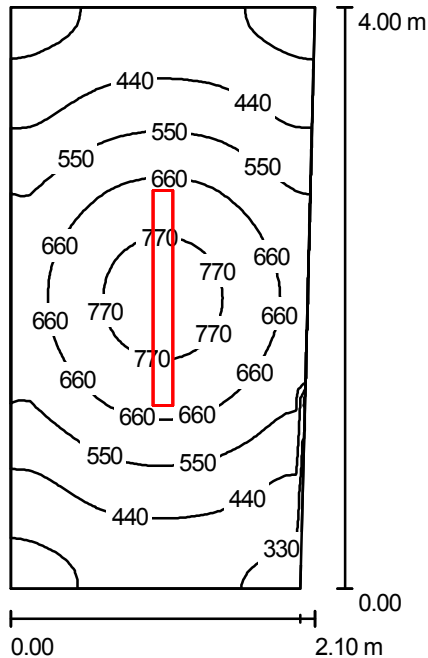
Simetrías en el plano útil  
 $E_{min} / E_m$ : 0.405 (1:2)  
 $E_{min} / E_{max}$ : 0.233 (1:4)

**UGR** Longi- Tran al eje de luminaria  
 Pared izq 24 24  
 Pared inferior 25 25  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 15.72 W/m<sup>2</sup> = 2.55 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 32.82 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**pasillo2 zona2 / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:52

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	542	293	817	0.540
Suelo	20	383	269	486	0.702
Techo	70	125	82	152	0.655
Paredes (4)	50	294	97	791	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

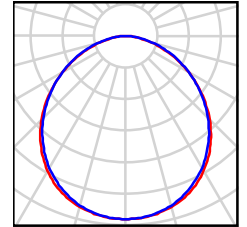
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150 ACP (1.000)	10349	13100	172.0
Total:			10349	13100	172.0

Valor de eficiencia energética:  $20.98 \text{ W/m}^2 = 3.87 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $8.20 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## pasillo2 zona2 / Lista de luminarias

1 Pieza PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150  
ACP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 10349 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 13100 lm  
Potencia de las luminarias: 172.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 50 81 97 100 79  
Lámpara: 2 x TL5-80W/840 (Factor de corrección  
1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## pasillo2 zona2 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 10349 lm  
Potencia total: 172.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	396	147	542	/	/
Suelo	252	131	383	20	24
Techo	0.00	125	125	70	28
Pared 1	134	120	254	50	40
Pared 2	193	124	318	50	51
Pared 3	132	120	252	50	40
Pared 4	187	125	312	50	50

Simetrías en el plano útil

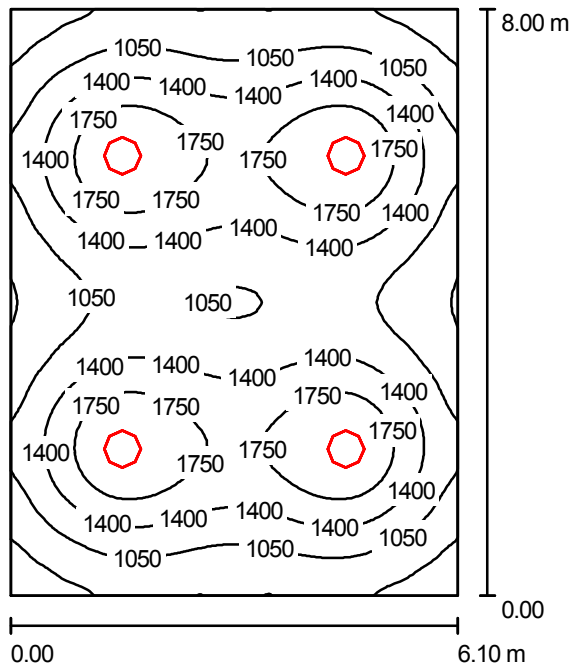
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.540 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.359 (1:3)

Valor de eficiencia energética:  $20.98 \text{ W/m}^2 = 3.87 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $8.20 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**almacen caldera / Resumen**



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 3.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:103

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1320	475	2102	0.360
Suelo	20	1155	625	1454	0.541
Techo	70	186	132	223	0.709
Paredes (4)	50	407	133	953	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	26	26	
Trama:	64 x 64 Puntos	Pared inferior	26	26	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
			Total: 89700	Total: 130000	1712.0

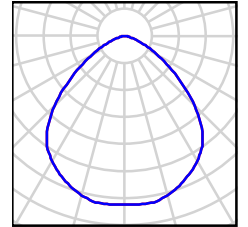
Valor de eficiencia energética:  $35.08 \text{ W/m}^2 = 2.66 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $48.80 \text{ m}^2$ )



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## almacen caldera / Lista de luminarias

4 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## almacen caldera / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 89700 lm  
Potencia total: 1712.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	1157	163	1320	/	/
Suelo	958	197	1155	20	74
Techo	0.00	186	186	70	41
Pared 1	196	187	383	50	61
Pared 2	240	185	425	50	68
Pared 3	196	186	383	50	61
Pared 4	240	185	425	50	68

Simetrías en el plano útil

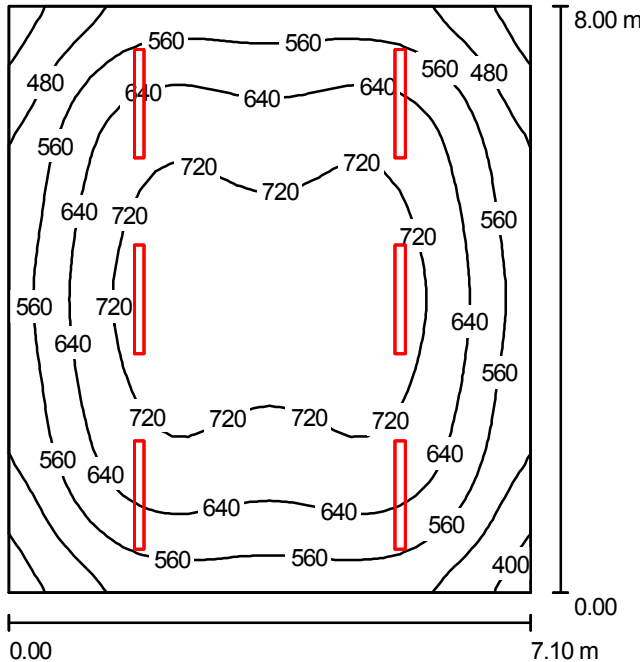
$E_{\min} / E_m$ : 0.360 (1:3)	<b>UGR</b>	Longi-	Tran	al eje de luminaria
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.226 (1:4)	Pared izq	26	26	
	Pared inferior	26	26	

(CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 35.08 W/m<sup>2</sup> = 2.66 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 48.80 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

taller / Resumen



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 4.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:103

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	627	376	770	0.599
Suelo	20	551	370	673	0.672
Techo	70	133	103	159	0.779
Paredes (4)	50	351	111	741	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**UGR**

Pared izq 24  
Pared inferior 24  
(CIE, SHR = 0.25.)

Longi- Tran al eje de luminaria

24 24  
24 24

**Lista de piezas - Luminarias**

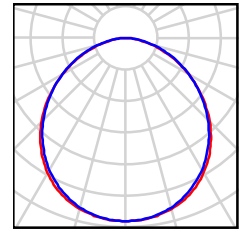
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150 ACP (1.000)	10349	13100	172.0
			Total: 62094	Total: 78600	1032.0

Valor de eficiencia energética:  $18.17 \text{ W/m}^2 = 2.90 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $56.80 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**taller / Lista de luminarias**

6 Pieza PHILIPS TTX150 491 2xTL5-80W HFP +GTX150  
ACP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 10349 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 13100 lm  
Potencia de las luminarias: 172.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 50 81 97 100 79  
Lámpara: 2 x TL5-80W/840 (Factor de corrección  
1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**taller / Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 62094 lm  
Potencia total: 1032.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	489	138	627	/	/
Suelo	407	144	551	20	35
Techo	0.00	133	133	70	30
Pared 1	229	131	360	50	57
Pared 2	211	133	343	50	55
Pared 3	229	131	360	50	57
Pared 4	211	133	343	50	55

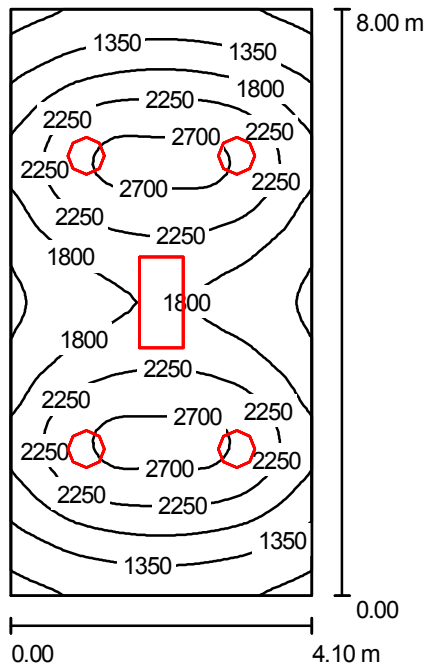
Simetrías en el plano útil  
 $E_{min} / E_m$ : 0.599 (1:2)  
 $E_{min} / E_{max}$ : 0.488 (1:2)

**UGR** Longi- Tran al eje de luminaria  
 Pared izq 24 24  
 Pared inferior 24 24  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 18.17 W/m<sup>2</sup> = 2.90 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 56.80 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**almacen aceites / Resumen**



Altura del local: 4.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:103

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1927	791	2836	0.411
Suelo	20	1632	925	2038	0.567
Techo	70	266	205	307	0.770
Paredes (4)	50	658	202	2025	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

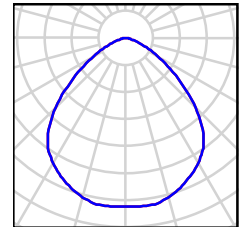
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
2	1	PHILIPS TBS160 4xTL-D36W HF C3 (1.000)	8978	13400	144.0
			Total: 98678	Total: 143400	1856.0

Valor de eficiencia energética:  $56.59 \text{ W/m}^2 = 2.94 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $32.80 \text{ m}^2$ )

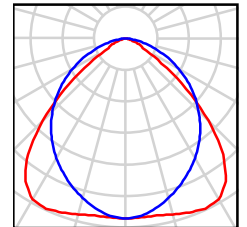
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**almacen aceites / Lista de luminarias**

4 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de corrección 1.000).



1 Pieza PHILIPS TBS160 4xTL-D36W HF C3  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 8978 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 13400 lm  
Potencia de las luminarias: 144.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 59 92 99 100 67  
Lámpara: 4 x TL-D36W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## almacen aceites / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 98678 lm  
Potencia total: 1856.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	1645	282	1927	/	/
Suelo	1305	326	1632	20	104
Techo	0.00	266	266	70	59
Pared 1	278	287	564	50	90
Pared 2	420	286	706	50	112
Pared 3	278	287	564	50	90
Pared 4	420	286	706	50	112

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.411 (1:2)

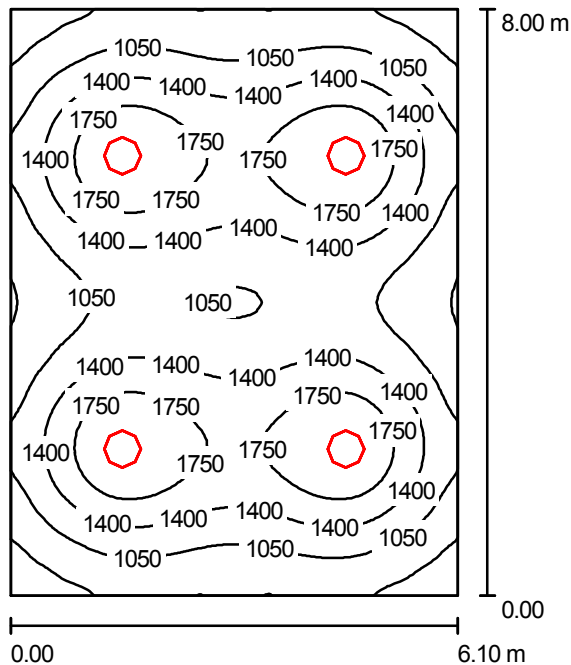
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.279 (1:4)

Valor de eficiencia energética: 56.59 W/m<sup>2</sup> = 2.94 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 32.80 m<sup>2</sup>)



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

almacen sal y aromas / Resumen



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 3.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:103

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1320	475	2102	0.360
Suelo	20	1155	625	1454	0.541
Techo	70	186	132	223	0.709
Paredes (4)	50	407	133	953	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	26	26	
Trama:	64 x 64 Puntos	Pared inferior	26	26	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

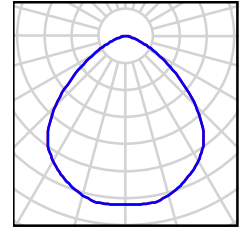
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
			Total: 89700	Total: 130000	1712.0

Valor de eficiencia energética:  $35.08 \text{ W/m}^2 = 2.66 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $48.80 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## almacen sal y aromas / Lista de luminarias

4 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## almacen sal y aromas / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 89700 lm  
Potencia total: 1712.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	1157	163	1320	/	/
Suelo	958	197	1155	20	74
Techo	0.00	186	186	70	41
Pared 1	196	187	383	50	61
Pared 2	240	185	425	50	68
Pared 3	196	186	383	50	61
Pared 4	240	185	425	50	68

Simetrías en el plano útil

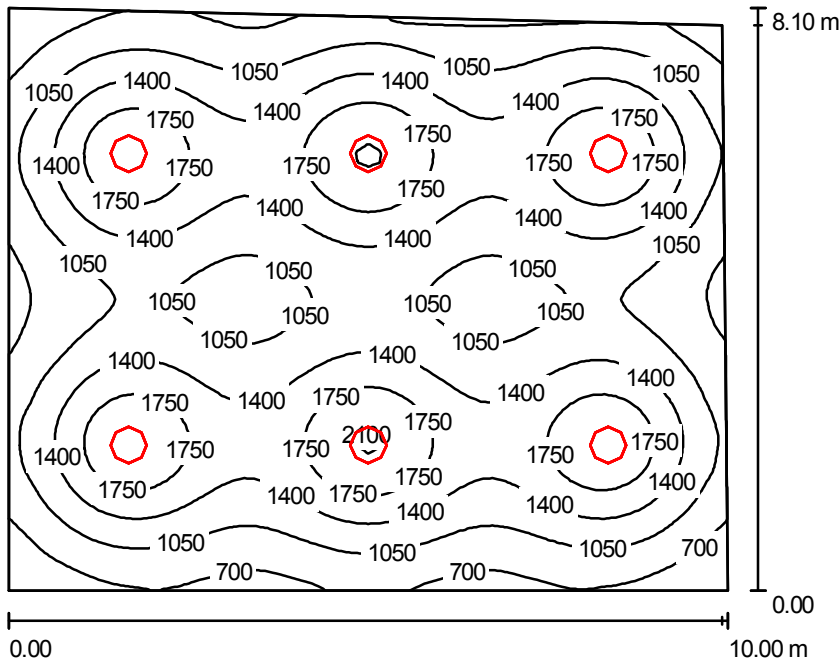
$E_{\min} / E_m$ : 0.360 (1:3)	<b>UGR</b>	Longi-	Tran	al eje de luminaria
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.226 (1:4)	Pared izq	26	26	
	Pared inferior	26	26	

(CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 35.08 W/m<sup>2</sup> = 2.66 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 48.80 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**almacen envases y embalages / Resumen**



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 3.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:105

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1284	415	2131	0.323
Suelo	20	1159	584	1474	0.504
Techo	70	194	141	226	0.727
Paredes (4)	50	393	139	880	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

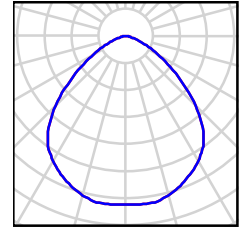
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
Total:			134550	195000	2568.0

Valor de eficiencia energética:  $32.31 \text{ W/m}^2 = 2.52 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $79.48 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## almacen envases y embalages / Lista de luminarias

6 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## almacen envases y embalages / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 134550 lm  
Potencia total: 2568.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	1130	154	1284	/	/
Suelo	974	184	1159	20	74
Techo	0.00	194	194	70	43
Pared 1	191	183	374	50	59
Pared 2	224	189	413	50	66
Pared 3	211	187	398	50	63
Pared 4	213	180	393	50	63

Simetrías en el plano útil

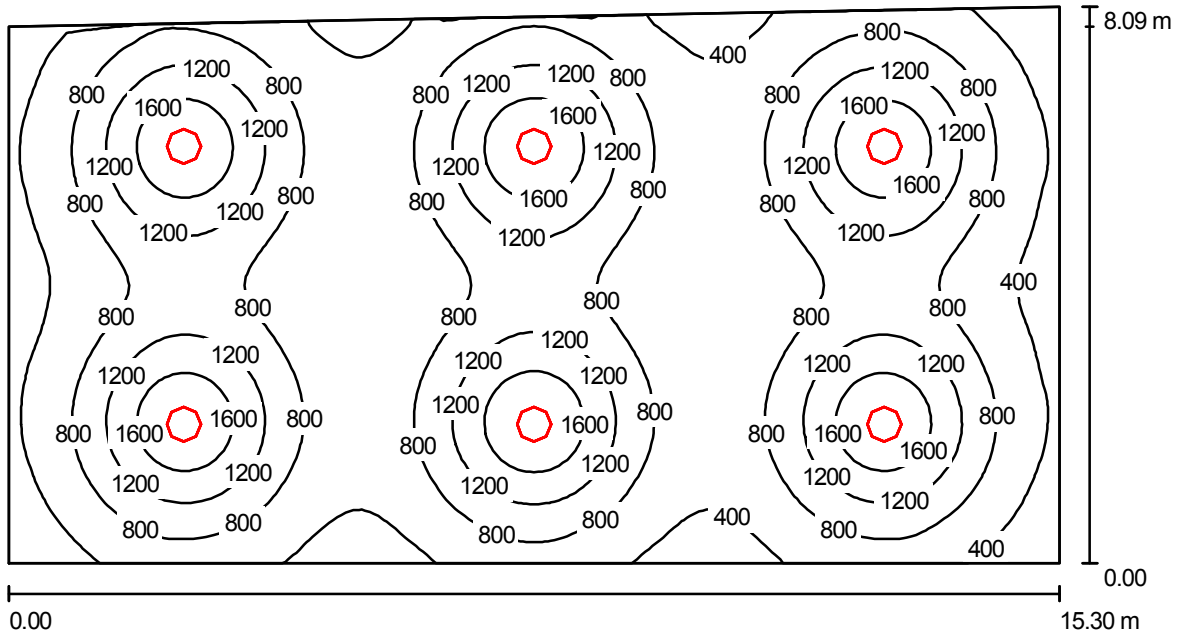
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.323 (1:3)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.195 (1:5)

Valor de eficiencia energética:  $32.31 \text{ W/m}^2 = 2.52 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $79.48 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**almacen.prod terminado / Resumen**



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 3.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:110

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	879	193	1948	0.219
Suelo	20	806	338	1171	0.420
Techo	70	134	87	157	0.650
Paredes (4)	50	249	91	670	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
			Total: 134550	Total: 195000	2568.0

Valor de eficiencia energética:  $21.13 \text{ W/m}^2 = 2.41 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $121.53 \text{ m}^2$ )

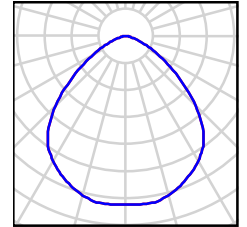
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

---

**almacen.prod terminado / Lista de luminarias**

---

6 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**almacen.prod terminado / Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 134550 lm  
Potencia total: 2568.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	780	99	879	/	/
Suelo	689	117	806	20	51
Techo	0.00	134	134	70	30
Pared 1	133	121	255	50	41
Pared 2	101	118	219	50	35
Pared 3	148	125	273	50	43
Pared 4	103	121	224	50	36

Simetrías en el plano útil

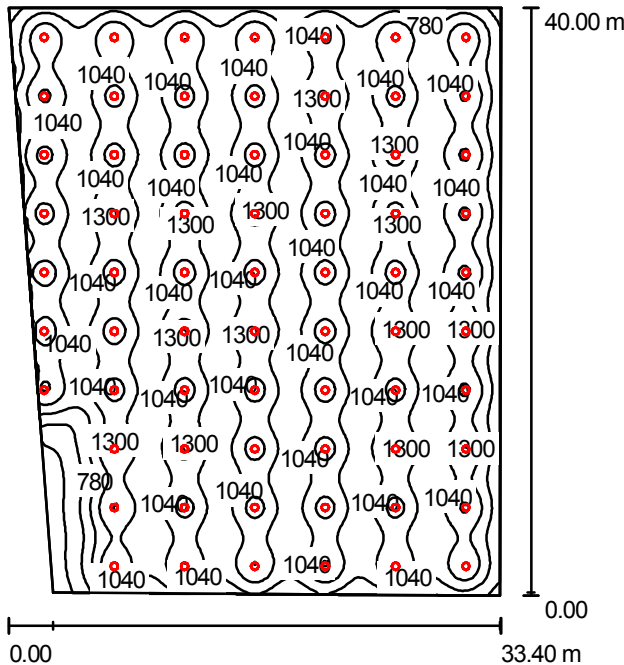
$E_{min} / E_m$ : 0.219 (1:5)

$E_{min} / E_{max}$ : 0.099 (1:10)

Valor de eficiencia energética: 21.13 W/m<sup>2</sup> = 2.41 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 121.53 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**sala de produccion / Resumen**



Altura del local: 4.000 m, Altura de montaje: 4.080 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:514

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1013	152	1446	0.150
Suelo	20	990	201	1173	0.203
Techo	70	189	104	299	0.549
Paredes (4)	50	371	120	8426	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

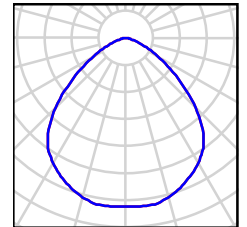
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	67	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
			Total: 1502475	Total: 2177500	28676.0

Valor de eficiencia energética:  $22.56 \text{ W/m}^2 = 2.23 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1271.07 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## sala de produccion / Lista de luminarias

67 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## sala de produccion / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 1502475 lm  
Potencia total: 28676.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	874	140	1013	/	/
Suelo	845	145	990	20	63
Techo	0.00	189	189	70	42
Pared 1	203	162	364	50	58
Pared 2	191	156	347	50	55
Pared 3	202	159	361	50	57
Pared 4	258	152	410	50	65

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.150 (1:7)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.105 (1:10)

Valor de eficiencia energética:  $22.56 \text{ W/m}^2 = 2.23 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $1271.07 \text{ m}^2$ )



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

PLIEGO DE CONDICIONES

Asier Antón Rodríguez

José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Abril 2014

<b>4.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>4.2 OBJETO</b> .....	4
<b>4.3 CONDICIONES GENERALES</b> .....	4
<b>4.3.1 Normas generales</b> .....	4
<b>4.3.2 Ámbito de aplicación</b> .....	4
<b>4.3.3 Conformidad y variación de las condiciones</b> .....	5
<b>4.3.4 Rescisión del contrato</b> .....	5
<b>4.3.5 Condiciones generales</b> .....	5
<b>4.4 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN</b> .....	5
<b>4.4.1 Datos de la obra</b> .....	5
<b>4.4.2 Obras que comprende</b> .....	6
<b>4.4.3 Mejoras y variaciones del proyecto</b> .....	6
<b>4.4.4 Personal</b> .....	7
<b>4.4.5 Abono de la obra</b> .....	7
<b>4.4.6 condiciones de pago</b> .....	7
<b>4.5 CONDICIONES PARTICULARES</b> .....	8
<b>4.5.1 Disposiciones aplicables</b> .....	8
<b>4.5.2 Contradicciones y omisiones del proyecto</b> .....	8
<b>4.5.3 Prototipos</b> .....	7
<b>4.6 NORMATIVA GENERAL</b> .....	7
<b>4.7 CONDUCTORES</b> .....	8
<b>4.7.1 Materiales</b> .....	8
<b>4.7.2 Redes aéreas para distribución de energía eléctrica. Cálculo mecánico y ejecución de las instalaciones</b> .....	10
<b>4.7.2.1 Instalaciones de conductores aislados</b> .....	10
<b>4.7.2.2 Sección mínima del conductor neutro</b> .....	10
<b>4.7.2.3 continuidad del conductor neutro</b> .....	11
<b>4.7.3 Sección de los conductores. Caída de tensión</b> .....	11
<b>4.8 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b> .....	12
<b>4.8.1 Normas de ejecución de las instalaciones</b> .....	13
<b>4.8.2 Ejecución de las obras</b> .....	13
<b>4.8.3 Ensayos</b> .....	14
<b>4.9 REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN</b> .....	14
<b>4.9.1 Objetivo</b> .....	14
<b>4.9.2 Condiciones generales</b> .....	14
<b>4.9.3 Ejecución del trabajo</b> .....	14
<b>4.9.4 Trazado de zanjas</b> .....	14
<b>4.9.5 Tendido de conductores</b> .....	15
<b>4.9.6 Identificación del conductor</b> .....	16
<b>4.9.7 Cierre de zanjas</b> .....	16
<b>4.10 RECEPTORES</b> .....	17
<b>4.10.1. Condiciones generales de la instalación</b> .....	17
<b>4.10.2. Receptores de alumbrado. Instalación</b> .....	17
<b>4.10.3. Conexiones de receptores</b> .....	18
<b>4.10.4. Receptores a motor. Instalación</b> .....	18
<b>4.10.5 Materiales auxiliares</b> .....	19
<b>4.10.6 Aparatos de caldeo</b> .....	19

<b>4.11 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES</b>	20
4.11.1. Protección de las instalaciones	20
4.11.1.1 Protección contra sobre intensidades	20
4.11.1.2 Protección contra sobrecargas	20
4.11.2 Situación de los dispositivos de protección	20
4.11.3. Características de los dispositivos de protección	20
<b>4.12 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS</b>	21
4.12.1 Protección contra contactos directos	21
4.12.2 Protección contra contactos indirectos	21
4.12.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto	22
<b>4.13 ALUMBRADOS ESPECIALES</b>	23
4.13.1 Alumbrado de emergencia	23
4.13.2 Alumbrado de señalización	24
4.13.3. Locales de deberán ser provistos de alumbrados especiales	24
4.13.4. Fuentes propias de energía	24
4.13.5 Instrucciones complementarias	25
<b>4.14 LOCAL</b>	25
4.14.1 Prescripciones de carácter general	25
<b>4.15 MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA</b>	26
<b>4.16 PUESTA A TIERRA</b>	27
4.16.1 Objetivo de las puestas a tierra	27
4.16.2 Definición	27
4.16.3 Partes que forman la puesta a tierra	27
4.16.4 Electrodo, naturaleza, constitución, dimensiones y condiciones de instalación	28
4.16.5 resistencias de tierra	29
4.16.6 Características y condiciones de instalación de las líneas de enlace con tierra, de las líneas principales de tierra y sus derivaciones	30
4.16.7 Separación entre las tomas de tierra de las masas, de las instalaciones de utilización y las masas de un centro de transformación.	31
4.16.8 Revisión de las tomas de tierra	31
4.16.9 Generalidades	32
4.16.10 Ensayos	32
<b>4.17 CONSIDERACIONES DE CARÁCTER GENERAL</b>	33
4.17.1 Recepción provisional	33
4.17.2 Acta de comprobación de los resultados eléctricos	33
4.17.3 Medición de las caídas de tensión	33
4.17.4 Medición de tierras	33
4.17.5 Medida de aislamiento	33
4.17.6 Medición del factor de potencia	34
4.17.7 Comprobación del reparto de cargas	34
4.17.8 Comprobación de conexiones	34
<b>4.18 CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE ECONÓMICA</b>	34

## **4.1 INTRODUCCIÓN**

El presente Pliego comprende las condiciones especificadas en las Instrucciones del Ministerio de Industria y Energía señaladas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y Reglamento de Centros de Transformación, las Normas UNE, y las Normas Tecnológicas de Edificación (NTE).

## **4.2 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 fuerza, alumbrado interior, exterior, toma tierra y el Centro de transformación de la Nave Industrial dedicada a la fabricación de aperitivos.

La nave se encuentra situada en el polígono industrial de cabanillas (Navarra).

## **4.3 CONDICIONES GENERALES**

### **4.3.1 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.

### **4.3.2 Ámbito 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 nave industrial anteriormente descrita.



### **4.3.3 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.

### **4.3.4 Rescisión del contrato**

Se consideraran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Muerte o incapacitación del Contratista.
- La quiebra del contratista.
- Modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.
- Modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
- La no iniciación de las obras en el plazo estimado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.
- La suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de Suspensión sea mayor de seis meses.
- Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique mala fe.
- Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
- Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
- Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

### **4.3.5 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.

## **4.4 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN**

### **4.4.1 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.

#### **4.4.2 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 nave industrial, considerando Nave Industrial a las oficinas, almacenes, nave propiamente dicha, locales no nombrados que se encuentren dentro de la propiedad, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes:

- Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- Suministros de todo material necesario para las instalaciones.
- Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
  - Colocación de luminarias.
  - Colocación de cableado.
  - Instalación de las protecciones eléctricas.
  - Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
  - Ejecución del centro de transformación.

#### **4.4.3 Mejoras y variaciones 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 convenido precio del proceder a su ejecución.

Las obras delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

#### **4.4.4 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.

#### **4.4.5 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 el 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.

#### **4.4.6 condiciones de pago**

Se abonarán las unidades realmente ejecutadas, completamente terminadas, a los precios indicados en el presupuesto, y aplicándoles el coeficiente de subasta si lo hubiere.

Si alguna obra no se halla debidamente ejecutada, con sujeción estricta a las condiciones del contrato y fuese, sin embargo, admitida, podrá ser recibida provisional y aun definitivamente, en su caso; pero el contratista quedará obligado a conformarse con la rebaja que el director de obra señale y la propiedad apruebe, salvo en el caso que prefiera demolerla y rehacer a su costa, con arreglo a las condiciones del contrato.

No tendrá derecho el contratista a abono de obras ejecutadas sin orden concreta de la propiedad o del director de obra. Las obras accesorias y auxiliares ordenadas al contratista, se abonarán a precios de la contrata, si le son aceptables, con la rebaja correspondiente o la bonificación hecha en subasta.

Si contienen materiales o unidades de obra no previstas en el proyecto, y que por tanto, no tiene precio señalado en el presupuesto, se determinará previamente el correspondiente precio contradictorio entre la propiedad y el contratista.

Si se ejecutan las obras sin haberse cumplido este requisito previo, deberá conformarse con la tasación que realiza el director de obra.

### **4.5 CONDICIONES PARTICULARES**

#### **4.5.1 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.

#### **4.5.2 Contradicciones y omisiones 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.

#### 4.5.3 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.

#### 4.6 NORMATIVA GENERAL

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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.

## **4.7 CONDUCTORES**

### **4.7.1 Materiales**

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas. Pueden ser desnudos o aislados. Los conductores aislados serán de tensión nominal no inferior a 100 V. Y tendrán un aislamiento apropiado que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie.

Podrán utilizarse conductores de menor tensión nominal siempre que cumplan las condiciones de instalación señaladas para los mismos en la instrucción ITC BT 03.

Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otros materiales aislantes equivalentes que resistan las acciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión, debiendo ofrecer una resistencia suficiente a los esfuerzos mecánicos a que estén sometidos.

### **4.7.2 Redes aéreas para distribución de energía eléctrica. Cálculo mecánico y ejecución de las instalaciones.**

#### **4.7.2.1 Instalaciones de conductores aislados.**

Cuando se trate de conductores de tensión nominal inferior a 1000 V:

- Sobre aisladores de 1000 voltios de tensión nominal.
- Bajo envueltas aislantes resistentes a la intemperie que proporcionen un aislamiento con relación a tierra equivalente a 1000 voltios de tensión nominal.

Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán cuidadosamente, de modo que en ellos la elevación de temperatura no sea superior a la de los conductores.

Se utilizarán piezas metálicas apropiadas resistentes a la corrosión, que aseguren un contacto eléctrico eficaz.

En los conductores sometidos a tracción mecánica, los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del conductor, el 90 % de su carga de rotura, no siendo admisible en estos empalmes su realización por soldadura o por torsión directa de los conductores, aunque este último sistema puede utilizarse cuando estos sean de cobre y su sección no superior a 100 mm<sup>2</sup>.

En los empalmes y conexiones de conductores aislados o de estos con conductores desnudos se utilizarán accesorios adecuados resistentes a las acciones de la intemperie y se colocarán de forma que evite la filtración de humedad en los conductores aislados.

Las derivaciones se harán en las proximidades inmediatas de los soportes de línea (aisladores, cajas de derivación, etc.) y no originarán tracción mecánica sobre la misma.

#### **4.7.2.2 Sección mínima del conductor neutro.**

El conductor neutro tendrá, como mínimo, la sección que a continuación se especifica:

- En distribución monofásica o de corriente continua:
  - A dos hilos: igual a la del conductor de fase o polar.
  - A tres hilos: hasta 16 mm<sup>2</sup> de cobre, igual a la del conductor de fase o polar; para secciones entre 16 y 35 mm<sup>2</sup> será de 16 mm<sup>2</sup>; para secciones superiores a 35 mm<sup>2</sup> la mitad de la sección de los conductores de fase.
- En distribuciones trifásicas:
  - A cuatro hilos (tres fases y neutro): hasta 16 mm<sup>2</sup> de cobre, igual a la del conductor de fase o polar; para secciones entre 16 y 35 mm<sup>2</sup> será de 16 mm<sup>2</sup>; para secciones superiores a 35 mm<sup>2</sup> la mitad de la sección de los conductores de fase.

#### **4.7.2.3 Continuidad del conductor neutro**

El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada por alguno de los dispositivos siguientes:

- Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en las fases o que establezcan la conexión del neutro antes que las fases y desconecten estas antes que el neutro.
- Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señaladas y que sólo pueden ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en este caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas estas sin haberlo sido el neutro previamente.

#### **4.7.3 Sección de los conductores. 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 de 4.5% de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado y del 6.5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente.

### **4.8 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

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

El Centro será construido enteramente con materiales no combustibles.

Los elementos delimitadores del Centro (muros exteriores, cubiertas, solera, puertas, etc.), así como los estructurales en él contenidos (columnas, vigas, etc.) tendrán una resistencia al fuego de acuerdo con la norma NBE CPI-96 y los materiales constructivos del revestimiento interior (paramento, pavimento y techo) serán de clase MO de acuerdo con la Norma UNE 23727.

El Centro tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmitan niveles sonoros superiores a los permitidos por las Ordenanzas Municipales. Concretamente, no se superarán los 30 dBA durante el periodo nocturno (y los 55 dBA durante el periodo diurno).



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

#### **4.8.1 Normas de ejecución de las instalaciones**

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de IBERDROLA.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y remplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

#### **4.8.2 Ejecución de las obras**

Las celdas se colocarán en el lugar indicado en los planos. La colocación en lugar distinto al indicado, deberá ser aprobada por el Ingeniero Director. El instalador deberá realizar, en este caso, los planos de montaje necesarios, en los cuales se indiquen los nuevos canales para paso de conductores y cualquier otra instalación que, como consecuencia del cambio, se vea afectada. El conjunto de las nuevas instalaciones deberá ser aprobado por el Ingeniero Director.

La barra de puesta a tierra se conectará a lo largo de todas las celdas y a la deberán conectarse todas las envolventes de las celdas y los elementos metálicos que tengan acceso directo. En los extremos de la barra, se conectará el cable principal de tierra con elementos apropiados de conexión.

Todas las armaduras y plantillas de los cables deberán ponerse a tierra.

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación planos definitivos del montaje, con indicación de los datos referentes a resistencia de tierra, obtenidos en las mediciones efectuadas, así como los correspondientes a potencias máximas de utilización y márgenes de ampliación, si hubiesen sido tenidos en cuenta en el Proyecto.

En general, las obras e instalaciones se realizarán cumpliendo las instrucciones técnicas complementarias aprobadas en el reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

El contratista deberá cuidar y responsabilizarse de que, por parte del personal que realiza los trabajos, se cumplan las normas reguladas en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y en especial los Artículos 62 y 66.

#### **4.8.3 Ensayos**

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA, conforme a las cuales está fabricada.

Asimismo, una vez ejecutado la instalación, se procederá, por parte de una entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

### **4.9 REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN**

#### **4.9.1 Objetivo**

Se determinan las condiciones mínimas aceptables APRA la ejecución de las obras en la instalación de redes subterráneas de distribución.

#### **4.9.2 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.

#### **4.9.3 Ejecución del trabajo**

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

#### **4.9.4 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 dejan las llaves para la contención del terreno. Su 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.

#### **4.9.5 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 mm<sup>2</sup> 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.

#### **4.9.6 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

#### **4.9.7 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.

## **4.10 RECEPTORES**

### **4.10.1. 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 sobre intensidades 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.

### **4.10.2. 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 ITCBT-09 del RBT.

### 4.10.3. Conexiones 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 afecta 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 movibles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente
- Cajas de conexión
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos movibles.

### 4.10.4. 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.

#### **4.10.5 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.

#### **4.10.6 Aparatos de caldeo**

Los aparatos de caldeo se instalarán de manera que no puedan inflamar las materias combustibles circundantes, aun en caso de empleo negligente o defectos previsibles de los mismos.

Los aparatos de caldeo industrial que estén destinados a estar en contacto con materias combustibles o inflamables y que en su uso normal no estén bajo la vigilancia de un operario, estarán provistos de un limitador de temperatura que interrumpa o reduzca el caldeo antes de alcanzar una temperatura peligrosa.

Los aparatos de caldeo por aire caliente estarán constituidos de manera que su elemento de caldeo sólo pueda ponerse en servicio después de hacerlo el ventilador correspondiente y cese aquel cuando el ventilador deje de funcionar.

Los aparatos fijos, llevarán además, dos limitadores de temperatura, independientes entre sí, que impidan una elevación excesiva de ésta en los conductos de aire.

## **4.11 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES**

### **4.11.1. Protección de las instalaciones**

#### **4.11.1.1 Protección contra sobre intensidades**

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

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.

#### **4.11.1.2 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 omnipolar 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.

#### **4.11.2 Situación de los dispositivos de protección**

Todos los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en la nave. Estos dispositivos protegerán tanto a las instalaciones como a las personas contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se instalarán a tal interruptor automático, diferencial y fusibles.

#### **4.11.3. 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.

## **4.12 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS**

### **4.12.1 Protección contra contactos directos**

Para considerar satisfactoria la protección contra los contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

- 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 metros abajo y 1 metro lateralmente
- 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.
- 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.

### **4.12.2 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 mas 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 puede aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.

#### **4.12.3. 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.

## 4.13 ALUMBRADOS ESPECIALES

### 4.13.1 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.

### **4.13.2 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.

### **4.13.3. Locales de deberán ser provistos de alumbrados especiales**

- Con alumbrado de emergencia: Todos los locales de reunión que puedan albergar 300 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios
- 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.

### **4.13.4. 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.

#### 4.13.5 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.

### 4.14 LOCAL

#### 4.14.1 Prescripciones de carácter general

Las instalaciones en los locales a 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:

- Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente o, igualmente, e 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.
- 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 é 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.
- 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 del cuadro general.

- 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.
- 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.
- 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 contruidos en materiales incombustibles.
  - Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000V, armados directamente sobre paredes.
- Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

#### **4.15 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 instalen 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.

## **4.16 PUESTA A TIERRA**

### **4.16.1 Objetivo de las puestas a tierra**

Las puestas a tierra se establecen con el objetivo principal de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

### **4.16.2 Definición**

La denominación “puesta a tierra”, comprende toda ligazón metálica directa, sin fusibles ni protección alguna de sección suficiente entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que el conjunto de instalaciones, no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta o de descarga de origen atmosférico.

### **4.16.3 Partes que forman la puesta a tierra**

➤ Toma de tierra:

Las tomas de tierra están constituidas por los siguientes elementos:

- **Electrodo:** Es una masa metálica, permanente en contacto con el terreno, para facilitar el paso de las corrientes de defecto que puedan producirse o la carga eléctrica que tenga o pueda tener hasta el terreno.
- **Línea de enlace con tierra:** Está formada por los conductores que unen el electrodo o conjunto de electrodos con el punto de puesta a tierra.
- **Punto de puesta a tierra:** Es un punto situado fuera del suelo que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

Las instalaciones que lo precisen dispondrán de un número suficiente de puntos de puesta a tierra, convenientemente distribuidos, que estarán conectados al mismo electrodo o conjunto de electrodos.

El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante útiles apropiados separarse estas, con el fin de poder realizar la medida de resistencia a tierra.

➤ Líneas principales de tierra:

Estarán formadas por conductores que partirán del punto de puesta a tierra y a las cuales estarán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas generalmente a través de los conductores de protección.

➤ Derivaciones de las líneas principales de tierra:

Estarán constituidas por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas.

➤ Conductores de protección:

Sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos. En el circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas a la línea principal de tierra.

En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección aquellos que tienen las masas:

- Al neutro de la red.
- A otras masas.
- A elementos metálicos distintos de las masas.
- A un relé de protección.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos, cualesquiera que sean estos. Siempre la conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuara por derivaciones desde este.

Se considera independiente una toma de tierra respecto a otra cuando una de las tomas a tierra no alcance, respecto de un punto a potencial cero, una tensión superior a 50V cuando la otra toma disipa la máxima corriente de tierra prevista.

#### **4.16.4 Electrodo, naturaleza, constitución, dimensiones y condiciones de instalación.**

Los electrodos pueden ser artificiales o naturales. Se entiende por electrodos artificiales los establecidos con el exclusivo objetivo de obtener la



puesta a tierra, y por electrodos naturales las masas metálicas que puedan existir enterradas.

Para las puestas a tierra se emplearán principalmente electrodos artificiales. No obstante, los electrodos naturales que existieran en la zona de una instalación y que presenten y aseguren un buen contacto permanente con el terreno puedan utilizarse bien solos o conjuntamente con otros electrodos artificiales. En general, se puede prescindir de estos cuando su instalación presente requisitos anteriormente señalados, con sección suficiente y la resistencia de tierra que se obtenga con los mismos presentes un valor adecuado.

➤ Picas verticales:

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- Tubos de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior, como mínimo.
- Perfiles de acero dulce galvanizado de 60 mm de lado, como mínimo.
- Barras de cobre o de acero de 14 mm de diámetro, como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 metros si son necesarias dos picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas es recomendable que sea igual, al menos a la longitud enterrada de las mismas; si son necesarias varias picas conectadas en paralelo, la separación entre ellas deberá ser mayor que en el caso anterior.

#### 4.16.5 resistencias de tierra

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor.
- 50 V en los demás casos.

La resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno y varía también con la profundidad.

Bien entendido que los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy apropiado de la resistencia de tierra del electrodo.

#### **4.16.6 Características y condiciones de instalación de las líneas de enlace con tierra, de las líneas principales de tierra y sus derivaciones.**

Los conductores que constituyen las líneas de enlace con tierra, las líneas principales de tierra y sus derivaciones, serán de cobre o de otro metal de alto punto de fusión y su sección debe ser ampliamente dimensionada de tal forma que cumpla las condiciones siguientes:

- La máxima corriente de falta que pueda producirse en cualquier punto de la instalación no debe originar en el conductor una temperatura cercana a la de fusión, ni poner en peligro los empalmes o conexiones en el tiempo máximo previsible de la duración de la falta, el cual sólo podrá ser considerado como menor de dos segundos en los casos justificados por las características de los dispositivos de corte utilizados.
- De cualquier forma los conductores no podrán ser, en ningún caso, de menos de 16 mm<sup>2</sup> de sección para las líneas principales de tierra ni de 35 mm<sup>2</sup> para las líneas de enlace con tierra, si son de cobre. Para otros metales o combinaciones de ellos, la sección mínima será aquella que tenga la misma conductancia que un cable de cobre de 16 mm<sup>2</sup> o 35 mm<sup>2</sup>, según el caso.

Para las derivaciones de las líneas principales de tierra, las secciones mínimas serán las que se indican en la instrucción ITC BT 18 para los conductores de protección.

Los conductores de enlace con tierra desnudos enterrados en el suelo se considerará que forman parte del electrodo.

Si en una instalación existen tomas de tierra independientes, se mantendrá entre los conductores de tierra un aislamiento apropiado a las tensiones susceptibles de aparecer entre estos electrodos en caso de falta.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste mecánico. Además los conductores de protección cumplirán con lo establecido en la instrucción ITC BT 18.

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masa que se desean poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos se dispone que las conexiones de los

conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y con los electrodos se efectúen con todo cuidado por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicas las conexiones efectuadas. A este fin, y procurando siempre que la resistencia de los contactos no sea elevada, se protegerán estos de forma adecuada con envoltentes o pastas, si ello se estimase conveniente.

Se prohíbe intercalar en los circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer de un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma a tierra.

#### **4.16.7 Separación entre las tomas de tierra de las masas, de las instalaciones de utilización y las masas de un centro de transformación.**

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masas, no estarán unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación. Si no se hace el control mediante la medida efectuada entre la toma de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas del centro de transformación, se considera que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- No existe canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalizaciones de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.
- La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra de otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos de 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada ( $100 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$ ). Cuando el terreno sea mal conductor esta distancia será aumentada.
- El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización, o bien si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal forma que sus elementos metálicos no estén unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

#### **4.16.8 Revisión de las tomas de tierra**

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, cualquier instalación de toma de tierra deberá ser obligatoriamente comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación para el funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará esta comprobación anualmente en la época en que el terreno esté mas seco. Para ello se medirá la resistencia de tierra, reparando inmediatamente los defectos que se encuentren. En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, estos, así como también los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

#### **4.16.9 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.

#### **4.16.10 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”.

## **4.17 CONSIDERACIONES DE CARÁCTER GENERAL**

### **4.17.1 Recepción provisional**

Terminadas las obras e instalaciones, y como requisito previo a la recepción provisional de las mismas, la dirección facultativa procederá a la realización de los ensayos y medidas necesarias para comprobar que los resultados y condiciones de la instalación son satisfactorios. Si los resultados no fuesen satisfactorios, el contratista realizará cuantas modificaciones y operaciones sean necesarias para lograrlo.

Obtenidos los resultados satisfactorios, se procederá a la redacción y firma del documento de recepción provisional, al que se acompañarán dos actas firmadas por las direcciones facultativas y visadas por el colegio oficial correspondiente en las que se recoja lo siguiente:

*"Al término de las obras y antes de la entrada en servicio serán examinadas y comprobadas por la Dirección Facultativa, las condiciones de funcionamiento de la instalación y, si las mismas son las adecuadas, se procederá a redactar el documento de Recepción Provisional, al que se adjuntarán las siguientes actas".*

### **4.17.2 Acta de comprobación de los resultados eléctricos**

Previa comprobación sobre el terreno, se recogerán en acta firmada por la Dirección Facultativa las siguientes medidas eléctricas que nunca podrán ser inferiores a las del Proyecto y a las preceptuadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias del mismo.

### **4.17.3 Medición de las caídas de tensión**

Con toda la instalación en marcha se medirá la tensión en la acometida desde el Centro de Transformación y en los extremos de los diversos circuitos, comprobándose si las caídas de tensión son las admitidas.

### **4.17.4 Medición de tierras**

Se medirá la resistencia a tierra a lo largo de los elementos que componen el circuito de tierra y se comprobará que no es inferior al límite establecido.

### **4.17.5 Medida de aislamiento**

Con los correspondientes elementos de la instalación conectados, se medirá la resistencia de aislamiento de cada circuito y la total, comprobándose que no es inferior al límite establecido.

#### **4.17.6 Medición del factor de potencia**

Se medirá el factor de potencia de la acometida del centro de transformación, estando toda la instalación conectada y se comprobará que es superior o igual a 0,9.

#### **4.17.7 Comprobación del reparto de cargas**

Se conectará por separado cada uno de los circuitos y se comprobará que las fases a las que están conectados son las que correspondan.

Seguidamente, se conectarán todos los elementos de la instalación y se medirá la intensidad de régimen de cada una de las fases en el centro de transformación y se comprobará que le desequilibrio es inferior al admisible.

#### **4.17.8 Comprobación de conexiones**

Se comprobará que la intensidad nominal de los circuitos no supere el valor de la intensidad máxima admisible en el conductor protegido.

### **4.18 CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE ECONÓMICA**

Como base general de estas condiciones generales de índole económica, se establece el principio de que el contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que éstos se hayan realizado con arreglo y sujeción al proyecto y condiciones generales y particulares que rijan la construcción del edificio y obra aneja contratada.

El ingeniero podrá exigir al contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de si éste reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato. Dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el contratista antes de la firma del Contrato.

Se exigirá al contratista, para que cumpla con lo contratado, una fianza del 10% del Presupuesto de las obras adjudicadas.

Si, el contratista, se negara a hacer por su cuenta los trabajos precisos para realizar la obra en las condiciones contratadas, el ingeniero director, en representación del propietario, las ordenará ejecutar a un tercero o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el propietario en el caso de que el importe de la fianza no bastase para abonar el total de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.

La fianza depositada será devuelta al contratista en un plazo que no excederá en 8 días, una vez firmada el acta de la recepción definitiva de la obra, siempre que el contratista haya acreditado, por medio de certificación del ayuntamiento, que no existe reclamación alguna contra él por daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de los jornales o los materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en los trabajos.

Los precios de unidades de obra, así como de los materiales, se fijarán entre el ingeniero director y el contratista o su representante expresamente designado para estos efectos. El contratista los presentará descompuestos, siendo condición necesaria la presentación y aprobación de estos precios antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra correspondientes.

De los precios así acordados se levantarán actas, que firmarán por triplicado: el ingeniero director, el propietario y el contratista o los representantes autorizados a estos efectos por ellos

Si el contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación y observación oportuna, no podrá, bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirve de base a la ejecución de la obra.

Tampoco se le admitirá reclamación de clase alguna fundada en indicaciones que sobre las obras se hagan en la memoria, por no ser éste el documento que sirve de base a la contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos que el Presupuesto pueda tener, ya por variación de los precios con respecto de los de los cuadros correspondientes, ya por errores aritméticos en las cantidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tendrán en cuenta a los efectos de la rescisión del contrato, señalados en los documentos relativos a las condiciones generales o particulares de índole facultativa, salvo en el caso de que el ingeniero director o el contratista los hubieran hecho notar en el plazo de 4 meses, contados desde la fecha de adjudicación.

Las equivocaciones materiales no alterarán la baja proporcional hecha en la Contrata, respecto del importe del presupuesto que a de servir de base a la misma, pues esta baja se fijará siempre por la relación entre las cifras de dicho presupuesto, antes de las correcciones, y la cantidad ofrecida.

Contratándose las obras a riesgo y altura y ventura, es natural por ello que, en principio, no se debe admitir la revisión de los precios contratados. No obstante y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que son características en determinadas épocas anormales, se admite durante ellas la revisión de los precios contratados, bien en alza o en baja, y en armonía con las oscilaciones de los precios en el mercado, siempre y cuando se convenga en el oportuno contrato de ejecución de obras.

Por ello, y en los casos de revisión al alza, el contratista puede solicitarla del propietario, en cuanto se produzca cualquier alteración del precio que repercuta aumentando los contratos. Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario, antes de comenzar o reanudar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado haya aumentado, especificándose y acordándose, también previamente, la fecha a partir de la cual se haya subido, aplicándose el precio revisado y elevado, para lo cual se tendrá en cuenta, siempre que proceda, el acopio de materiales en la obra, en el caso de que estuviesen parcial o totalmente abonados por el contratista.

Si el propietario o el ingeniero director, en su representación, no estuviere conforme con los nuevos precios de los materiales, el transporte, etc., que el contratista desea percibir, aquél tiene la facultad de proponer al contratista, y éste la obligación de aceptarlos, los materiales, transporte, etc. a precios inferiores de los pedidos por el contratista, en cuyo caso, como es lógico y natural, se tendrá en cuenta para la revisión de los precios de los materiales, transporte, etc. adquiridos por el contratista, merced a la información del propietario.

Cuando el Propietario o el ingeniero director, en su representación, solicita del contratista la revisión de precios, por haber bajado los de jornales, materiales, transporte, etc., se convendrá entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en las obras, en equidad por la baja experimentada por cualquiera de los elementos constitutivos de la unidad de obra y la fecha en que empezarán a regir los precios revisados.

La fórmula de revisión de los precios de la contrata se establecerá de mutuo acuerdo entre las partes contratantes, quedando ésta reflejada en el oportuno contrato de obra.

El Contratista deberá percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya ejecutado, con arreglo a lo preceptuado en el proyecto, a las condiciones de la Contrata y a las indicaciones y órdenes que, por escrito, entregue el ingeniero director, y siempre dentro de las cifras a que ascienden los presupuestos aprobados.

Tanto en las certificaciones como en la liquidación final, las obras serán, en todo caso, abonadas a los precios que para cada unidad de obra figuran en la oferta aceptada, a los precios contradictorios fijados en el transcurso de las obras, de acuerdo con lo previsto en el presente pliego de condiciones



generales de índole económica para estos efectos, así como respecto a las partidas alzadas y obras accesorias y complementarias.

Si las obras se hubiesen adjudicado por subasta o concurso, servirán de base para su valoración los precios que figuran en el presupuesto del proyecto, con las mismas condiciones expresadas anteriormente para los precios de la oferta. A1 resultante de la valoración ejecutada en dicha forma, se le aumentará el tanto por ciento necesario para obtención del precio de la contrata, y de la cifra obtenida se descontará la que proporcionalmente corresponda a la baja de subasta a remate.

En ningún caso, el número de unidades que se consigne en el proyecto o en el presupuesto, podrá servir de fundamento para reclamaciones de ninguna clase.

Los pagos se efectuarán por el propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra expedidas por el ingeniero director, en virtud de las cuales se verifican dichos pagos.

En ningún caso, el contratista podrá, alegando retraso en los pagos, suspender los trabajos o ejecutarlos a menor ritmo que el corresponda con arreglo a los plazos en que deben terminarse.

El importe de la indemnización que debe abonar el contratista por causa de retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras contratadas, será el importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de la ocupación del inmueble, debidamente justificados.

El contratista no tendrá derecho a indemnización por causa de pérdidas, averías o perjuicios ocasionados en las obras, salvo en los casos de fuerza mayor. Para los efectos de este Artículo, se considerarán como tales casos únicamente los que siguen:

- Los incendios causados por electricidad atmosférica.
- Los daños producidos por terremotos o maremotos.
- Los producidos por vientos huracanados, mareas o crecidas de los ríos, superiores a las que sean de prever en el país y siempre que exista constancia inequívoca de que por el contratista se tomaron las medidas posibles dentro de sus medios, para evitar o atenuar los daños.

- Los que provengan de movimientos del terreno en que se están efectuando las obras.

La indemnización se referirá, exclusivamente, al abono de las unidades de obras ya ejecutadas o materiales almacenados a pie de obra, que, en ningún caso, comprenderán medios auxiliares, maquinaria, instalaciones, etc. propiedad de la contrata.

No se admitirán mejoras en la obra, salvo en el caso de que el ingeniero director haya ordenado por escrito la ejecución de nuevos trabajos o que se mejore la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del proyecto, a menos que el ingeniero director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan, por Contrata, los objetos que tengan asegurados.

El importe abonado por la sociedad aseguradora en caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del propietario, para que, con cargo a la citada sociedad, se abone la obra que se construya, y a medida que ésta se va realizando. El reintegro de dicha cantidad al contratista, se efectuará por certificaciones como el resto de los trabajos de construcción.

En ningún caso, salvo conformidad expresa del contratista, hecha en documento público, el propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de la reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto, será motivo suficiente para que el contratista pueda rescindir la contrata, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales almacenados, etc. y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al contratista por el siniestro y que no se le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la sociedad aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el ingeniero director.

En las obras de reforma o reparación se fijará previamente la porción del edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se previene, se entenderá que el seguro a de comprender toda parte del edificio afectada por las obras.

Los riesgos asegurados y las condiciones de la póliza o pólizas de seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del propietario, al objeto de obtener de éste su previa conformidad o sus reparos.

Si el contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el periodo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero director, en representación del propietario, antes de la recepción, procederá a disponer de todo lo que crea necesario para que atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuera menester para su buena conservación, abonándose todo ello a cuenta de la contrata.

A1 abandonar el contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras como por rescisión del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el ingeniero director fije.

Después de la recepción provisional del edificio, y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del contratista, no deberá haber en él más materiales, útiles, herramientas, muebles, etc. que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuera preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, el contratista está obligado a revisar y reparar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente pliego de condiciones económicas.

El Ingeniero director se niega de antemano al arbitraje de precios, después de ejecutada la obra, en el supuesto de que los precios base contratados no sean puestos en su conocimiento previamente a la ejecución de la obra.





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

## **PRESUPUESTO**

Asier Anton Rodriguez  
José Javier Crespo Ganuza  
Pamplona, Abril 2014

<b>5.1 CAPITULO I: ACOMETIDA.....</b>	<b>2</b>
5.1.1 Acometida .....	2
<b>5.2. CAPÍTULO II: PROTECCIONES .....</b>	<b>3</b>
5.2.1 Cuadro general de distribución.....	3
5.2.2 Cuadro secundario I.....	4
5.2.3 Cuadro secundario II.....	5
5.2.4 Cuadro secundario III .....	6
5.2.5 Cuadro secundario IV.....	6
5.2.6 Cuadro oficinas.....	7
5.2.7 Cuadro alum ext,emerg y caldera.....	9
5.2.8 Cuadro alumbrado nave de produccion .....	9
<b>5.3 CAPITULO III: PROTECCIONES Y TUBOS .....</b>	<b>11</b>
5.3.1 Conductores .....	11
5.3.2 Tubos .....	12
5.3.3 Tabla resumen .....	12
<b>5.4 CAPÍTULO IV: PUESTA A TIERRA.....</b>	<b>13</b>
5.4.1 Puesta a tierra.....	13
<b>5.5 CAPÍTULO V: EQUIPOS DE ALUMBRADO .....</b>	<b>13</b>
5.5.1. Alumbrado interior .....	14
5.5.2. Alumbrado exterior.....	14
5.5.3 Alumbrado de emergencia.....	15
5.5.4 Tabla resumen capitulo V.....	13
<b>5.6. CAPÍTULO VI: ELEMENTOS VARIOS .....</b>	<b>15</b>
5.6.1. Tomas de corriente, bases, interruptores... ..	15
<b>5.7 COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA .....</b>	<b>15</b>
5.7.1 Batería de condensadores .....	16
<b>5.8 CAPÍTULO VIII: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....</b>	<b>16</b>
5.8.1. Obra civil.....	16
5.8.2 Caseta del centro .....	17
5.8.3 Transformador de potencia.....	17
5.8.4 Aparamenta en media tensión.....	18
5.8.5 Equipo de baja tensión.....	19
5.8.6 Puesta a tierra del centro.....	20
5.8.7 Tabla resumen .....	20
<b>5.9 SEGURIDAD Y SALUD .....</b>	<b>21</b>
<b>5.10 RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>23</b>

## 5.1 CAPITULO I: ACOMETIDA

### 5.1.1 Acometida

Nº Orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.1.1.1	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 3x(3 x 150/70)	30 m	294,539	8836,17
5.1.1.2	Arqueta tronco piramidal de 1x1m <sup>2</sup> de base y 1m de profundidad. El cierre será con marco y tapa de fundición 0,60x 0,60 m <sup>2</sup> .	1	150	150
5.1.1.3	Zanja sobre tierra de 40x80 cm. con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada.	1	3,15	3,15
5.1.1.4	Tubo de XLPE corrugado de doble pared, de 250mm de diámetro, de 2,2mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R de resistencia de aplastamiento 140N	30m	5,25	157,5
5.1.1.5	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	1	280	280
<b>SUBTOTAL</b>				<b>9426,82</b>

## 5.2. CAPÍTULO II: PROTECCIONES

### 5.2.1 Cuadro general de distribución

Línea	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
<b>Acometida</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 1000A curva B	1	5307,63	5307,63
<b>L1</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 100A curva C	1	1065,24	1065,24
<b>L1</b>	Rele diferencial toroide 600mA 100A	1	458,5	458,5
<b>L2</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 125A curva C	1	380,8	380,8
<b>L2</b>	Rele diferencial toroide 600mA 125A	1	458,5	458,5
<b>L3</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 125A curva C	1	1065,24	1065,24
<b>L3</b>	Rele diferencial toroide 600mA 125A	1	458,5	458,5
<b>L4</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 125A curva C	1	1065,24	1065,24
<b>L4</b>	Rele diferencial toroide 600mA 125A	1	458,5	458,5
<b>L5</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 32A	1	259,27	259,27

	curva C			
<b>L5</b>	Rele diferencial toroide 300mA 32A	1	138,2	138,2
<b>L6</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 80A curva C	1	301,56	301,56
<b>L6</b>	Rele diferencial toroide 300mA 100A	1	200,5	200,5
<b>L7</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 300A (300A) curva C	1	3034,84	3034,84
<b>L7</b>	Rele diferencial toroide 300mA 300A	1	312,65	312,65
<b>Bateria condensadores</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 200A (300A) curva C	1	3034,84	3034,84
<b>Bateria condensadores</b>	Rele diferencial toroide 300mA 300A	1	312,65	312,65
<b>Mano de obra</b>	mano de obra	1	110,25	110,25
<b>TOTAL</b>				<b>18422,9</b>

### 5.2.2 Cuadro secundario I

<b>Línea</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
<b>L1C1</b>	Rele diferencial toroide 300mA 16A	1	102,33	102,33
<b>L2C1</b>	Rele diferencial toroide 300mA 63A	1	158,2	158,2
<b>L3C1</b>	Rele diferencial toroide 300mA 20A	1	121,5	121,5
<b>L4C1</b>	Rele diferencial toroide 30mA 16A	1	115,7	115,7
	Magneto termico principal.calibre 100A curva C	1	1065,24	1065,24
<b>L1C1A</b>	Magneto termico . Pdc 10.calibre 4A curva C	1	143,23	143,23
<b>L1C1B</b>	Magneto termico . Pdc 10.calibre 4A curva C	1	143,23	143,23
<b>L1C1C</b>	Magneto termico . Pdc 10.calibre 4A curva C	1	143,23	143,23
<b>L2C1D</b>	Magneto termico. Pdc 10.calibre 16A curva C	1	99,21	99,21
<b>L2C1E</b>	Magneto termico. Pdc 10.calibre 16A curva C	1	99,21	99,21
<b>L2C1F</b>	Magneto termico. Pdc 10.calibre 2A curva C	1	150,71	150,71
<b>L2C1G</b>	Magneto termico. Pdc 10.calibre 16A curva C	1	99,21	99,21
<b>L3C1H</b>	Magneto termico. Pdc 10.calibre 6A curva C	1	103,99	103,99
<b>L3C1I</b>	Magneto termico. Pdc 10.calibre 2A curva C	1	150,71	150,71
<b>L3C1J</b>	Magneto termico. Pdc 10.calibre 2A curva C	1	150,71	150,71
<b>L3C1K</b>	Magneto termico. Pdc 10.calibre 6A curva C	1	103,99	103,99
<b>L3C1L</b>	Magneto termico. Pdc 10.calibre 2A curva C	1	150,71	150,71
<b>L4C1L</b>	Magneto termico. Pdc 10.calibre 16A curva C	1	99,21	99,21



<b>TOTA L</b>				<b>3200,32</b>
-------------------	--	--	--	----------------

### 5.2.3 Cuadro secundario II

<b>Linea</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Cantid ad</b>	<b>Precio unitarion (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
<b>L1C2</b>	Rele diferencial toroide 300mA 32A	1	138,2	138,2
<b>L2C2</b>	Rele diferencial toroide 300mA 16A	1	102,33	102,33
<b>L3C2</b>	Rele diferencial toroide 300mA 40A	1	150,34	150,34
<b>L4C2</b>	Rele diferencial toroide 300mA 25A	1	129,56	129,56
<b>L5C2</b>	Rele diferencial toroide 30mA 16A	1	115,7	115,7
	Magneto termico principal. Pdc 22.calibre 125A curva C	1	1834,05	1834,05
<b>L1C2A</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 1A curva C	1	279,24	279,24
<b>L1C2B</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 10A curva C	1	220,44	220,44
<b>L1C2C</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 16A curva C	1	224,85	224,85
<b>L2C2 D</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 3A curva C	1	279,24	279,24
<b>L2C2E</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 10A curva C	1	220,44	220,44
<b>L2C2F</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 1A curva C	1	279,24	279,24
<b>L3C2 G</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 16A curva C	1	224,85	224,85
<b>L3C2 H</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 2A curva C	1	279,24	279,24
<b>L3C2I</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 16A curva C	1	224,85	224,85
<b>L4C2J</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 2A curva C	1	279,24	279,24
<b>L4C2K</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 10A curva C	1	220,44	220,44
<b>L4C2L</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 10A curva C	1	220,44	220,44
<b>L5C2</b>	Magneto termico. Pdc 22.calibre 16A curva C	1	224,85	224,85
	MANO DE OBRA	1	110,25	110,25

<b>TOTAL</b>				<b>5757,79</b>
--------------	--	--	--	----------------

### 5.2.4 Cuadro secundario III

<b>Linea</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
<b>L2C3</b>	Rele diferencial toroide 300mA 63A	1	158,2	158,2
<b>L3C3</b>	Rele diferencial toroide 300mA 20A	1	121,5	121,5
<b>L4C3</b>	Rele diferencial toroide 300mA 20A	1	121,5	121,5
<b>L5C3</b>	Rele diferencial toroide 30mA 16A	1	115,7	115,7
	Magneto termico principal.calibre 125A curva C	1	1834,05	1834,05
<b>L2C3D</b>	Magneto termico. Pdc 6.calibre 16A curva C	1	92,1	92,1
<b>L2C3E</b>	Magneto termico. Pdc 6.calibre 16A curva C	1	92,1	92,1
<b>L2C3F</b>	Magneto termico. Pdc 6.calibre 2A curva C	1	133,26	133,26
<b>L2C3G</b>	Magneto termico. Pdc 6.calibre 16A curva C	1	92,1	92,1
<b>L3C3H</b>	Magneto termico. Pdc 6.calibre 6A curva C	1	94,16	94,16
<b>L3C3I</b>	Magneto termico. Pdc 6.calibre 2A curva C	1	133,26	133,26
<b>L3C3J</b>	Magneto termico. Pdc 6.calibre 2A curva C	1	133,26	133,26
<b>L3C3K</b>	Magneto termico. Pdc 6.calibre 6A curva C	1	94,16	94,16
<b>L3C3L</b>	Magneto termico. Pdc 6.calibre 2A curva C	1	133,26	133,26
<b>L4C3L</b>	Magneto termico. Pdc 6.calibre 16A curva C	1	92,1	92,1
<b>L5C3</b>	Magneto termico. Pdc 6.calibre 16A curva C	2	92,1	92,1
<b>TOTAL</b>				<b>3532,81</b>

## 5.2.5 Cuadro secundario IV

Linea	Descripcion	Cantida d	Precio unitarion (€)	Importe (€)
L1C4	Rele diferencial toroide 300mA 32A	1	138,2	138,2
L2C4	Rele diferencial toroide 300mA 16A	1	102,33	102,33
L3C4	Rele diferencial toroide 300mA 40A	1	150,34	150,34
L4C4	Rele diferencial toroide 300mA 25A	1	129,56	129,56
L5C4	Rele diferencial toroide 30 mA 16A	1	115,7	115,7
	Magneto termico principal. .calibre 125A curva C	1	1834,05	1834,05
L1C4 A	Magneto termico. Pdc 6.calibre 1A curva C	1	133,26	133,26
L1C4 B	Magneto termico. Pdc 6.calibre 10A curva C	1	91,04	91,04
L1C4 C	Magneto termico. Pdc 6.calibre 16A curva C	1	92,1	92,1
L2C4 D	Magneto termico. Pdc 6.calibre 3A curva C	1	133,26	133,26
L2C4E	Magneto termico. Pdc 6.calibre 10A curva C	1	91,04	91,04
L2C4F	Magneto termico. Pdc 6.calibre 1A curva C	1	133,26	133,26
L3C4 G	Magneto termico. Pdc 6.calibre 16A curva C	1	92,1	92,1
L3C4 H	Magneto termico. Pdc 6.calibre 2A curva C	1	133,26	133,26
L3C4I	Magneto termico. Pdc 6.calibre 16A curva C	1	92,1	92,1
L4C4J	Magneto termico. Pdc 6.calibre 2A curva C	1	133,26	133,26
L4C4 K	Magneto termico. Pdc 6.calibre 10A curva C	1	91,04	91,04
L4C4L	Magneto termico. Pdc 6.calibre 10A curva C	1	91,04	91,04
TOTA L				<b>3776,94</b>

## 5.2.6 Cuadro oficinas

Linea	Descripcion	Cantida d	Precio unitarion (€)	Importe (€)
L1C5	Rele diferencial toroide 300mA 16A	1	102,33	102,33
L1C5	Magneto termico. Pdc 3.calibre 16A curva C	1	92,1	92,1
L2C5	Rele diferencial toroide 30mA 16A	1	115,7	115,7
L2C5	Magneto termico. Pdc 3.calibre 16A curva C	1	92,1	92,1
	Magneto termico principal.calibre 32A curva C	1	280,27	280,27
TOTA L				<b>682,5</b>

### 5.2.7 Cuadro alum exterior, emergencia y caldera

Linea	Descripcion	Cantida	Precio unitarion (€)	Importe (€)
L1C6	Rele diferencial toroide 30mA 25A	1	138,2	138,2
L1C6	Magneto termico. Pdc 10.calibre 25A curva C	1	103,99	103,99
L2C6	Rele diferencial toroide 30mA 3A	1	25,2	25,2
L2C6	Magneto termico. Pdc 10.calibre 2A curva C	1	150,71	150,71
L3C6	Rele diferencial toroide 300mA 25A	1	129,56	129,56
L3C6	Magneto termico. Pdc 10.calibre 25A curva C	1	103,99	103,99
L4C6	Rele diferencial toroide 30mA 16A	1	115,7	115,7
L4C6	Magneto termico. Pdc 10.calibre 16A curva C	1	99,21	99,21
	Magneto termico principal.calibre 80A curva C	1	380,8	380,8
<b>TOTAL</b>				<b>1247,36</b>

### 5.2.8 Cuadro alum nave de producción.

	Descripcion	Cantidad	Precio unitarion (€)	Importe (€)
L1C7	Rele diferencial toroide 300mA 250A(siemens 4*63A)(252A)	1	1650	1650
L1C7	Magneto termico. Pdc 22.calibre 250A curva C	1	3034,84	3034,84
L2C7	Rele diferencial toroide 30mA 16A	1	115,7	115,7
L2C7	Magneto termico. Pdc 22.calibre 16A curva C	1	224,85	224,85
	Magneto termico principal. Pdc 22.calibre 300A curva C	1	3034,84	3034,84
	MANO DE OBRA	1	110,25	110,25
<b>TOTAL</b>				<b>8170,48</b>

### 5.2.9 Armarios cuadros secundarios

Cuadro	Orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
--------	-------	-------------	----------	---------------------	-------------

<b>General de distribución</b>	5.2.1	<p>Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin Modelo: Prisma, Sistema P, con IP55, de medidas: 2050x800x400mm, con su placa de montaje y puesta a tierra</p>	1	1685,5	1685,5
<b>Cuadro secundario 1</b>	5.2.2	<p>Armario metálico de distribución. Marca:</p>	1	214,16	214,16
		<p>Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida:</p>			
		<p>850x600x250 mm. Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304</p>			
<b>Cuadro secundario 2</b>	5.2.3	<p>Armario metálico de distribución. Marca:</p>	1	214,16	214,16
		<p>Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida:</p>			
		<p>850x600x250 mm. Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304</p>			
<b>Cuadro secc3</b>	5.2.4	<p>Armario metálico de distribución. Marca:</p>	1	214,16	214,16

		Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida: 850x600x250 mm. Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304			
<b>Cuadro secc4</b>		Armario metálico de distribución. Marca:			
	5.2.5	Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida: 850x600x250 mm. Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304	1	214,16	214,16
<b>Cuadro oficinas</b>	5.2.6	Armario metálico de distribución. Marca: Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x250 mm. Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08303	1	188,72	188,72

<b>Cuadro alumbrado ext.emergencia y caldera</b>	5.2.7	Armario metálico de distribución. Marca: Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x250 mm. Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08303	1	188,72	188,72
<b>Cuadro alum nave de produccion</b>	5.2.8	Armario metálico de distribución. Marca: Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x250 mm. Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08303	1	188,72	188,72
<b>SUBTOTAL</b>					<b>3108,3</b>

TABLA RESUMEN DE PROTECCIONES.

SUBTOTAL	PRESUPUESTO TOTAL CAPITULO II	IMPORTE
5.2.1		18422,91
5.2.2		3200,32
5.2.3		5757,79
5.2.4		3532,81
5.2.5		3796,74
5.2.6		682,5
5.2.7		1247,36

5.2.8		8170,48
5.2.9		3108,3
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>47919,21</b>

### 5.3 CAPITULO III: PROTECCIONES Y TUBOS

#### 5.3.1 Conductores

Nº Orden	Descripción	Cantidad (metros)	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.3.1.1	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 300 mm <sup>2</sup> Cu	40	90,23	3609,2
5.3.1.2	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 240 mm <sup>2</sup> Cu	30	85,14	2554,2
5.3.1.3	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 185 mm <sup>2</sup> Cu	15	62,75	941,25
5.3.1.4	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 95 mm <sup>2</sup> Cu	120	31,2	3744
5.3.1.5	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 35 mm <sup>2</sup> Cu	16	13,3	212,8
5.3.1.6	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 25 mm <sup>2</sup> Cu	89	9,51	846,39
5.3.1.7	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 16 mm <sup>2</sup> Cu	80	6,21	496,8
5.3.1.8	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 6 mm <sup>2</sup> Cu	67	2,532	169,644
5.3.1.9	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 4 mm <sup>2</sup> Cu	5	1,826	9,13
5.3.1.10	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 2,5 mm <sup>2</sup> Cu	238	1,29	307,02
5.3.1.11	Energy RV-k 0,6/1 KV flexible 1,5 mm <sup>2</sup> Cu	765	1,123	859,095
SUBTOTAL				<b>13749,53</b>

#### 5.3.2 Tubos

Nº Orden	Descripción	Cantidad (metros)	Precio unitario (€)	Importe (€)
----------	-------------	-------------------	---------------------	-------------



<b>5.3.2.1</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 12 mm	110	0,15	16,5
<b>5.3.2.2</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 16 mm	581	0,25	145,25
<b>5.3.2.3</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 20 mm	161	0,45	72,45
<b>5.3.2.4</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 25 mm	107	0,6	64,2
<b>5.3.2.5</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 32 mm	89	0,95	84,55
<b>5.3.2.6</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 40 mm	46	1,05	48,3
<b>5.3.2.7</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 75 mm	15	12,6	189
<b>SUBTOTAL</b>				<b>619,45</b>

### 5.3.3 Tabla resumen

SUBTOTAL	PRESUPUESTO TOTAL CAPITULO III	IMPORTE
5.3.1		13749,52
5.3.2		619,45
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>14368,97</b>

## 5.4 CAPÍTULO IV: PUESTA A TIERRA

### 5.4.1 Puesta a tierra

Nº Orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
----------	-------------	----------	---------------------	-------------

<b>5.4.1.1</b>	Pica de tierra de 2 metros de longitud de acero-cobre. Incluida soldadura aluminotérmica CADWEL a la red de tierra y otros accesorios.	3	19,29	57,87
<b>5.4.1.2</b>	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.	3	38,06	114,18
<b>5.4.1.3</b>	Red de tierra constituida con cable de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> de sección.	190,08	6,95	1321,056
<b>5.4.1.4</b>	Grapa para la conexión de picas, de aleación de cobre, de la marca Klk. Ref: KU-1625 Ix (incluye tornillería de acero inoxidable). Totalmente instalada.	3	5,93	17,79
<b>5.4.1.5</b>	Punto de puesta a tierra, de la marca Klk. Ref: PT-4, (Incluye tornillería de acero inoxidable). Totalmente instalado.	1	14,52	14,52
<b>5.4.1.6</b>	Kits de soldadura aluminotérmica. Totalmente instalada.	20	7,36	147,2
<b>5.4.1.7</b>	Terminales, de la marca Klk. Ref: TK 150 T (incluye tornillería de acero inoxidable). Totalmente instalado.	3	4,95	14,85
<b>SUBTOTAL</b>				<b>1687,46</b>

## 5.5 CAPÍTULO V: EQUIPOS DE ALUMBRADO

### 5.5.1. Alumbrado interior

Nº Orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.5.1.1	PHILIPS HPK238 1*HP1-P400W-BUS	112	789	88368
5.5.1.2	PHILIPS FBS 120 1*PLC P18W	17	249	4233
5.5.1.3	PHILIPS TT*150 491 P80W HFP	30	170	5100

5.5.1.4	PHILIPS TBS 160 4*TL-D P36W HFC3	22	289	6358
<b>TOTAL</b>				<b>104059</b>

### 5.5.2. Alumbrado exterior

<b>Nº Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.5.2.1	PHILIPS SG305 1*50N-TPP P150W	29	288,56	8368,24
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>8368,24</b>

### 5.5.3 Alumbrado de emergencia

<b>Nº Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.5.3.1	Legrand C3 500lm	10	286,32	2863,2
5.5.3.2	Legrand B65 120lm	17	278,55	4735,35
	<b>TOTAL</b>			<b>7598,55</b>

### 5.5.4 Tabla resumen capitulo V

SUBTOTAL	PRESUPUESTO TOTAL CAPITULO V	IMPORTE
5.5.1		104059
5.5.2		8368,24
5.5.3		7598,55
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>120025,79</b>

### 5.6. CAPÍTULO VI: ELEMENTOS VARIOS

#### 5.6.1. Tomas de corriente, bases, interruptores...

Nº Orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.6.1.1	Toma de corriente (2P+T)de 16 A con caja de empotrar, 230 V. Marca: Legrand	41	8,97	367,77
5.6.1.2	Toma de corriente trifásica de 32 A (4P+T) con caja de empotrar, 400V. Marca: Legrand	10	4,13	41,3
5.6.1.3	Interruptor unipolar 10 A 230/240V	13	3,2	41,6
5.6.1.4	Conmutador de cruzamiento 10 A 230/240V	14	10,5	147
<b>SUBTOTAL</b>				<b>597,67</b>

### 5.7 COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

#### 5.7.1 Batería de condensadores

Nº Orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.7.1.1	Suministro y montaje de batería automática de condensadores modelo CISAR, Clase Mini en polipropileno metalizado, con embarrado, fusible y contadores	1	994	994

5.7.1.2	Suministro y montaje de batería automática de condensadores modelo CISAR, 130 KVAR Clase H 400 V en polipropileno metalizado, con embarrado, fusible y contadores	1	3250	3250
<b>SUBTOTAL</b>				<b>4244</b>

## 5.8 CAPÍTULO VIII: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 5.8.1. Obra civil

Nº Orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.8.1.1	Edificio de Transformación: PFU-4/20  Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo PFU- 4/20, de dimensiones generales aproximadas 4480 mm de largo por 2380 mm de fondo por 3045 mm de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según CEI 622171- 202, transporte, montaje y accesorios	1	8400	<b>8400</b>

### 5.8.2 Caseta del centro

Nº Orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.8.2.1	Caseta tipo PFU-4, de la marca ORMAZABAL, con paneles que forman la envolvente, armaduras de hormigón unidas entre si y al colector de tierras. Se incluye el precio del montaje y del transporte	1	7123	7123

### 5.8.3 Transformador de potencia

Nº Orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.8.3.1	Transformador 1: Transformador aceite 24 kv  Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en la memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 630 KVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 13,2 - 20 kv y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %	1	13175	13175

### 5.8.4 Aparamenta en media tensión

Nº Orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
----------	-------------	----------	---------------------	-------------

5.8.4.1	<p>CELDA DE LINEA: CML Celda de llegada de línea, de la marca ORMAZABAL, Vn =24 KV, de 370 mm de ancho por 1800 mm de alto y 850 mm de fondo. Dotada con un interruptor seccionador de tres posiciones, permite comunicar el embarrado de conjunto de las 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. Includo el transporte, montaje y conexión</p>	1	2085	2085
5.8.4.2	<p>CELDA DE MEDIDA: Celda de medida de tensión e intensidad con entrada inferior y salida superior lateral por barras, bajo envolvente metálica, de la marca ORMAZABAL, tipo CMM, Vn=24 KV, In=30 A, de 800 mm de ancho, 1800 mm de alto y 1025 mm de fondo, Con 3 transformadores de tensión y tres de intensidad. Includo el transporte, montaje y conexión.</p>	1	5114	5114
5.8.4.3	<p>CELDA DE PROTECCION CON FUSIBLES: Celda CMP-F protección con fusibles asociados a la salida del cable, bajo envolvente metálica de la marca ORMAZABAL, Vn= 24KV, In= 30 A, de 480 mm de ancho por 1800 mm de alto y 850 mm de fondo. Incluye tres fusibles limitadores de 24 KV y 40 A. Includo el transporte, montaje y conexión</p>	1	2727	2727
<b>SUBTOTAL</b>				<b>9926</b>

### 5.8.5 Equipo de baja tensión

Nº Orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
----------	-------------	----------	---------------------	-------------

5.8.5.1	Armario metálico de distribución. Marca: Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 7 módulos, de medida: 450x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 0830	1	180,29	180,29
5.8.5.2	Interruptor magnetotérmico regulable Pdc 22KA calibre 1000 A curva B, III+N	1	5307,63	5307,63
5.8.5.3	Relé diferencial Toroide 600 mA 1000 A 4P	1	924,32	924,32
<b>SUBTOTAL</b>				<b>6412,24</b>

### 5.8.6 Puesta a tierra del centro

Nº Orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
-------------	-------------	----------	---------------------------	----------------



5.8.6.1	Tierra de protección del centro de transformación de 5x4 m a 0,8 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm <sup>2</sup> y 8 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 4 m de largo. Incluida línea de tierra interior formada por conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> . Incluidas arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluida soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada	1	750	750
5.8.6.2	Puesta a tierra interior CT: Conjunto de conductores de cobre de 50 mm <sup>2</sup> y conexionado a todas las partes metálicas (celdas, transformador, rejillas, herrajes, puerta, etc.)	1	180,5	180,5
5.8.6.3	Tierra de servicio realizada en anillo de 5x4 m a 0,5 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm <sup>2</sup> y 4 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de largo. Incluida línea de tierra interior formada por conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> . Incluidas arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluida soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada.	1	435,68	435,68
5.8.6.4	Punta de tipo Franklin de 5 m de altura para la protección ante la descarga atmosférica de rayos de 10 KA. Totalmente instalado y conexionado	1	728,32	728,32
			<b>Subtotal</b>	<b>2094,5</b>

SUBTOTAL	PRESUPUESTO TOTAL CAPITULO VIII	IMPORTE
5.8.1	O. Civil	8400
5.8.2	Caseta del centro	1123
5.8.3	Transformador de potencia	13175
5.8.4	Aparamenta de media tensión	9926

5.8.5	Equipo de baja tensión	6522,49
5.8.6	Puesta a tierra del C.T	2094,5
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>41240,99</b>

## 5.9 SEGURIDAD Y SALUD

Nº Orden	Descripción	Cantidad	Precio unitario (€)	Importe (€)
5.9.1	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas, amortizable en 5 usos.	2	3,73	7,46
5.9.2	Arnés de seguridad con amarre dorsal + amarre torsal + amarre lateral, acolchado y cinturón giro 180º para trabajos de electricidad, fabricado con fibra de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable, amortizable en 5 obras. Certificado CE	2	54,45	108,9
5.9.3	Placa señalización- información en PVC serigrafiado de 50x30 cm, fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje.	1	3,43	3,43
5.9.4	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
5.9.5	Gafas contra impactos Gafas protectoras contra impactos, incoloras, amortizables en 3 usos.	2	3,14	6,28
5.9.6	Gafas antipolvo Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas, amortizables en 3 usos.	2	0,81	1,62
5.9.7	Cascos protectores auditivos Protectores auditivos con arnés a la nuca, amortizables en tres usos. Certificado CE.	2	3,12	6,24

5.9.8	Juego de tapones antirruído de silicona ajustables. Certificado CE.	4	1,41	5,64
5.9.9	Faja protección lumbar, amortizable en 4 usos. Certificado CE.	2	2,8	5,6
5.9.10	Chaleco de trabajo de poliésteralgodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	2	13,5	27
5.9.11	Par de rodilleras ajustables de protección ergonómica, amortizable en tres usos. Certificado CE.	2	2,63	5,26
5.9.12	Cinturón portaherramientas amortizable en 4 usos.	1	5,89	5,89
5.9.13	Mono de trabajo, de una pieza de poliéster- algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	2	15,29	30,58
5.9.14	Par guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE	4	1,4	5,6
5.9.15	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.	2	9,32	18,64
5.9.16	Cinta balizamiento bicolor rojoblanco de material plástico, incluso colocación y desmontaje.	24	0,62	14,88
5.9.17	Lámpara portátil de mano, con cesto protector y mango aislante, amortizable en tres usos.	1	3,45	3,45
	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.			
5.9.17	medida la unidad instalada.	1	22,84	22,84
SUBTOTAL				<b>295,27</b>

## 5.10 RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN

ORDEN	DESCRIPCIÓN	TOTAL (euros)
<b>CAPITULO I</b>	ACOMETIDA	9426,82
<b>CAPITULO II</b>	PROTECCIONES	47919,21
<b>CAPITULO III</b>	CONDUCTORES, TUBOS, CANALIZACIONES	14368,97
<b>CAPITULO IV</b>	PUESTA A TIERRA	1687,46
<b>CAPITULO V</b>	EQUIPOS DE ALUMBRADO	12.025,79
<b>CAPITULO VI</b>	ELEMENTOS VARIOS	597,67
<b>CAPITULO VII</b>	COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA	4244
<b>CAPITULO VIII</b>	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EQUIPO DE SEGURIDAD Y	41240,99
<b>CAPITULO IX</b>	SALUD	295,3
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>131.806,21</b>
	GASTOS GENERALES 5%	6590
	BENEFICIO INTEGRO 10%	13180
	<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>151.576,21</b>
	HONORARIOS y derechos DE redaccion del PROYECTO 4%	6063,04
	DIRECCIÓN DE OBRA 4%	6063,04
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO TOTAL SIN IVA</b>	<b>163.702,29</b>
	IVA 21%	34377,48
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>198.079,77</b>

El total del presente proyecto asciende a la cantidad de “CIENTO NOVEINTA Y OCHO MIL SETENTA Y NUEVE CON SETENTAISIETE CENTIMOS DE EURO”.





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

SEGURIDAD E HIGIENE

Asier Antón Rodríguez

José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Abril 2014

## INDICE

<b>6.1. OBJETO</b> .....	1
<b>6.2. AUTOR DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</b> .....	2
<b>6.3. DATOS DE LA OBRA</b> .....	2
<b>6.4 DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA</b> .....	2
<b>6.5. PROTECCIONES COLECTIVAS</b> .....	3
<b>6.5.1. GENERALES</b> .....	3
<b>6.5.2. Protecciones colectivas particulares a cada fase de obra</b> .....	8
<b>6.6. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS</b> .....	13
<b>6.6.1. Riesgos laborales evitables completamente</b> .....	13
<b>6.6.2. Riesgos laborales no evitables completamente</b> .....	13
<b>6.6.3. Equipos de protección individual para trabajos en tensión (en b.t.)</b> .....	19
<b>6.7. RIESGOS LABORALES ESPECÍFICOS DE ESTA OBRA</b> .....	22
<b>6.7.1. Fase de la obra de instalación eléctrica de baja tensión, alumbrado de emergencia</b> .....	22
<b>6.7.2. Fase de pruebas y puesta en servicio de la instalación</b> .....	23
<b>6.7.3. Protección contra contactos</b> .....	24
<b>6.8. PRIMEROS AUXILIOS</b> .....	25
<b>6.9. NORMATIVA APLICABLE</b>	

## 6.1. OBJETO

El objeto de este estudio es dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1197 del 24 de Octubre por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los diferentes riesgos laborales que puedan ser evitados, proponiendo las posibles medidas técnicas para ello; definiendo la relación de los riesgos que no pueden eliminarse especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a disminuir dichos riesgos.

El siguiente estudio de seguridad es básico, debido a que se cumplen las siguientes condiciones:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o inferior a 450.759 euros.
- Que la duración estimada de las obras e instalaciones sea inferior o igual a 30 días laborables, empleándose en algún momento como máximo 20 trabajadores simultáneamente
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea inferior a 500.

Este estudio de seguridad establece, durante la ejecución de los trabajos de la unidad de obra citada, las previsiones respecto a la prevención de riesgos y accidentes profesionales.

Así mismo, este estudio de seguridad pretende:

- Dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de 8 de Noviembre de prevención de riesgos laborales en lo referente a la obligación de un empresario titular de un Centro de Trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.
- Recordar a las diferentes partes, promotor, contratista, etc., de sus obligaciones en materia de seguridad, comunicar a los diferentes organismos la existencia de esta obra, obtener las licencias necesarias, etc.

Basándose en este Estudio Básico de Seguridad, se elaborará un Plan de Seguridad y Salud, en el que tendrán en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato.



## 6.2. AUTOR DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

El autor del presente estudio básico de seguridad es:

Asier Antón Rodríguez  
C/ San Isidro nº 18,  
31511 Cabanillas (Navarra)

## 6.3. DATOS DE LA OBRA

### PROYECTO DE REFERENCIA

Proyecto de instalación eléctrica en B.T. para Nave industrial y centro de transformación.

### EMPLAZAMIENTO

Cabanillas (Navarra)  
Polígono industrial Cabanillas

### Nº DE TRABAJADORES PREVISTOS SIMULTÁNEAMENTE:

20 Trabajadores.

### PLAZO DE EJECUCIÓN TOTAL APROXIMADO:

30 Días laborables

### INFRAESTRUCTURAS:

Se dispone de acceso rodado, abastecimiento de agua, saneamiento, etc.

## 6.4 DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA

<b>DATOS DEL EMPLAZAMIENTO</b>	
<b>Acceso a la obra</b>	Los propios del local
<b>Edificaciones colindantes</b>	Naves industriales
<b>Suministro de energía eléctrica</b>	Acometida individual
<b>Suministro de agua</b>	Acometida individual
<b>Sistema de saneamiento</b>	El de la vivienda
<b>Servidumbres y condicionantes</b>	Saneamientos
<b>OBSERVACIONES: Sin observaciones.</b>	

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y SUS FASES	
<b>Replanteo</b>	Marcado del terreno de las obras indicadas en el proyecto
<b>Reforma de la instalación eléctrica</b>	Instalación de luminarias, cuadros eléctricos y canalizaciones
<b>Remates</b>	Pruebas de la instalación

El contratista acreditará ante la Dirección de obra la adecuada formación y adiestramiento de todo el personal de la obra en materia de prevención y primeros auxilios.

Así mismo la Dirección comprobará que existe un plan de emergencia para atención de personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales precisos. La Dirección y teléfono deberán estar visibles en lugar estratégico.

Antes de comenzar la jornada, los mandos procederán a planificar los trabajos de acuerdo con el plan, informando a los operarios claramente de las maniobras a realizar, los posibles riesgos y las medidas preventivas y de protección a tener en cuenta, deben cerciorarse de que todos lo han entendido.

Aparte de las aquí expuestas, existen unas medidas colectivas de seguridad y salud en obra pudiendo hacer uso de ellas si fuera necesario. En este estudio solo se hace referencia a las individuales de las instalaciones de B.T. y C.T.

## 6.5. PROTECCIONES COLECTIVAS

### 6.5.1. GENERALES

#### SEÑALIZACIÓN:

El Real Decreto 485/1997, de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos prohibiciones u obligaciones.
- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

## Tipos de señales:

- En forma de panel:

Señales de advertencia:	
<b>Forma:</b>	Triangular
<b>Color de fondo:</b>	Amarillo
<b>Color de contraste:</b>	Negro
<b>Color de símbolo:</b>	Negro

Señales de prohibición:	
<b>Forma:</b>	Redonda
<b>Color de fondo:</b>	Blanco
<b>Color de contraste:</b>	Rojo
<b>Color de símbolo:</b>	Negro

Señales de obligación:	
<b>Forma:</b>	Redonda
<b>Color de fondo:</b>	Azul
<b>Color de símbolo:</b>	Blanco

Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios:	
<b>Forma:</b>	Rectangular o cuadrada
<b>Color de fondo:</b>	Rojo
<b>Color de símbolo:</b>	Blanco

Señales de salvamento de socorro:	
<b>Forma:</b>	Rectangular o cuadrada
<b>Color de fondo:</b>	Verde
<b>Color de símbolo:</b>	Blanco

- Cinta de señalización:

En caso de señalar obstáculos, zonas de caída de objetos, caída de personas a distinto nivel, choques, golpes, etc., se señalará con los antes dichos paneles o bien se delimitará la zona de exposición al riesgo con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 45°.

- Cinta de delimitación de zona de trabajo:

Las zonas de trabajo se delimitarán con cintas de franjas alternas verticales de colores blanco y rojo.

## PROTECCIÓN DE PERSONAS EN INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Instalación eléctrica ajustada al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y hojas de interpretación, certificada por instalador autorizado.

En aplicaciones de lo indicado en el apartado 3º del Anexo IV al R.D. 1627/97 de 24/10/97, la instalación eléctrica deberá satisfacer, además, las dos siguientes condiciones.

- Deberá proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañe peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.
  
- El proyecto, la realización y la elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

Los cables serán adecuados a la carga que han de soportar, conectados a las bases mediante clavijas normalizadas, blindados e interconexionados con uniones antihumedad y antichoque. Los fusibles blindados y calibrados según la carga máxima a soportar por los interruptores.

Continuidad de la toma de tierra en las líneas de suministro interno de obra con un valor máximo de la resistencia de 80Ω. Las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente.

Todos los circuitos de suministro a las máquinas e instalaciones de alumbrado estarán protegidos por fusibles blindados o interruptores magnetotérmicos y disyuntores diferenciales de alta sensibilidad en perfecto estado de funcionamiento.

Distancia de seguridad a líneas de Alta Tensión:  $3,3 + \text{Tensión (en KV)} / 100$  (ante el desconocimiento del voltaje de la línea, se mantendrá una distancia de seguridad de 5 m).

### SEÑALES ÓPTICO – ACÚSTICAS DE VEHÍCULOS DE OBRA.

Las máquinas autoportantes que puedan intervenir en las operaciones de manutención deberán disponer de:

- Una bocina o claxon de señalización acústica cuyo nivel sonoro sea superior al ruido ambiental, de manera que sea claramente audible; si se trata de señales intermitentes, la duración, intervalo y agrupación de los impulsos deberá permitir su correcta identificación, Anexo IV del R.D. 485/97 de 14/4/97.
  
- Señales sonoras o luminosas (previsiblemente ambas a la vez) para indicación de la maniobra de marcha atrás, Anexo I del R.D. 1215/97 de 18/7/97.
  
- Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.
  
- En la parte más alta de la cabina dispondrán de un señalizado rotativo luminoso destellante de color ámbar para alertar de su presencia en circulación viaria.
  
- Dos focos de posición y cruce en la parte delantera y dos pilotos luminosos de color rojo detrás.

- Dispositivo de balizamiento de posición y preseñalización (laminas, conos, cintas, mallas, lámparas, destellantes, etc.).

#### APARATOS ELEVADORES.

Deberán ajustarse a su normativa específica, pero en cualquier caso, deberán satisfacer igualmente las condiciones siguientes (art. 6C del Anexo IV del R.D. 1627/97):

- Todos sus accesorios serán de buen diseño y construcción, teniendo resistencia adecuada para el uso al que estén destinados.
- Instalarse y usarse correctamente.
- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido formación adecuada.
- Presentarán, de forma visible, indicación sobre la carga máxima que puedan soportar.
- No podrán utilizarse para fines diferentes de aquellos a los que estén destinados.

Durante la utilización de los mencionados aparatos elevadores, para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, deberán comprobarse los siguientes sistemas preventivos:

##### Seguridad de carga máxima:

Es el sistema de protección que impide trabajar con cargas superiores a las máximas admitidas por el cablestante de elevación, es decir, por la carga nominal del pie de flecha.

Normalmente van montadas en pie de flecha o contraflecha y están formadas por arandelas tipo “Schnorr”, accionadas por el tiro del cable de elevación. Al deformarse las arandelas, accionan un microrruptor que impide la elevación de la carga y en algunos modelos, también que el carro se traslade hacia delante.

Se regulan de forma que con la carga nominal no corten y lo hagan netamente, al sobrepasar esta carga nominal como máximo en un 10 %.

##### Seguridad de final de recorrido de gancho de elevación:

Consiste en dos microrruptores, que impiden la elevación del gancho cuando éste se encuentra en las cercanías del carro y el descenso del mismo por debajo de la cota elegida como inferior (cota cero). De ésta forma, se impiden las falsas maniobras de choque del gancho contra el carro y el aflojamiento del cable de elevación por posar el gancho en el suelo.

##### Normas de carácter general, en el uso de aparatos elevadores:

- Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.
- Las eslingas llevarán estampilladas en los casquillos prensados la identificación donde constará la carga máxima para la cual están recomendadas, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.
- De utilizar cadenas estas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 de la carga nominal máxima, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.
- En las fases de transporte y colocación de los encofrados, en ningún momento los operarios estarán debajo de la cadena suspendida. La carga deberá estar bien

repartida y las eslingas o cadenas que la sujetan deberán tener argollas o ganchos con pestillo de seguridad. Deberá tenerse en cuenta lo indicado en el apartado 3 del Anexo II del R.D. 1215/97 de 18/7/97.

- El gruista antes de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera, frenos y velocidades, así como de los licitadores de giro, si los tuviera.
- Si durante el funcionamiento de la grúa se observara que los comandos de la grúa no se corresponden con los movimientos de la misma, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata a la Dirección técnica de la obra o al Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.
- Evitar en todo momento pasar las cargas por encima de las personas.
- No se dejará caer el gancho de la grúa al suelo.

### **6.5.2. Protecciones colectivas particulares a cada fase de obra**

#### **PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS DE ALTURA DE PERSONAS U OBJETOS:**

El riesgo de caída de altura de personas (precipitación, caída al vacío) es contemplado por el Anexo II del R.D. 1627/97 de 24/10/97 como riesgo especial para la seguridad y salud de los trabajadores, por ello, de acuerdo con los artículos 5.6 y 6.2 del mencionado Real Decreto se adjuntan las medidas preventivas específicas adecuadas.

#### **PASARELAS:**

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas. Será preferiblemente prefabricadas de metal, o en su defecto realizadas "in situ", de una anchura mínima de 1 metro, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria: La plataforma será capaz de resistir 300 Kg de peso y estará dotada de guirnaldas de iluminación nocturna, si se encuentra afectando a la vía pública.

#### **ESCALERAS PORTÁTILES:**

Tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas.

Las escaleras que tengan que utilizarse en obra habrán de ser preferentemente de aluminio o hierro, a no ser posible se utilizarán de madera, pero con los peldaños ensamblados y no clavados. Estarán dotadas de zapatas, sujetas en la parte superior, y sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior.

Previamente a su utilización se elegirá el tipo de escalera a utilizar, en función de la tarea a la que esté destinada y se asegurará la estabilidad. No se emplearán escaleras excesivamente cortas o largas, ni empalmadas.

#### **ACCESOS Y ZONAS DE PASO DEL PERSONAL, ORDEN Y LIMPIEZA**

Las aperturas de huecos horizontales sobre los forjados, deben condenarse con un tablero resistente, red, mallazo electrosoldado o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en sus inmediaciones con independencia de su profundidad o tamaño.

Las armaduras y/o conectores metálicos sobresalientes de las esperas de las mismas estarán cubiertas por resguardos tipo “seta” o cualquier otro sistema eficaz, en previsión de punciones o erosiones del personal que pueda colisionar sobre ellos.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos originados por los trabajos, se realizarán mediante pasarelas.

#### ESLIGAS DE CADENA.

El fabricante deberá certificar que disponen de un factor de seguridad 5 sobre su carga nominal máxima y que los ganchos son de alta seguridad (pestillo de cierre automático al entrar en carga). El alargamiento de un 5 % de un eslabón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

#### ESLINGA DE CABLE.

A la carga nominal máxima se aplica un factor de seguridad 6, siendo su tamaño y diámetro apropiado al tipo de maniobras a realizar, las gazas estarán protegidas por guardacabos metálicos fijados mediante casquillos prensados y los ganchos serán también de alta seguridad. La rotura del 10 % de los hilos en un segmento superior a 8 veces del diámetro del cable o la rotura de un cordón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

#### CABINA DE LA MAQUINARIA DE MOVIMIENTOS DE TIERRAS.

Todas estas máquinas deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica, pero en cualquier caso deberán satisfacer las condiciones siguientes (apartado 7C del Anexo IV del R.D. 1627/97 de 24/10/97):

- Estar bien diseñados y contruidos, teniendo en cuenta los principios ergonómicos.
- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- Utilizarse correctamente.
- Los conductores han de recibir formación especial.
- Adoptarse las medidas oportunas para evitar su caída en excavaciones o en el agua.

Cuando sea necesario, las máquinas dispondrán de cabina o pórtico de seguridad resguardando el habitáculo del operador, dotada de perfecta visión frontal y lateral, estando provista permanentemente de cristales o rejillas irrompibles, para protegerse de la caída de materiales. Además dispondrán de una puerta a cada lado.

#### CONDICIONES GENERALES EN TRABAJOS DE EXCAVACIÓN Y ATALUZADO.

Los trabajos con riesgos de sepultamiento o hundimiento son considerados especiales por el R.D. 1627/97 (Anexo II) y por ello debe constar en este Estudio de Seguridad y Salud el catálogo de medidas preventivas específicas:

#### TOPES PARA VEHÍCULOS EN EL PERÍMETRO DE LA EXCAVACIÓN.

Se dispondrá de los mismos a fin de evitar la caída de los vehículos al interior de las zanjas o por las laderas.

#### ATALUZADO DE LAS PAREDES DE EXCAVACIÓN.

Como criterio general se podrán seguir las siguientes directrices en la realización de taludes con bermas horizontales por cada 1,50 metros de profundidad y con la siguiente inclinación.

- Roca dura 80°.
- Arena fina o arcillosa 20°.

La inclinación del talud se ajustará a los cálculos de la Dirección Facultativa de la obra, salvo cambio de criterio avalado por Documentación Técnica complementaria.

El aumento de la inclinación y el drenado de las aguas que puedan afectar a la estabilidad del talud y a las capas de superficie del mismo, garantizan su comportamiento.

Se evitará, a toda costa, amontonar productos procedentes de la excavación, en los bordes de los taludes ya que, además de la sobrecarga que puedan representar, pueden llegar a embalsar aguas originando filtraciones que pueden arruinar el talud.

En taludes de alturas de más de 1,50 metros se deberán colocar bermas horizontales de 50 o 80 centímetros de ancho, para la vigilancia y alojar las conducciones provisionales o definitivas de la obra.

La colocación del talud debe tratarse como una berma, dejando expedito el paso o incluso disponiendo tableros de madera para facilitarlos.

En taludes de grandes dimensiones, se habrá previsto en proyecto la realización en su base, de cuentones relleno de grava suelta o canto de río de diámetro homogéneo, para retención de rebotes de materiales desprendidos, o alternativamente si, por cuestión del espacio disponible, no pudieran realizarse aquellos, se apantallará la parábola teórica de los rebotes o se dispondrá un túnel isostático de defensa.

#### BARANDILLAS DE PROTECCIÓN.

En huecos verticales de coronación de taludes, con riesgo de caída de personas u objetos desde alturas superiores a 2 metros, se dispondrán barandillas de seguridad completas empotradas sobre el terreno, constituidas por balaustre vertical homologado o certificado por el fabricante respecto a su idoneidad en las condiciones de utilización por él descritas, pasamanos superior situado a 90 centímetros sobre el nivel del suelo, barra horizontal o listón intermedio (subsidiariamente barrotes verticales o mallazo con una separación máxima de 15 centímetros) y rodapié o plinto de 20 centímetros sobre el nivel del suelo, sólidamente anclados todos sus elementos entre sí, y de resistencia suficiente.

Los taludes de más de 1,50 metros de profundidad, estarán provistos de escaleras preferentemente excavados en el terreno o prefabricadas portátiles, que comuniquen cada nivel inferior con la berma superior, disponiendo una escalera por cada 30 metros de talud abierto o fracción de este valor.

Las bocas de los pozos y arquetas, deben condenarse con un tablero resistente, red o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en su interior y con independencia de su profundidad.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos, se realizarán mediante pasarelas, preferiblemente prefabricadas de metal, o en su defecto realizadas "in situ", de una anchura mínima de 1 metro, dotada



en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria y capaz de resistir 300 Kg de peso, dotada de guirnaldas de iluminación nocturna

El material de excavación estará apilado a una distancia del borde de la coronación del talud igual o superior a la mitad de su profundidad (multiplicar por dos en terrenos arenosos). La distancia mínima al borde es de 50 centímetros.

El acopio y estabilidad de los elementos prefabricados deberá estar previsto durante su fase de ensamblaje y reposo en superficie, así como las cunas, carteles o utillaje específico para la puesta en obra de dichos elementos.

La madera a utilizar estará clasificada según usos y limpias de clavos, flejadas o formando hileras entrecruzadas sobre una base amplia y nivelada. Altura máxima de la pila (sin tablonés estacados y arriostrados lateralmente): 1 metro.

#### CUERDA DE RETENIDA.

Utilizada para posicionar y dirigir manualmente el canal de derrame del hormigón, en su aproximación a la zona de vertido, constituida por poliamida de alta tenacidad, calabroteada de 12 milímetros de diámetro, como mínimo.

#### SIRGAS.

Sirgas de desplazamiento y anclaje del cinturón de seguridad. Variables según los fabricantes y dispositivos de anclaje utilizados.

#### PREVENCIÓN DE INCENDIOS, ORDEN Y LIMPIEZA.

Si las zanjas o pozos entran en contacto con zonas que albergan o transportan sustancias de origen orgánico o industrial, deberán adoptarse precauciones adicionales respecto a la presencia de residuos tóxicos, combustibles, deflagrantes, explosivos o biológicos.

La evacuación rápida del personal interior de la excavación debe quedar garantizado por la retirada de objetos en el fondo de zanja, que puedan interrumpir el paso.

Las zanjas de más de 1,30 metros de profundidad, estarán provistas de escaleras preferentemente de aluminio, que rebasen 1 metro sobre el nivel superior del corte, disponiendo una escalera por cada 15 metros de zanja abierta o fracción de este valor, que deberá estar correctamente arriostrada transversalmente.

Las bocas de los pozos deben condenarse con un tablero resistente, red o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en su interior y con independencia de su profundidad.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas, preferiblemente prefabricadas de metal o en su defecto realizadas "in situ", de una anchura mínima 1 metro, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria y capaz de resistir 300 Kg de peso, dotada de guirnaldas de iluminación nocturna.

El material de excavación estará apilado a una distancia del borde de la excavación igual o superior de su profundidad (multiplicar por dos en terrenos arenosos). La distancia mínima al borde es de 50 centímetros.

El acopio y estabilidad de los escudos metálicos de entibación deberá estar previsto durante su fase de ensamblaje y reposo en superficie, así como las cunas, carteles o utillaje específico para este tipo de entibados.

La madera de entibar, estará clasificada según usos y limpias de clavos, flejadas o formando hileras entrecruzadas sobre una base amplia y nivelada.

Altura máxima de la pila (tablones estacados y arriostrados lateralmente): 1 metro.

## 6.6. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

### 6.6.1. Riesgos laborales evitables completamente

La tabla siguiente contiene la relación de los riesgos laborales que pudiendo presentarse en la obra, van a ser totalmente evitados mediante la adopción de las medidas técnicas que también se incluyen:

RIESGOS EVITABLES	MEDIDAS TÉCNICAS ADOPTADAS
<b>Derivados de la rotura de instalaciones existentes</b>	Neutralización de las instalaciones existentes
<b>Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas</b>	Corte del fluido, puesta a tierra y cortocircuito de los cables

### 6.6.2. Riesgos laborales no evitables completamente

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no puedan ser completamente evitables, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera tabla se refiere a aspectos generales que afecten a toda la obra, y las restantes a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que puede subdividirse.

TODA LA OBRA
<b>RIESGOS</b>
Caídas de los operarios al mismo nivel
Caídas de los operarios a distinto nivel
Caídas de objetos sobre operarios
Caídas de objetos sobre terceros
Choques o golpes contra objetos
Atrapamientos
Fuertes vientos
Trabajos en condiciones de humedad
Contactos directos e indirectos
Cuerpos extraños en los ojos
Cortes y golpes con maquinaria
sobresfuerzos

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE PROTECCIÓN
Orden y limpieza de las vías de	Permanente

circulación de la obra	
Orden y limpieza de los lugares de trabajo	Permanente
Recubrimiento o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de baja tensión	Permanente
Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra)	Permanente
No permanecer en el radio de acción de las máquinas	Permanente
Puestas a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento	Permanente
Señalización de la obra (señales y carteles)	Permanente
Cintas de señalización y balizamiento a 10 metros de distancia	Alternativa al vallado
Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura 2 metros	Nulo
Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra	Nulo
Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes	Nulo
Extintor de polvo seco, de eficiencia 21 A-113 B	Permanente
Evacuación de escombros	Frecuente
Escaleras auxiliares	Ocasional
Información específica	Para riesgos concretos
Cursos y charlas de formación	Frecuente
Grúa parada y en posición veleta	Con viento fuerte
Grúa parada y en posición veleta	Final de cada jornada

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
Cascos de seguridad	Permanente
Calzado protector	Permanente
Ropa y calzado de trabajo	Permanente
Ropa y calzado impermeable o de potencia	Con mal tiempo
Gafas de seguridad	Frecuente
Cinturones de protección del tronco	ocasional

FASE: ALBAÑILERÍA Y CERRAMIENTOS
RIESGOS
Caídas de operarios al vacío

Caídas de materiales transportados, a nivel y a niveles inferiores
Atrapamientos y aplastamientos en manos durante el montaje de andamios
Atrapamientos por los medios de elevación y transporte
Lesiones y cortes en manos
Lesiones, pinchazos y cortes en pies
Dermatitis por contacto con hormigones, morteros y otros materiales
Incendios por almacenamientos de productos combustibles
Golpes o cortes con herramientas
Electrocuciones
Proyecciones de particular al cortar materiales

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO ADOPCIÓN
Apuntalamientos	Permanente
Pasos o pasarelas	Permanente
Redes verticales	Permanente
Redes horizontales	Permanente
Plataforma de carga y descarga de material	Permanente
Barandilla rígida 0,9 metros de altura (con listón intermedio y rodapié)	Permanente
Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales	Permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas	Permanente
Evitar trabajos superpuestos	Permanente
Bajantes de escombros adecuadamente sujetas	Permanente
Protección de huecos de entrada de material en planchas	Permanente

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
<b>Gafas de seguridad</b>	Frecuente
<b>Guantes de cuero o goma</b>	Frecuente
<b>Botas de seguridad</b>	Frecuente
<b>Cinturones y arneses de seguridad</b>	Frecuente
<b>Mástiles y cables fiadores</b>	Frecuente

<b>FASE:</b>
<b>ACABADOS</b>
<b>RIESGOS</b>
<b>Caídas de operarios al vacío</b>

<b>Caídas de materiales transportados</b>
<b>Ambiente pulvígeno</b>
<b>Lesiones, pinchazos y cortes en pies</b>
<b>Dermatosis por contacto con materiales</b>
<b>Incendios por almacenamiento de productos combustibles</b>
<b>Inhalación por almacenamiento de productos combustibles</b>
<b>Inhalación de sustancias tóxicas</b>
<b>Quemaduras</b>
<b>Electrocución</b>
<b>Atrapamientos con o entre herramientas</b>

<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS</b>	<b>GRADO ADOPCIÓN</b>
<b>Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)</b>	Permanente
<b>Andamios</b>	Permanente
<b>Plataformas de carga y descarga de material</b>	Permanente
<b>Barandillas</b>	Permanente
<b>Escaleras peldañeadas y protegidas</b>	Permanente
<b>Evitar focos de inflamación</b>	Permanente
<b>Equipos autónomos de ventilación</b>	Permanente
<b>Almacenamiento correcto de los productos</b>	Permanente

<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)</b>	<b>EMPLEO</b>
<b>Gafas de seguridad</b>	Ocasional
<b>Guantes de cuero o goma</b>	Frecuente
<b>Botas de seguridad</b>	Frecuente
<b>Cinturones y arneses de seguridad</b>	Ocasional
<b>Mástiles y cables fiadores</b>	Ocasional
<b>Mascarilla filtrante</b>	Ocasional
<b>Equipos autónomos de respiración</b>	Ocasional

<b>FASE: INSTALACIONES</b>
<b>RIESGOS</b>
<b>Lesiones y cortes en manos y brazos</b>
<b>Dermatosis por contacto con materiales</b>
<b>Inhalación de sustancias tóxicas</b>
<b>Quemaduras</b>
<b>Golpes y aplastamiento de pies</b>
<b>Incendios por almacenamiento de productos combustibles</b>
<b>Electrocuciones</b>

<b>Contactos eléctricos directos e indirectos</b>
<b>Ambiente pulvígeno</b>

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO ADOPCIÓN
<b>Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)</b>	Permanente
<b>Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes</b>	Permanente
<b>Protección del hueco del ascensor</b>	Permanente
<b>Plataforma provisional para ascensoristas</b>	Permanente
<b>Realizar conexiones eléctricas sin tensión</b>	Permanente

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
<b>Gafas de seguridad</b>	Permanente
<b>Guantes de cuero o goma</b>	Ocasional
<b>Botas de seguridad</b>	Ocasional
<b>Cinturones y arneses de seguridad</b>	Ocasional
<b>Mástiles y cables fiadores</b>	Ocasional
<b>Mascarilla filtrante</b>	Ocasional

Se concederá especial importancia a lo anteriormente indicado así como a las especificaciones que se indican a continuación:

- Se establecerán zonas de paso y acceso a la obra.
- Se señalizará y vallará el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de la misma.
- Se señalizará la obligación de utilizar casco en el interior del recinto de la obra.
- Se señalizará convenientemente la necesidad de utilización de medidas de seguridad adicionales en toda la obra.
- Se controlará adecuadamente el proceso de la carga y descarga de camiones.
- Se utilizarán plataformas de trabajo homologadas y adecuadas.
- Se utilizarán andamios homologados y adecuados.
- Se evitará el paso de trabajadores bajo otros operarios.
- La utilización de los EPIs es de carácter obligatorio para todos los trabajadores.

**6.6.3. Equipos de protección individual para trabajos en tensión (en b.t.)**

EPI: casco aislante	
<b>Riesgo contra los que protege</b>	<p>Protege el cráneo contra:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Choques, golpes, caídas.</li> <li>- Proyección de objetos.</li> <li>- Contactos eléctricos.</li> </ul>
<b>Modo de empleo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajustar la banda de entorno, al perímetro de la cabeza.</li> <li>- En trabajos a cierta altura usar el barboquejo.</li> </ul>
<b>Trabajos donde es obligatorio su empleo</b>	<p>Para trabajos que impliquen riesgo para la cabeza como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajos en instalaciones eléctricas de B.T., A.T. y maniobra.</li> <li>- Trabajos de almacenaje, carga y descarga.</li> <li>- Trabajos a diferentes alturas (líneas aéreas).</li> </ul>
<b>Verificación, conservación y Mantenimiento.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación visual del buen estado del casco y atalaje.</li> <li>- Comprobación del perfecto ajuste de banda barboquejo.</li> <li>- Limpieza con agua jabonosa periódicamente.</li> <li>- Reposición de sus partes cuando sea necesario.</li> <li>- Sustitución siempre que haya habido un impacto violento.</li> </ul>
<b>Comentarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En ningún caso se desprenderá el casco en cualquier movimiento normal de la cabeza, tronco, etc.</li> <li>- Su vida útil máxima será de 10 años.</li> <li>- Es de uso personal.</li> <li>- Almacenamiento en lugar seco, ventilado y protegido de focos caloríficos, químicos, etc.</li> </ul>

EPI: pantalla facial	
<b>Riesgo contra los que protege</b>	<p>Protege el rostro contra:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proyección de partículas de metal fundido.</li> <li>- Elevada temperatura.</li> </ul>
<b>Modo de empleo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajustar el adaptador al casco.</li> <li>- Abatir el visor.</li> <li>- Utilizar gafas inactivas (para evitar el</li> </ul>

	deslumbramiento).
<b>Trabajos donde es obligatorio su empleo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En aquellos trabajos que presenten riesgos de proyectar partículas de metal fundido.</li> <li>- En altas temperaturas.</li> </ul>
<b>Verificación, conservación y mantenimiento.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación visual del buen estado de la pantalla, adaptador y buen ajuste al casco.</li> <li>- Limpieza con agua jabonosa periódicamente y secado con paño seco.</li> </ul>
<b>Comentarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar a la vez gafas inactivas para evitar deslumbramientos.</li> </ul>

EPI: gafas inactivas	
<b>Riesgo contra los que protege</b>	Protegen los ojos contra: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deslumbramiento por cortocircuito.</li> </ul>
<b>Modo de empleo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajustar a la cara protegiendo los ojos.</li> </ul>
<b>Trabajos donde es obligatorio su empleo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En aquellos trabajos en los que se realicen instalaciones que presenten riesgos de deslumbramiento por cortocircuito.</li> </ul>
<b>Verificación, conservación y mantenimiento.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación visual del buen estado.</li> <li>- Limpieza con agua jabonosa periódicamente y secado con paño seco.</li> <li>- Guardarlas en su funda.</li> </ul>
<b>Comentarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es recomendable su utilización conjunta con la pantalla facial.</li> </ul>

EPI: guantes ignífugos	
<b>Riesgo contra los que protege</b>	Protegen las manos contra: <ul style="list-style-type: none"> <li>- La posible fusión del guante aislante de caucho al producirse un arco eléctrico.</li> </ul>
<b>Modo de empleo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emplear debajo de los guantes aislantes.</li> </ul>
<b>Trabajos donde es obligatorio su empleo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajos en los que puede darse un arco eléctrico.</li> </ul>
<b>Verificación, conservación y mantenimiento.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación visual del buen estado.</li> <li>- Una vez utilizados guardar en bolsa.</li> </ul>
<b>Comentarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estos guantes se usan siempre debajo del guante aislante de caucho.</li> <li>- Son de fibra retardante a la llama y resistente al calor.</li> <li>- Conductividad eléctrica muy baja.</li> </ul>



EPI: calzado de seguridad	
<b>Riesgo contra los que protege</b>	Protegen los pies contra: - Los riesgos mecánicos.
<b>Modo de empleo</b>	- Se colocarán debidamente sujeto al pie de forma que no haya posibilidad de holgura que facilite la penetración de cuerpos extraños.
<b>Trabajos donde es obligatorio su empleo</b>	- Los de clase I (puntera de seguridad) en trabajos con riesgo de accidentes en los pies: carga, descarga, etc. - Los de clase II (plantilla de seguridad): cuando sólo haya objetos punzantes en el suelo. - Los de clase III (puntera y plantilla de seguridad): cuando coexistan los dos tipos de riesgos anteriores.
<b>Verificación, conservación y mantenimiento.</b>	- Verificación visual de que no presenta roturas, cortes, desgaste, etc.
<b>Comentarios</b>	- No se considera un elemento aislante en trabajos en tensión en B.T.

## 6.7. RIESGOS LABORALES ESPECÍFICOS DE ESTA OBRA

### 6.7.1. Fase de la obra de instalación eléctrica de baja tensión, alumbrado de emergencia

ACTIVIDAD	RIESGO	ACTUACIÓN PREVISTA Y PROTECCIONES
Acopio de carga y descarga	Golpes, heridas. Caídas de objetos y atrapamientos	Mantenimiento de equipos Utilización de EPIs Adecuación de cargas Control de maniobras
Instalación de canalizaciones y detectores, luminarias y emergencias	Caídas de objetos desde altura  Caídas de trabajadores desde altura	Utilización de EPIs Orden y limpieza  Utilización de plataformas y andamios homologados.(Obligatoria su utilización: trabajos a realizar por encima del nivel del suelo y que requieran esfuerzos, trabajos a realizar por encima de 5 metros de altura).(En todos estos casos no se pueden utilizar escaleras de mano)

	Utilización de EPIs Orden y limpieza
	Utilización de EPIs
Daños oculares Golpes, cortes, etc.	Adecuado mantenimiento de la maquinaria con todos los elementos de protección
Electrocución	Adecuada puesta a tierra de las instalaciones Instalaciones eléctricas auxiliares ejecutadas por especialistas Adecuado mantenimiento de las instalaciones
Sobre esfuerzos	Utilización de EPIs Fajas lumbares

### 6.7.2. Fase de pruebas y puesta en servicio de la instalación

ACTIVIDAD	RIESGO	ACTUACIÓN PREVISTA Y PROTECCIONES
Pruebas y puestas en servicio	Golpes, heridas, etc.	Mantenimiento de los equipos Utilización de EPIs
	Caídas de objetos	Cargas adecuadas Utilización de EPIs
	Atrapamientos	Control de maniobras Vigilancia continua Utilización de EPIs
	Caídas altura	Utilización de sistemas colectivos de protección y equipos adecuados Utilización de EPIs
	Electrocución	Utilización de EPIs Coordinación con empresa suministradora para enganches Reunión diaria y comunicación expresa a los operarios de los puntos con corriente Prohibición de trabajar en tensión
	Quemaduras o explosión por acumulación de gas	Coordinación con empresa suministradora para enganches Reunión diaria y comunicación expresa a los operarios de los puntos con gas Prohibición de realizar trabajos en tuberías con gas combustible

Realización de las pruebas de presión, estanqueidad, etc., con aire comprimido o gas inerte

### 6.7.3. Protección contra contactos

ACTIVIDAD	RIESGO	ACTUACIÓN PREVISTA Y PROTECCIONES
<p><b>Instalación en servicio</b></p>	<p>Contactos eléctricos indirectos</p>	<p>Puesta a tierra de las masas de la maquinaria eléctrica asociada a un dispositivo diferencial El valor de la resistencia a tierra será tan bajo como sea posible, y como máximo igual o inferior al cociente de dividir la tensión de seguridad (Vs) que en locales secos será de 50 V y en los locales húmedos de 24 V, por la sensibilidad en amperios del diferencial (A).</p>
	<p>Contactos eléctricos directos</p>	<p>Los cables eléctricos que presenten defectos del recubrimiento aislante se habrán de reparar para evitar la posibilidad de contactos eléctricos con el conductor. Los cables eléctricos deberán estar dotados de clavijas en perfecto estado a fin de que la conexión a los enchufes se efectúe correctamente. En general cumplirán lo especificado en el presente Reglamento Electrotécnico para Baja</p>

## 6.8. PRIMEROS AUXILIOS

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica en la tabla siguiente, en la que se incluye además la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA		
NIVEL DE ASISTENCIA	NOMBRE Y UBICACIÓN	DISTANCIA APROXIMADA (KM)
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia Primaria-Urgencias	Centro de Salud Solchaga	1,5
Asistencia Especializada-Hospital	Hospital de Navarra	9

## 6.9. NORMATIVA APLICABLE

Ley de prevención de riesgos laborales	Ley 31/95	08-11-95	J. estado	10-11-95
Reglamento de los servicios de prevención	RD 39/97	17-01-97	M. Trab.	31-01-97
Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción (Transposición Directiva 92/57/CEE)	RD 1627/97	24-10-97	Varios	23-04-97
Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud.	RD 485/97	14-04-97	M. Trab.	23-04-97
Modelo de libro de incidencias. Corrección de errores.	Orden	20-09-86	M. Trab.	13-10-86 31-10-86
Modelo de notificación de accidentes de trabajo.	Orden	16-12-87		29-12-87

<b>Reglamento de seguridad e higiene en el trabajo de la construcción</b>	Orden	20-05-52	M. Trab.	15-06-52
<b>Modificación</b>	Orden	19-12-53	M. Trab.	22-12-53
<b>Complementario</b>	Orden	02-09-66	M. Trab.	01-10-66
<b>Cuadro de enfermedades profesionales</b>	RRD 1995/78			25-08-78
<b>Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo</b>	Orden	09-03-71	M. Trab.	16-03-71
<b>Corrección de errores</b>				06-04-71
<b>Ordenanza trabajo industrias construcción, vidrio y cerámica.</b>	Orden	28-08-79	M. Trab.	
<b>Anterior no derogada</b>	Orden	28-08-70	M. Trab.	05-09-70
<b>Corrección de errores</b>				17-10-70
<b>Modificación (no derogada), Orden 28-08-70</b>	Orden	27-07-73	M. Trab.	
<b>Interpretación de varios artículos</b>	Orden	21-11-70	M. Trab.	28-11-70
<b>Interpretación de varios artículos</b>	Resolución	24-11-70	M. Trab.	05-12-70
<b>Señalización y otras medidas en obras fijas en vías fuera de poblaciones</b>	Orden	31-08-87	M. Trab.	
<b>Protección de riesgos derivados de exposición a ruidos. Disposiciones mín. seg. Y salud sobre manipulación manual de cargas (Directiva 90/269/CEE)</b>	RD 1316/89	27-10-89	M. Trab.	02-11-87
<b>Reglamentos sobre trabajos</b>	RD 487/97	23-04-97	M. Trab.	23-04-97

<b>con riesgo de amianto. Corrección de errores.</b>				
<b>Normas complementarias</b>	Orden	31-10-84	M. Trab.	07-11-84
<b>Modelo de libro de registro</b>				22-11-84
	Orden	07-01-87	M. Trab.	15-01-87
	Orden	22-12-87	M. Trab.	29-12-87
<b>Estatuto de los trabajadores</b>	Ley 8/80	01-03-80	M. Trab.	
<b>Regulación de la jornada laboral</b>	RD 2001/83	28-07-83		03-08-83
<b>Formación de comités de seguridad</b>	D. 423/71	11-03-71	M. Trab.	16-03-71

#### EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)

<b>Condiciones comerc. Y libre circulación de EPI (directiva 89/686/CEE)</b>	RD 1407/92	20-11-92	MRCor.	28-12-92
<b>Modificación: "CE" de conformidad y año de colocación. Modificación RD 159/95</b>	RD 159/95	03-02-95		08-03-95
	Orden	20-03-97		06-03-97
<b>Disp. Mínimas de seg. Y salud de equipos de protección individual (Transposición Directiva 89/656/CEE)</b>	RD 773/97	30-05-97	M. Presid	12-06-97
<b>EPI contra caída de altura. Disp. de descenso</b>	UNEEN341	22-05-97	AENOR	23-06-97
<b>Requisitos y método de ensayo: calzado seguridad /</b>	UNEEN 344/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97

<b>protección / trabajo.</b>				
<b>Especificaciones calzado seguridad uso profesional</b>	UNEEN 345/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97
<b>Especificaciones calzado trabajo uso profesional</b>	UNEEN 346/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97
<b>Especificaciones calzado trabajo uso profesional</b>	UNEEN 347/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97

<b>INSTALACIONES Y EQUIPOS DE OBRA</b>				
<b>Disp. Mín. de seg. Y salud para utilización de los equipos de trabajo (Transposición Directiva 89/656/CEE)</b>	RD 1215/97	18-07-97	M. Trab	18-07-87
<b>ITC-BT-28 del reglamento para baja tensión</b>	Orden	31-10-73	MI	27-12-73
<b>ITC MIE-AEM 3 Carretillas automotoras de mantenimiento</b>	Orden	26-05-89	MIE	09-06-69
<b>Reglamento de aparatos elevadores para obras</b>	Orden	23-05-77	MI	14-06-77
<b>Corrección de errores</b>		18-07-77		
<b>Modificación</b>	Orden	07-03-81	MIE	14-03-81
<b>Modificación</b>	Orden	16-11-81	P. Gob.	21-07-86
<b>Reglamento Seguridad en las Máquinas</b>	RD 1495/89	23-05-86	P. Gob.	21-07-86
<b>Corrección de errores</b>		04-10-86		
<b>Modificación</b>	RD 590/89	19-05-89	M.R. Cor	19-05-89
<b>Modificación en la</b>	Orden	08-04-91	M.R. Cor	11-04-91

<b>ITC MSG-SM</b>				
<b>Modificación (Adaptación a directivas de la CEE)</b>	RD 830/91	24-05-91	M.R. Cor	31-05-91
<b>Regulación potencia acústica de maquinarias (Directiva 84/852/CEE)</b>	RD 245/89	27-02-89	MIE	11-03-89
<b>Ampliación y nuevas especifi.</b>	RD 71/92	31-01-92	MIE	06-02-92
<b>Requisitos de seguridad y salud en máquinas (Directiva89/392/CEE)</b>	RD 1435/92	27-11-92	M.R. Cor	07-07-88
<b>ITC-MIE-AEM2. Grúas Torre desmontable para obra</b>	Orden	28-06-88	MIE	07-07-88
<b>Corrección de errores</b>	Orden	28-06-88		05-10-88
<b>ITC-MIE-AEM4. Grúas móviles autopropulsadas usadas</b>	RD 2370/96	18-11-96	MIE	24-12-96
<b>Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación y las instrucciones técnicas complementarias.</b>	RD 3275/82		MIE	
<b>Texto refundido de la ley general de la seguridad social</b>	RD 1/1994	20-06-94		
<b>Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo</b>	RD 486/97	14-04-97		
<b>Reglamento electrotécnico para baja tensión</b>	RD2413/73	20-09-73	MIE	
<b>Normas técnicas reglamentarias sobre homologación de los medios de protección</b>	O.M.	17-05-74	MIE	



**personal**