



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

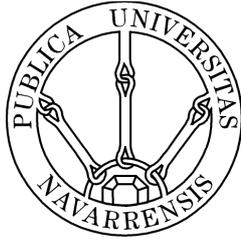
Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN Y  
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL”

Alumno: Borja Pérez Zoraquiain

Tutor: Félix Arróniz Fdez. de Gaceo

Pamplona, 6 de Octubre de 2011



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 1:

MEMORIA

Alumno: Borja Pérez Zoraquiain

Tutor: Félix Arróniz Fdez. de Gaceo

Pamplona, 6 de Octubre de 2011



<b>INDICE:</b>	<b>MEMORIA</b>	<b>PÁGINAS</b>
	1. Introducción.	<b>4-7</b>
	1.1. Objeto del proyecto.	<b>4</b>
	1.2. Situación.	<b>4</b>
	1.3. Descripción de la nave industrial.	<b>4</b>
	1.4. Superficie.	<b>4</b>
	1.5. Descripción de la actividad.	<b>5</b>
	1.6. Suministro de la energía eléctrica.	<b>5</b>
	1.7. Previsión de cargas.	<b>5</b>
	1.8. Normativa.	<b>7</b>
	2. Esquema de distribución.	<b>7-9</b>
	3. Alumbrado.	<b>9-30</b>
	3.1. Introducción.	<b>9</b>
	3.2. Conceptos luminotécnicos.	<b>10</b>
	3.3. Proceso de cálculo.	<b>13</b>
	- Información previa de los factores de partida.	<b>13</b>
	- Determinación del nivel de iluminación.	<b>13</b>
	- Determinación del sistema de iluminación y tipo de luminaria- lámpara.	<b>15-17</b>
	<i>Sistemas de iluminación.</i>	<b>15</b>
	<i>Tipos de lámparas.</i>	<b>17</b>
	- Determinación del factor de mantenimiento.	<b>18-19</b>
	<i>Factor de mantenimiento bueno.</i>	<b>19</b>
	<i>Factor de mantenimiento medio.</i>	<b>19</b>
	<i>Factor de mantenimiento malo.</i>	<b>19</b>
	- Cálculos del índice del local.	<b>19</b>
	- Determinación del factor de utilización.	<b>21</b>
	- Cálculo del flujo a instalar.	<b>23</b>
	- Cálculo del número de luminarias.	<b>24</b>
	- Distribución de las luminarias.	<b>24</b>
	3.4. Alumbrado interior.	<b>24</b>
	- Justificación de las lámparas y luminarias empleadas.	<b>24</b>
	- Soluciones empleadas.	<b>26</b>
	3.5. Alumbrados especiales.	<b>27</b>
	- Solución empleada.	<b>29</b>
	- Solución adoptada.	<b>29</b>
	4. Conductores y distribución en baja tensión.	<b>30-43</b>
	4.1. Introducción.	<b>30</b>
	4.2. Factores para el cálculo de cables.	<b>30</b>
	4.3. Prescripciones generales.	<b>32-33</b>
	- Conductores activos.	<b>32</b>
	- Conductores de protección.	<b>33</b>
	4.4. Sistemas de canalizaciones.	<b>34</b>



	- Canalizaciones.	<b>34</b>
	- Tubos protectores.	<b>34</b>
	4.5. Receptores.	<b>36</b>
	- Receptores para alumbrado.	<b>37</b>
	- Receptores a motor.	<b>37-38</b>
	<i>Un solo motor.</i>	<b>37</b>
	<i>Varios motores.</i>	<b>37</b>
	4.6. Tomas de corriente.	<b>38</b>
	- Introducción.	<b>38</b>
	- Tipos de tomas de corriente.	<b>38</b>
	- Situación y número de tomas de corriente.	<b>38</b>
	4.7. Proceso para el cálculo de secciones.	<b>38</b>
	4.8. Normas para la elección del cable.	<b>40</b>
	4.9. Normas de la elección del tubo.	<b>40</b>
	4.10. Soluciones adoptadas.	<b>41</b>
	5. Protecciones en baja tensión.	<b>43-54</b>
	5.1. Introducción.	<b>43</b>
	5.2. Protección de la instalación.	<b>43</b>
	- Protección contra sobrecargas.	<b>44</b>
	- Protecciones contra cortocircuitos.	<b>44</b>
	- Proceso para el cálculo de las corrientes de cortocircuito.	<b>46</b>
	5.3. Protección de las personas.	<b>48</b>
	- Protección contra contactos directos.	<b>49</b>
	- Protección contra contactos indirectos.	<b>50</b>
	5.4. Solución adoptada.	<b>51</b>
	- Cuadro general de protección y medida.	<b>52</b>
	- Cuadro de la embotelladora.	<b>53</b>
	- Cuadro de grupo de presión y servicios.	<b>53</b>
	- Cuadro de tomas de corriente.	<b>53</b>
	6. Puestas a tierra.	<b>54-58</b>
	6.1. Introducción.	<b>54</b>
	- Objetivo de la puesta a tierra.	<b>54</b>
	- Partes de la puesta a tierra.	<b>55</b>
	6.2. Elementos a conectar a la toma de tierra.	<b>57</b>
	6.3. Solución adoptada.	<b>58</b>
	7. Corrección del factor de potencia.	<b>58-62</b>
	7.1. Generalidades.	<b>58</b>
	7.2. Ventajas de un elevado factor de potencia.	<b>59</b>
	7.3. Métodos para mejorar el factor de potencia.	<b>59</b>
	- Procedimientos directos.	<b>59</b>
	- Procedimientos indirectos.	<b>60</b>
	- Elección del método de compensación.	<b>60</b>
	7.4. Clasificación y elección de la compensación.	<b>60</b>



	- Clasificación por la situación de la compensación.	<b>60</b>
	- Elección de la situación para la compensación.	<b>61</b>
	- Clasificación por tipo de condensador.	<b>61</b>
	- Elección del tipo de compensación.	<b>61</b>
	- Características técnicas del equipo de compensación automática.	<b>62</b>
	<b>8. Centro de transformación.</b>	<b>62-75</b>
	8.1. Introducción.	<b>62</b>
	8.2. Características generales del centro de transformación.	<b>63</b>
	8.3. Características de las celdas.	<b>63</b>
	8.4. Descripción de la instalación.	<b>63</b>
	- Obra civil.	<b>63-66</b>
	<i>Local.</i>	<b>63</b>
	<i>Características constructivas.</i>	<b>63</b>
	8.5. Instalación eléctrica.	<b>66</b>
	- Características de la red de alimentación.	<b>66</b>
	- Características de la aparatada de media tensión.	<b>66</b>
	- Características descriptivas de las celdas y transformadores de media tensión.	<b>68</b>
	8.6. Cuadro general de baja tensión.	<b>71</b>
	8.7. Instalación de puesta a tierra.	<b>71</b>
	- Introducción.	<b>71</b>
	- Investigación de las características del suelo.	<b>72</b>
	- Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.	<b>72</b>
	- Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra.	<b>73</b>
	8.8. Instancias.	<b>73</b>
	8.9. Aparatos de media tensión.	<b>73</b>
	8.10. Aislamiento.	<b>74</b>
	8.11. Instalaciones secundarias en el centro de transformación.	<b>74</b>
	9. Resumen del presupuesto de la instalación.	<b>75</b>
	10. Estudio de la amortización del centro de transformación.	<b>75-77</b>
	11. Estudio básico de seguridad y salud	<b>77</b>
	12. Bibliografía.	<b>78-79</b>



## 1. INTRODUCCIÓN.

### 1.1. Objeto del proyecto.

Se redacta este proyecto con objeto de definir las características técnicas de la Instalación Eléctrica en Baja Tensión y su Centro de Transformación que va a ser realizada en una nave industrial en el municipio de Arteta (Navarra).

Dicha nave será construida por necesidad de implantación de un nuevo proceso de producción. En ella se realizará el embotellado, almacenamiento y venta de botellas de 19 litros.

### 1.2. Situación.

La nave industrial situada a las afueras del municipio de Arteta (Navarra) siguiendo la carretera nacional NA-730 dirección Arteta - Goñi.

### 1.3. Descripción de la nave.

La nave está formada por tres partes diferenciadas perfectamente:

- Planta Baja: en la cual se encuentra la recepción a la nave, un laboratorio, patio de captación, taller, local de higiene, vestuarios, depósitos, sala de calderas, sala de gas, aseos, la zona de embotellamiento y almacenamiento de las botellas, y la zona de carga y descarga de las botellas.
- Planta Primera: en la cual podemos encontrar la sala de reuniones, las oficinas y un sobrepiso.

### 1.4. Superficie.

La distribución en metros útiles es la siguiente:

PLANTA BAJA	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )
Acceso Nave	14
Acceso Principal	38
Patio Captación	33
Aseo	5,72
Laboratorio	46
Nave	896
Taller	33
Higiene	33



Depósito	22
Vestuario	13
Personal	15
Pasillo nº1	15
Pasillo nº2	3
Sala Caldera	9
Sala Gas	4
Control Almacén	5
Escaleras	10
<b>TOTAL</b>	<b>1194,72</b>

<b>PLANTA PRIMERA</b>	<b>SUPERFICIE (m<sup>2</sup>)</b>
Sala de reuniones	36,41
Oficinas	55,63
Sobrepiso	164,05
<b>TOTAL</b>	<b>256,09</b>

Por lo tanto, la superficie útil de la nave industrial son **1450,81 m<sup>2</sup>**.

### **1.5. Descripción de la actividad.**

La actividad a desarrollar en esta nave industrial será el embotellado de agua natural recogida de un manantial de agua cercano a ella y del almacenamiento de las botellas.

### **1.6. Suministro de energía.**

Iberdrola abastece de energía a la nave industrial mediante una red de media tensión. Ésta red proporciona una tensión alterna trifásica de 13.200 voltios con una frecuencia de 50 ciclos por segundo.

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

### **1.7. Previsión de cargas.**

De acuerdo con la actividad que se va a realizar, la relación entre la maquinaria que se va a utilizar y la potencia total a instalar es la siguiente:



Nombre Receptor	Tipo Circuito	Potencia Receptor (W)
Nave 1	Alumbrado	2500
Nave 2	Alumbrado	1250
Nave 3	Alumbrado	2500
Área de carga	Alumbrado	1600
Patio Captación	Alumbrado	600
Pasarela	Alumbrado	1050
Rampa muelle	Fuerza	500
Puerta Mecánica	Fuerza	736
Filtro estanque	Fuerza	500
Extracción	Fuerza	620
Bomba de captación	Fuerza	6624
Emergencia	Alumbrado	104
Laboratorio	Alumbrado	432
Zona Común	Alumbrado	792
Planta Primera	Alumbrado	1276
Tomas. corr. Laboratorio	Fuerza	2200
Tomas. corr. Recepción	Fuerza	2200
Tomas. corr. Planta primera	Fuerza	2200
Ordenador Planta Baja	Fuerza	2200
Ordenador Planta Primera	Fuerza	2200
Sobrepiso	Alumbrado	648
Servicios	Alumbrado	1368
Higiene	Alumbrado	576
Taller	Alumbrado	432
Emergencia	Alumbrado	88
Grupo de presión	Fuerza	4400
Compresor	Fuerza	1000
Tomas. corr. nº1	Fuerza	2200
Tomas. corr. nº2	Fuerza	2200
Tomas. corr. nº3	Fuerza	2200
Extracción	Fuerza	620
Lavavajillas	Fuerza	7800
Máquina	Fuerza	10500
Extractor	Fuerza	350
Resistencia	Alumbrado	9000
Tomas 16A/IV	Fuerza	3500
Tomas 32A/IV	Fuerza	10500
Tomas 16/II	Fuerza	21000
<b>TOTAL</b>		<b>110466</b>



## 1.8. Normativa.

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

- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN.  
Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.
- REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN CENTRALES ELÉCTRICAS, SUBESTACIONES Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.  
Real Decreto 3275/82, de 12 de noviembre de 1982.
- NORMAS UNE Y RECOMENDACIONES UNESA QUE SEAN DE APLICACIÓN.
- NORMAS PARTICULARES DE IBERDROLA.
- NORMAS TECNOLÓGICAS DE LA EDIFICACIÓN, así como la NORMA TECNOLÓGICA PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE PUESTA A TIERRA.
- REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.  
Real Decreto 2267/2004 de 3 de Diciembre.
- LEY 31/1995, de 8 de noviembre, DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalación.

## 2. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN.

En este apartado analizaremos las alternativas más importantes que afectan a la seguridad de la actividad y de las personas así como su viabilidad técnica y económica. El fin que se busca es la mayor fiabilidad posible de la instalación al mejor precio.

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



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

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

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

- a) Las redes de distribución pública de baja tensión tienen un punto puesto directamente a tierra por prescripción reglamentaria. Este punto es el punto neutro de la red. El esquema de distribución para instalaciones receptoras alimentadas directamente de una red de distribución pública de baja tensión es el esquema TT.
- b) En instalaciones alimentadas en baja tensión, a partir de un centro de transformación de abonado, se podrá elegir cualquiera de los tres esquemas citados.
- c) No obstante, puede establecerse un esquema IT en parte o partes de una instalación alimentada directamente de una red de distribución pública mediante el uso de transformadores adecuados, en cuyo secundario y en la parte de la instalación afectada se establezcan las disposiciones que para ese esquema se deben dar.



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

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

La solución más segura sería elegir el esquema IT, pero debido a los problemas que presenta a la hora de realizar un cambio o ampliación a la instalación nos hace desechar esta opción.

Por otro lado, el esquema TN se desecha, ya que, es muy parecido al TT y éste último es el más utilizado en este tipo de instalaciones. Las ventajas que este esquema tiene en lo que respecta a su mantenimiento, ampliaciones futuras y seguridad contra incendios aconsejan su empleo en este tipo de instalaciones.

Otra ventaja del régimen TT es que la seguridad de la instalación está en función de la resistencia de utilización, la del usuario ( $R_u$ ), es decir, vigilar y controlar, la seguridad está en manos del usuario.

### **3. ALUMBRADO.**

#### **3.1. Introducción.**

El objeto de todo alumbrado artificial, es complementar la luz natural o en su defecto reemplazarla, para que se pueda continuar con la actividad a realizar, durante las horas donde la luz diurna es insuficiente o inexistente.

Se trata de dotar de la iluminación adecuada a espacios cubiertos donde se desarrollen actividades laborales, docentes, deportivas y recreativas.

En el caso del alumbrado industrial, la iluminación es un factor de productividad y rendimiento, además de aumentar la seguridad laboral.

Las cualidades principales del alumbrado que deben considerarse al proyectar una instalación son:

- La intensidad de iluminación: suministrar una cantidad de luz suficiente para crear unas buenas condiciones de visibilidad.
- La distribución espacial de la luz, que comprende la combinación de la luz difusa y luz dirigida, el ángulo de incidencia, la distribución de las luminarias, la medida de la homogeneidad y el grado de deslumbramiento.



- Utilización de fuentes luminosas que aseguren, para cada caso una satisfactoria distribución de los colores.
- Prever aparatos de alumbrado apropiados para cada caso particular: una buena elección de la fuente de luz y de su armadura.

### 3.2. Conceptos luminotécnicos.

Debemos tener en cuenta una serie de conceptos básicos sobre luminotecnia, como:

- Flujo radiante ( $\Phi$ ): se define como la potencia emitida, transportada o recibida, en forma de radiación. La unidad es el vatio (w).
- Flujo luminoso ( $\Phi_v$ ): es la magnitud que deriva del flujo radiante al evaluar su acción sobre el observador. Es la energía luminosa emitida por unidad de tiempo. La unidad es el lumen (Lm).
- Lumen: es el flujo luminoso emitido por un foco puntual de una Candela de intensidad sobre una porción esférica de un metro cuadrado a la distancia de un metro que corresponde a un ángulo sólido de un estéreo-radián.
- Ángulo sólido (W): se define por el volumen formado por la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera de radio r, y cuya base se encuentra situada sobre la superficie de la esfera, si el radio es un metro y la superficie de la base del cono es un metro cuadrado, el ángulo sólido vale un estéreo-radián.

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

$$\Phi_v = I \times w$$

Siendo:

W: ángulo sólido.

S: superficie de la base del cono.

r: radio de la base del cono.

I: intensidad lumínica.

$\Phi_v$  : flujo luminoso.

- Energía radiante ( $Q_e$ ): es la energía emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad es el Julio (J).



- Cantidad de luz (Qv): es la energía en función del tiempo del flujo luminoso, durante una duración dada de tiempo. Las unidades son: lumen por segundo (Lm\* s) o lumen por hora (Lm\* hora).
- Intensidad luminosa (I): es el flujo emitido en una dirección dada, por unidad de ángulo sólido. La unidad es la candela (Cd).
- Candela (Cd): se define como la intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia  $540 \cdot 10^{12}$  Hz y cuya intensidad radiante en esa dirección es  $1/683$  w\* estereo-radián.
- Distancia luminosa: conjunto de la intensidad luminosa de una lámpara en todas direcciones.
- Iluminancia (E): es el flujo luminoso recibido por unidad de superficie. Es el cociente entre el flujo luminoso recibido por un elemento de la superficie que contiene al punto y el área de dicho elemento. La unidad es el Lux (Lx).

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

- Lux (lx): se define como la iluminancia producida por un flujo de un lumen que se distribuye uniformemente sobre una superficie de un metro cuadrado.

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lm} / \text{m}^2$$

- Luminancia: es la intensidad luminosa en una dirección dada por unidad de superficie aparente iluminada. Su unidad es Cd\*m<sup>2</sup>.
- Rendimiento luminoso o eficacia luminosa: es la relación entre el flujo emitido por la fuente y la potencia empleada para obtener tal flujo, con ella se puede evaluar el ahorro de energía que puede dar una lámpara con respecto a otra. Su unidad de medida es el lumen por vatio (lm/ W).

Valores indicativos del rendimiento luminoso de algunos tipos de lámpara son:

- Incandescentes (1-2000W): 8- 20 Lm/ W
  - Incandescentes con halogenuros (3-10000W): 18- 22 Lm/ W
  - Fluorescentes tubulares (4-250W): 40- 93 Lm/ W
  - Fluorescentes compactas (5-36W): 50- 82 Lm/ W
  - Vapor de mercurio (50-2000W): 40- 58 Lm/ W
  - Halogenuros metálicos (75-3500W): 60- 95 Lm/ W
  - Sodio a alta presión (50-1000W): 66- 130 Lm/ W
  - Sodio a baja presión (18-180W): 100- 183 Lm/ W
- Temperatura del color: la temperatura de color de una fuente de luz es la correspondiente a la temperatura del “cuerpo negro” que presenta el mismo color



de la fuente. Su unidad de medida es el grado Kelvin (K). Se puede decir que la temperatura es un elemento de elección cualitativa de una lámpara, así como el flujo un elemento cuantitativo.

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

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

Ejemplos de distintas temperaturas de color:

- Incandescentes: 2600-2800 K
- Incandescentes con halogenuros: 3000 K
- Fluorescentes tubulares: 2600-6500 K
- Fluorescentes compactas: 2700 K
- Vapor de mercurio: 4000-4500 K
- Halogenuros metálicos : 4800-6500 K
- Sodio a alta presión: 2100 K
- Sodio a baja presión: 1800 K

Existe una relación entre la temperatura de color y el nivel de iluminación de una determinada instalación de forma que para tener una sensación visual confortable, a bajas iluminaciones le deben corresponder lámparas con una baja temperatura de color y a altas iluminaciones, lámparas con una temperatura de color elevada.

- Reproducción cromática: es la capacidad de una fuente de luz de reproducir los colores. Se expresa por un número comprendido entre 0 y 100. Una fuente de luz con  $R_a = 100$ , muestra todos los colores correctamente. Cuanto menor es el índice, peor es la reproducción cromática. Para estimar la calidad de reproducción cromática de una fuente de luz, se establece la siguiente escala de valores:  $R_a < 50$  rendimiento bajo; entre 50 y 80 rendimiento moderado; entre 80 y 90 bueno y entre 90 y 100 rendimiento excelente.



### 3.3. Proceso de cálculo.

El proceso de cálculo de una instalación de interiores conlleva los siguientes pasos:

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

- Información previa de los factores de partida.

Para conseguir un buen diseño de iluminación general y uniforme, hay que tener en cuenta los siguientes factores de partida:

- Forma y configuración del local.
- Tipo de tarea a realizar.
- Tensión de alimentación de la red eléctrica.
- Características y tipo del objeto a iluminar.

- Determinación del nivel de iluminación.

Existen diferentes niveles de iluminación para los diferentes tipos de locales y las diferentes tareas que se realicen en ellos.

Mediante una serie de investigaciones científicas, surgen tablas que relacionan el nivel de iluminación con los distintos locales y las tareas a realizar. Estas tablas nos sirven como guía para poder determinar que iluminación llenará cada local, siendo estas de carácter orientativo ya que siempre se deberá estudiar cada caso.

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

Clase de edificio y espacio a iluminar	Nivel de iluminación en Lux (Lx)
<b>Escuelas:</b>	
Pasillos, vestíbulos, aseos	200
Aulas y bibliotecas	750
Cocinas y talleres en general	500
Aulas de dibujo	1000



<b><u>Hospitales:</u></b>	
Pasillos durante el día	250
Pasillos durante la noche	40
Aseos, locales de mantenimiento	200
Habitación iluminación general	150
Habitación iluminación lectura	250
Servicio médico general	250
Servicio médico reconocimiento	500
<b><u>Sala de operación y autopsias:</u></b>	
Iluminación general	1000
Puesto de trabajo	mayor 5000
Quirófano	20000-100000
Zona adyacente quirófano	10000
<b><u>Hostales y restaurantes:</u></b>	
Habitaciones y pasillos	200
Cocinas	500
Sala de lectura	500
Restaurante y autoservicio	300
Salas de costura	750
<b><u>Imprenta:</u></b>	
Alumbrado general	500
Comprobación colores	1200
Fotocomposición y montaje	1500
<b><u>Locales de trabajo:</u></b>	
Garajes y aparcamientos	80
Locales de vestuario, ducha y aseo	200
Locales de almacenaje	300
Fundiciones, cerámicas y granjas	150
<b><u>Locales de venta y exposición:</u></b>	
Almacenaje y exposición	250
Comercio y salas de exposición	500
Pabellones de ferias	500
Supermercados	1000
Escaparates	Más de 1000
<b><u>Montaje de piezas:</u></b>	
Mecánica en general	500
Montajes precisión eléctricos	1500
Trabajos finos en cristal	1500
Piezas miniaturizadas	2000
<b><u>Oficinas:</u></b>	
Trabajos de mecanografía	750



Dibujo técnico	1200
Comprobación de colores	1200
<b><u>Punto y confección:</u></b>	
Telares punto oscuro	700
Telares punto claro	500
Control calidad	1000
<b><u>Trabajo de la madera:</u></b>	
Trabajo en banco	300
Trabajo en máquinas	500
Acabado, pulido y barnizado	500

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

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

#### Sistemas de iluminación.

Existen cinco tipos de iluminación: directa, semidirecta, difusa, semiindirecta e indirecta.

La iluminación directa es apropiada para la obtención económica de altos niveles de iluminación sobre el plano útil de las mesas y de los puestos de trabajo. Por su propia naturaleza deja en la sombra las partes superiores del local y por lo tanto, reduce las pérdidas de luz por las claraboyas.

Es necesario aumentar considerablemente los aparatos de alumbrado, con el propósito de conseguir que cada objeto iluminado, reciba luz desde varias direcciones simultáneamente, con lo que se consigue la disminución de sombras molestas.

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

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



La iluminación semidirecta hace que parte de la luz emitida por los aparatos de alumbrado sea reflejada sobre el techo, por ello su empleo está restringido para techos no muy altos, y no debe utilizarse en locales provistos de claraboyas en el techo.

Permite la realización relativamente económica de elevados niveles de iluminación con las ventajas sobre la iluminación directa de que las sombras son bastante más suaves porque, como ya sabemos los objetos reciben simultáneamente, la luz directa de los aparatos de alumbrado y la reflejada en el techo y en las paredes.

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

La iluminación difusa, da una importancia creciente a la reflexión de la luz sobre el techo y las paredes. Desaparecen por completo las sombras de los objetos, pero se aconseja que el techo y las paredes estén pintados de colores claros, con el objeto de disminuir las pérdidas por absorción que, de otro modo, resultarían muy elevadas.

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

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

Desaparecen las sombras totalmente y también el riesgo de deslumbramiento directo, ya que las lámparas están totalmente ocultas. La falta de plasticidad obtenida con estos sistemas obliga en algunos casos a completar el alumbrado del local mediante alumbrado auxiliar. Estos dos tipos de iluminación, precisan que las paredes y techos del local estén pintados con materiales de alto factor de reflexión, y aunque esta condición se cumpla, el consumo de energía es mayor que para cualquier otro sistema de iluminación.

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

Con cada uno de los cinco tipos de iluminación descritos con anterioridad, se pueden obtener tres clases o métodos de alumbrado, según la distribución de la luz en el local a iluminar.

- Alumbrado general:

Se trata de un alumbrado uniforme de un espacio, sin tener en cuenta las necesidades particulares de ciertas zonas determinadas. La iluminación media deberá ser igual al nivel de iluminación que requiera la tarea específica.



Presenta como ventaja que se pueden cambiar los puestos de trabajo sin modificar las luminarias. Es por antonomasia, el método de distribución uniforme de la luz.

La distribución luminosa más normal, se obtiene colocando las luminarias de forma simétrica en filas por columnas, cuyo producto da el número total de luminarias instaladas (reajustadas por exceso o por defecto al número de luminarias calculado).

Por razones de uniformidad, la distancia entre luminarias, no puede ser mayor que un determinado valor. Este valor depende de la altura de montaje, del nivel de iluminación, así como de las características propias del local y de la luminaria. Generalmente, la distancia entre luminarias es doble que entre estas y las paredes.

- Alumbrado general localizado:

Alumbrado general en zonas especiales de trabajo, donde se necesita un alto nivel de iluminación, siendo suficiente la iluminación general para las zonas contiguas, de modo que este tipo de alumbrado se caracteriza por la concentración de luminarias.

- Alumbrado suplementario:

Alumbrado que proporciona un alto nivel de iluminación en puntos específicos de trabajo, mediante la combinación del alumbrado general o del alumbrado general localizado.

### Tipos de lámparas.

- Lámpara de Incandescencia

Es de cómodo empleo y en el mercado existe una amplia gama, con todo tipo de potencias. Es aconsejable para un nivel de iluminación inferior a 200 lux, tiene un bajo rendimiento luminoso y una duración media reducida. Se emplean principalmente en alumbrado doméstico y de señalización.

Debido al bajo rendimiento luminoso y a su reducida duración, no son rentables para alumbrado de grandes espacios con alto nivel de iluminación, ni para naves industriales o locales comerciales con altura de montaje superior a cuatro metros.

- Lámpara Fluorescente

Se utiliza cuando se necesita una elevada temperatura de color, (se define  $T^a$  de color de una fuente luminosa como la que corresponde por comparación, con la del cuerpo negro que presenta el mismo color que la fuente analizada. La  $T^a$  de color define únicamente el color (tono de la luz), también se utiliza cuando el nivel de iluminación necesario sobre el plano útil de trabajo, ha de alcanzar o sobrepasar los 200 lux, sobre todo si la instalación ha de estar funcionando durante un elevado número de horas el año (2000horas o más).



El flujo luminoso es del orden de siete veces mayor comparado con el que producen las lámparas incandescentes de igual potencia. Este factor unido a su larga vida (también siete veces mayor) y calidad de luz, hacen que sean las lámparas universales de alumbrado contemporáneo.

Estas características hacen que sean de aplicación universal para fines generales de alumbrado, sobre todo, en interiores de oficina, grandes almacenes, comercio escuelas, hospitales, industrias, etc.; donde la altura de montaje no supere los cinco metros.

- Lámpara de vapor de Mercurio

Se utilizan para alumbrado industrial, cuando las condiciones de calidad de la luz son menos imperativas. Existen dos tipos: de luz mixta y de color corregido. Estas últimas resultan económicas por su elevado rendimiento luminoso (similar al de las fluorescentes), y por su larga vida media (suele ser de 6000-9000 horas), resultando especialmente indicadas para alumbrado directo, con aparatos de alumbrado suspendidos a mucha altura, en las naves industriales.

En esta aplicación, su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, separando débilmente los aparatos de alumbrado y disminuyendo el número de estos aparatos.

- Lámpara de vapor de Sodio

Se utilizan en el alumbrado de exteriores y en el interior de naves industriales con elevadas alturas de montaje. Existen de dos tipos: de baja presión y de alta presión, estas últimas presentan un elevado rendimiento, además de una gran duración, lo que implica intervalos de reposición más largos. Además, su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, de forma que resultan especialmente indicadas para instalaciones interiores de industria.

- Determinación del factor de mantenimiento.

En toda instalación de alumbrado hay tres elementos de mantenimiento que son variables y que afectan a la cantidad de flujo luminoso útil que se obtiene en el espacio a iluminar.

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

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



**Factor de mantenimiento bueno.**

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

**Factor de mantenimiento medio.**

Cuando las luminarias no se limpian con frecuencia y las lámparas sólo se reponen cuando se funden. Condiciones atmosféricas menos limpias. Este factor de mantenimiento medio toma valores comprendidos entre 0,60 y 0,70. Típicamente se toma 0,65.

**Factor de mantenimiento malo.**

Cuando las condiciones atmosféricas son bastante sucias y la instalación tiene un mantenimiento deficiente. Este factor de mantenimiento malo toma valores comprendidos entre 0,50 y 0,60. Típicamente se toma 0,55.

- Cálculos del índice del local.

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

Para iluminaciones directas, semidirectas y difusas, se utiliza:

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

Para iluminaciones indirectas y semiindirectas, se utiliza:

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



En ambas fórmulas:

A= ancho del local en metros.

L= longitud del local en metros.

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

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

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

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

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

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

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



- Determinación del factor de utilización.

El factor de utilización de un sistema de alumbrado es la relación que existe entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo total que emiten las lámparas instaladas.

Este es un factor muy importante para el cálculo del alumbrado, a la vez que complejo y difícil de calcular, pues depende de una diversidad de factores como son: el valor adecuado del nivel de iluminación, el sistema de alumbrado, las luminarias, las dimensiones del local, la reflexión (techos, paredes y suelos) y el factor de mantenimiento.

En general, para su detección, existen valores tabulados según cada fabricante e incluso programas de ordenador. A continuación se expone una tabla con los valores del factor de utilización, en función de los tipos de luminaria más frecuentes, del índice del local y de la reflexión de techos y paredes:

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

Fluorescente descubierto	J	0.32	0.27	0.23	0.32	0.26	0.23	0.25	0.23
	I	0.40	0.35	0.31	0.39	0.34	0.30	0.34	0.30
	H	0.44	0.39	0.36	0.43	0.39	0.35	0.36	0.35
	G	0.48	0.43	0.40	0.46	0.42	0.39	0.41	0.39
	F	0.52	0.47	0.43	0.50	0.46	0.42	0.45	0.42
	E	0.57	0.52	0.48	0.55	0.51	0.47	0.50	0.46
	D	0.62	0.56	0.52	0.59	0.55	0.51	0.54	0.51
	C	0.65	0.59	0.54	0.62	0.57	0.54	0.56	0.53
	B	0.69	0.63	0.59	0.65	0.61	0.58	0.60	0.58



Luminaria industrial abierta	J	0.38	0.32	0.28	0.37	0.32	0.28	0.31	0.28
	I	0.47	0.52	0.39	0.46	0.41	0.38	0.40	0.37
	H	0.51	0.47	0.44	0.50	0.47	0.43	0.46	0.43
	G	0.55	0.51	0.48	0.54	0.51	0.47	0.50	0.47
	F	0.58	0.54	0.51	0.57	0.53	0.51	0.52	0.50
	E	0.63	0.60	0.57	0.62	0.59	0.56	0.58	0.55
	D	0.68	0.64	0.61	0.66	0.64	0.61	0.63	0.60
	C	0.70	0.67	0.63	0.68	0.65	0.63	0.64	0.62
	B	0.73	0.70	0.68	0.71	0.68	0.67	0.67	0.66
	A	0.74	0.72	0.70	0.72	0.70	0.68	0.69	0.67
Luminaria directa con rejilla difusora	J	0.33	0.28	0.26	0.32	0.28	0.26	0.28	0.26
	I	0.39	0.36	0.34	0.39	0.35	0.34	0.35	0.34
	H	0.43	0.40	0.38	0.42	0.40	0.38	0.39	0.38
	G	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.42	0.41
	F	0.48	0.46	0.43	0.47	0.45	0.43	0.45	0.43
	E	0.52	0.50	0.47	0.51	0.49	0.47	0.48	0.47
	D	0.55	0.53	0.51	0.54	0.52	0.51	0.52	0.51
	C	0.57	0.55	0.52	0.56	0.53	0.52	0.53	0.52
	B	0.59	0.57	0.56	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54
	A	0.60	0.58	0.56	0.59	0.57	0.56	0.56	0.55

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



El factor de reflexión, se define como la relación entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidente sobre la misma, se expresa en tanto por ciento y es distinto para diferentes colores.

Para la luz blanca y para distintos colores y tonalidades existe la siguiente tabla empírica normalizada que da el valor de reflexión.

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

- Cálculo del flujo a instalar.

El siguiente paso es calcular el flujo total a instalar, para ello se emplea la siguiente fórmula:

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

$\Phi_T$  = Flujo luminoso total.

$E$  = Iluminancia media deseada.

$S$  = Superficie del plano de trabajo.

$\eta$  = Factor de utilización.

$f_m$  = Factor de mantenimiento.



- Cálculo del número de luminarias.

Una vez calculado el flujo total  $\Phi_T$ , como conocemos el flujo que nos aporta cada luminaria  $\Phi_L$  (dato proporcionado por el fabricante), podemos calcular el número de luminarias a instalar mediante la siguiente fórmula:

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

**N** = Número de luminarias.

**$\Phi_L$**  = Flujo luminoso de cada lámpara.

**n** = Número de lámpara por luminaria.

- Distribución de las luminarias.

La distribución de las luminarias más normal, se obtiene colocando las luminarias de forma simétrica en filas y columnas, cuyo producto da el número total de luminarias instaladas. Es posible reajustar el número de luminarias por exceso o por defecto, por cuestiones de uniformidad.

En los locales de aseos, la separación para baños y duchas llega hasta el techo de la planta, y por tanto se han aumentado el número de luminarias para que todas las estancias estén iluminadas.

### 3.4. Alumbrado interior.

#### Justificación de las lámparas y luminarias empleadas

- Luminarias Philips Cabana HPK150 1xSON250W, esta luminarias vienen con su lámpara de vapor de sodio de alta presión (VMAP), Philips Son 250W. La luz que emiten estas lámparas es blanca.

Están recomendadas para alumbrado interior de naves industriales, salas de exposición, supermercados, calles comerciales, grandes almacenes de bricolaje, iglesias, antasalas de aeropuertos y salas de espera de estaciones, en definitiva en locales de gran altura.



- Luminarias Philips Cabana HPK150 1xSON150W, estas luminarias vienen con su lámpara de vapor de sodio de alta presión (VMAP), Philips Son 150W. La luz que emiten estas lámparas es blanca.



- Luminaria adosada Philips Mazda TCS 160 2xTL-D36 W HFP DP, estas luminarias vienen con sus lámparas fluorescentes Philips MASTER TL-D 36W/840, albergando 2 fluorescentes de 36 W.

La luz que emiten las lámparas fluorescentes es de color blanca, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color. Están recomendadas para tiendas, escuelas, hospitales, oficinas, edificios industriales, etc.



- Luminaria adosada Philips Mazda TCS 160 1xTL-D58 W HFP DP, estas luminarias vienen con sus lámparas fluorescentes Philips MASTER TL-D 58W/840, albergando 1 fluorescente de 58 W.

La luz que emiten las lámparas fluorescentes es de color blanca, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color. Están recomendadas para tiendas, escuelas, hospitales, oficinas, edificios industriales, etc.



- Luminarias Downlights Philips Europa 2 FBS120 2xPL-C/2P18W/840 I 230V L W2 IP20, estas luminarias vienen con sus lámparas fluorescentes Philips PL-C/2P18W/840. La luz que emiten las lámparas de descarga de baja presión es de color blanca, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color.

### Soluciones empleadas

#### Planta Baja:

	Número lámparas	Tipo lámpara
TALLER	6	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
HIGIENE	8	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
SALA CALDERAS	1	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
SALA GAS	1	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
DEPÓSITOS	4	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
VESTUARIOS	4	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
PERSONAL	4	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
PASILLO Nº1	3	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
PASILLO Nº2	1	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
CONTROL ALMACEN	1	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
NAVE	25	Lámpara Descarga; Philips: SON HPK 150 / 1 x SON-250W.
LABORATORIO	6	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
RECEPCIÓN	6	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 1 x TL-D58W.
ACCESO NAVE	4	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 1 x TL-D58W.
PATIO CAPTACION	4	Lámpara Descarga; Philips: SON HPK 150 / 1 x SON-150W.
ESCALERAS	1	Down light 2x18W con portalámparas G24-d3.
C.TRANSFORMACIÓN	1	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2x 36W.

#### Planta Primera:

	Número lámparas	Tipo lámpara
SOBREPISO	9	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
OFICINAS	13	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 1 x TL-D58W.
SALA REUNIÓN	9	Lámpara Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 1 x TL-D58W.



## Exterior:

	Número lámparas	Tipo lámpara
AREA DE CARGA	4	Proyector; Philips: MASTER HPI-T Plus /1 x HPI-T Plus400W.
PASARELA	7	Balizas; Philips: MASTER Colour CDM-T/1 xCDM-T150W.

### 3.5. Alumbrados especiales.

Las instalaciones especiales destinadas a alumbrados especiales tienen por objeto asegurar, aun faltando el alumbrado general, la iluminación en los locales y el acceso hasta las salidas, para una eventual evacuación de público o iluminar otros puntos que señalen las salidas.

Se distinguen tres tipos de alumbrado especial: de emergencia, de señalización y de reemplazamiento.

Las líneas que alimentan directamente a 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 líneas no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en la misma dependencia existiesen varios puntos de luz de alumbrado especiales, estos deben ser repartidos al menos entre dos líneas diferentes, aunque un número sea inferior a 12.

El alumbrado de emergencia debe permitir, en caso de fallo general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior.

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

Debe poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.

La iluminación será, como, mínimo de 5 lux en los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado.

Entrará en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje a menos del 70% de su valor nominal.



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

Constarán de una instalación de alumbrado de emergencia las siguientes zonas:

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

Para cumplir las condiciones del articulado puede aplicarse la siguiente regla práctica para la distribución de las luminarias:

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

El alumbrado de señalización se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados períodos de tiempo. Debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezca con público.

Estará alimentado, al menos, por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica admitida.

En el eje de los pasos principales debe proporcionar una iluminación mínima de un lux.

Se situará en las salidas de los locales y dependencias indicados en cada caso y en las señalizaciones indicadoras de la dirección de los mismos.



Cuando los locales, dependencias o indicaciones que deben iluminarse con este alumbrado coinciden con los que precisan el de emergencia, los puntos de luz de ambos pueden ser los mismos.

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

### Soluciones empleadas

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

- Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 66150 23; TL8W de 250 lm.
- Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6615 21; TL8W de 100 lm.
- Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6615 27; PL24W de 800 lm.

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

### Soluciones adoptada

#### Planta Baja:

	Número de aparatos	Tipo de aparato de emergencia
TALLER	1	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W(250 lm)
HIGIENE	1	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W(100 lm)
SALA CALDERAS	1	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W(100 lm)
SALA GAS	1	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W(100 lm)
DEPÓSITOS	1	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W(250 lm)
VESTUARIOS	1	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W(100 lm)
PERSONAL	1	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W(100 lm)
PASILLO Nº1	1	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W(100 lm)
PASILLO Nº2	1	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W(100 lm)
CONTROL ALMACEN	1	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W(100 lm)
NAVE	6	B66; No Permanentes(ref:6615 27) PL24W(800 lm)
LABORATORIO	1	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W(250 lm)
RECEPCIÓN	1	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W(250 lm)
ACCESO NAVE	1	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W(100 lm)
PATIO CAPTACION	1	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W(250 lm)
ESCALERAS	1	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W(100 lm)
C.TRANSFORMACIÓN	1	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W(100 lm)



## Planta Primera:

	Número de aparatos	Tipo de aparato de emergencia
<b>SOBREPISO</b>	<b>1</b>	B66; No Permanentes(ref:6615 27) PL24W(800 lm)
<b>OFICINAS</b>	<b>1</b>	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W(250 lm)
<b>SALA REUNIÓN</b>	<b>1</b>	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W(250 lm)

## 4. CONDUCTORES Y DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN.

### 4.1. Introducción.

Se llaman líneas interiores a las instalaciones llevadas a cabo en el interior de los edificios. Comprenden en este caso, desde el punto de conexión con el transformador hasta los aparatos receptores.

Se va a realizar la conducción eléctrica del centro de transformación a los distintos receptores de la instalación, la instalación es de baja tensión y han de emplearse tensiones normalizadas como indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Emplearemos tensión alterna trifásica 400 / 230 V.

Los conductores de corriente eléctrica deben calcularse de modo que tengan la resistencia mecánica suficiente para las conducciones de la línea y además no sufran calentamientos excesivos, así como una caída de tensión en el propio conductor dentro de los límites establecidos en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

### 4.2. Factor para el cálculo de cables.

Para el cálculo de las líneas de distribución, se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- Calentamiento de los conductores.
  - Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores.
- Calentamiento de los conductores:

Si por un conductor cuya resistencia es “R” ohmios, circula una intensidad de “I” amperios, se eleva su temperatura hasta que el calor transmitido por la corriente al conductor, se iguala al calor cedido por el conductor al ambiente en igual tiempo; según la ley de Joule, la cantidad de calorías recibidas en un segundo es:



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

Partiendo de esta fórmula y teniendo en cuenta que las calorías cedidas dependen de la temperatura del conductor respecto del ambiente que la rodea, a su superficie, el material que forma su aislante, etc. Se demuestra que el aumento de temperatura es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad (considerando despreciables las variaciones de la resistencia con la temperatura).

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

Siendo:

$\Delta T$  = incremento admisible de la temperatura.

$\Delta T_n$  = incremento de la temperatura en condiciones normales.

$I_n$  = intensidad nominal en condiciones normales.

$I$  = intensidad admisible.

El calor que adquiere un conductor, lo va cediendo a través del medio que le rodea (aislamiento, tubo, pared, aire, etc.), produciéndose un equilibrio entre el calor que recibe por el paso de la corriente y el que desprende hacia el exterior.

El calor que es cedido al exterior es:

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

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

Si la intensidad es elevada, la temperatura del conductor es elevada, con el peligro de deterioro de los aislantes por no estar diseñados para soportar esas temperaturas (con el riesgo de provocar cortocircuitos).

Por lo tanto, para cada sección de los conductores existe un límite de carga en amperios que no debe sobrepasarse, que se corresponde con la temperatura máxima admisible que puede soportar esa sección del conductor sin que se produzcan los efectos antes mencionados.

Las intensidades de las corrientes eléctricas admisibles en los conductores, (Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, ITC BT 19), se regularán en función de las



condiciones técnicas de las redes de distribución y de los sistemas de protección empleados en los mismos.

Los cálculos y condiciones a las que deben ajustarse los proyectos y la ejecución de estas redes están fijadas en las instrucciones complementarias correspondientes a este reglamento.

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

Complementando a estas tablas existen otras, que dan unos factores de corrección de esa intensidad admisible, según nuestra instalación varíe de las condiciones normales; como: disposición de los cables, resistividad térmica del suelo (para cables subterráneos), clase de recubrimiento, temperatura ambiente, etc.

- Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores

Una vez elegida la sección de acuerdo con la intensidad nominal que ha de circular por esa sección, es menor que la intensidad máxima admisible de dicho conductor para dicha sección, deberemos comprobar que cumple las condiciones relativas a la caída de tensión.

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

### 4.3. Prescripciones generales.

#### Conductores activos ITC-BT19

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 flexibles serán únicamente de cobre.

La sección de los conductores será tal que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 4,5 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 6,5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente para una temperatura ambiente del aire de 40° C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable, están señaladas en una tabla en la instrucción ITC BT 19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.



### Conductores de protección ITC-BT19

Si los conductores de protección están constituidos del mismo metal que los conductores de fase, 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 (mm <sup>2</sup> )	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S / 2$
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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.</li> <li>- Con un mínimo de 4 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.</li> </ul>	

Cuando la sección de los conductores de fase o polares sea superior a 35 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.

La instalación deberá presentar una resistencia de aislamiento por lo menos igual a  $1000 \times U$  ohmios, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250000 ohmios.

La rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal, que desconectados los aparatos de utilización, resista durante un minuto una prueba de tensión de  $2U + 1000$  voltios a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1500 V.

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 por lo 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, reemplazar fácilmente los conductores deteriorados.

#### 4.4. Sistema de canalizaciones.

##### Canalizaciones

Hay muchos sistemas de instalación de los conductores para una canalización fija. Algunas de estas variantes son: conductores desnudos colocados sobre aisladores, conductores aislados colocados sobre aisladores, conductores aislados bajo molduras, conductores aislados fijados directamente sobre las paredes, etc.

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

Cuando las canalizaciones pasen a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techo, se realizará de acuerdo con prescripciones tales como: las canalizaciones estarán protegidas contra deterioros mecánicos, en toda la longitud de los pasos no habrá empalmes o derivaciones, se utilizarán tubos no obturados, etc.

##### Tubos protectores

Hay muchas clases de tubos, dependiendo de las necesidades que tengamos.

Algunas de estas son: Tubos metálicos rígidos blindados, tubos metálicos rígidos blindados con aislamiento interior, tubos aislantes rígidos normales curvables, tubos aislantes flexibles normales, tubo PVC rígido, etc.

Los tubos deberían 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 largamente especificadas en las tablas de la instrucción ITC BT 21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Para la colocación de las canalizaciones bajo tubos protectores se tendrán que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

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



- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección admisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de materiales aislantes y no propagadores de llama. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener.
- En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo la utilización de bridas de conexión.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrán en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

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

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.



- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o “T” apropiados.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra.

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

#### **4.5. Receptores ITC-BT43.**

Lo referido a los receptores se encuentra expresado en la ITC BT 43.

Los aparatos receptores satisfarán los requisitos concernientes a una correcta instalación, 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 del local, emplazamiento, utilización, etc.), teniendo en cuenta los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación, necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos. Soportarán la influencia de los agentes externos a que estén sometidos en servicio, por ejemplo, polvo, humedad, gases y vapores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por medio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización



fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento y controlar esa conexión.

#### Receptores de alumbrado

Lo referido a los receptores se encuentra expresado en la ITC BT 44.

Las lámparas de descarga deberán cumplir una serie de condiciones:

- Serán accionadas por interruptores, previstos para cargas inductivas o, en defecto de esta característica, tendrá una capacidad de corte no inferior a dos veces la intensidad del receptor o grupo de receptores.
- Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los conductores de fase.
- En el caso de lámparas fluorescentes, será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,90, cumpliendo así con lo dispuesto en la ITC BT 44.

#### Receptores a motor ITCBT47

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

Según indica el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en su Instrucción 47, las secciones mínimas que deben tener los conductores de conexión de los motores, con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo serán las siguientes:

##### Un solo motor:

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

##### Varios motores:

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



#### 4.6. Tomas de corriente.

##### 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.

##### 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 monofásica de 16A/II.
- Tomas de corriente monofásica para los ordenadores.
- Tomas de corriente trifásica de 16 A/IV.
- Tomas de corriente trifásica de 32 A/IV.

##### Situación y número de tomas de corriente

Las tomas irán fijadas a las paredes por sus medios convencionales y a una altura de 20 cm en las oficinas, sala de reuniones y zona común. En todas las zonas de la nave industrial las tomas de corriente irán a una altura de 1,5 metros, agrupadas en unos cuadros con sus protecciones, cumpliendo así lo establecido en la ITC-BT-27.

#### 4.7. Proceso para el cálculo de secciones.

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



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

### 1. Criterio térmico:

$$\text{Para las líneas trifásicas} \rightarrow \mathbf{I} = \frac{\mathbf{P}}{\sqrt{3} \times \mathbf{V} \times \mathbf{Cos}\phi}$$

$$\text{Para las líneas monofásicas} \rightarrow \mathbf{I} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{V} \times \mathbf{Cos}\phi}$$

Siendo:

P → Potencia activa conectada (W).

I → Intensidad que circula (A).

Cosφ → Factor de potencia.

V → Tensión nominal (V).

### 2. Criterio de caída de tensión:

$$\text{Para las líneas trifásicas} \rightarrow \mathbf{S} = \frac{\mathbf{L} \times \mathbf{P}}{\mathbf{c} \times \mathbf{V} \times \mathbf{u}}$$

$$\text{Para las líneas monofásicas} \rightarrow \mathbf{S} = \frac{2 \times \mathbf{L} \times \mathbf{P}}{\mathbf{c} \times \mathbf{V} \times \mathbf{u}}$$

Siendo:

P → Potencia activa conectada (W).

L → Longitud de la línea (m).

c → Conductividad del material del cable (Cobre →  $56 \frac{m}{\Omega \times mm^2}$  y Aluminio →  $35 \frac{m}{\Omega \times mm^2}$ ).

u → Caída de tensión admisible ( para el alumbrado 4,5% y para la fuerza 6,5%).

V → Tensión nominal (V).

s → Sección (mm<sup>2</sup>).



#### **4.8. Normas para la elección del cable.**

Además de lo expuesto anteriormente para el cálculo del conductor, se harán las siguientes consideraciones a la hora de elegir el cable:

- El aislamiento del cable ha de ser tal que asegure en su parte conductora una continuidad eléctrica duradera. Normalmente el aislamiento del cable se determina con los picos de tensión que este tiene que soportar en cualquier momento.
- La sección del cable a colocar en el alumbrado normalmente la determina la caída de tensión (si la longitud no es pequeña).
- El cable elegido, teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, será capaz de soportar los cortocircuitos que puedan producirse, mejor que cualquier otra parte de la instalación.

La sección de los conductores de fuerza la determina la corriente a transportar y el calentamiento que esta puede producir, de tal forma que nunca se superen temperaturas determinadas por encima de las cuales el cable se deteriora.

Se preverá que la temperatura y los esfuerzos electrodinámicos producidos por el cortocircuito, no deterioren en ningún momento el cable.

#### **4.9. Normas para la elección del tubo ITC-BT21.**

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

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

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

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

Para tubos en canalizaciones fijas en superficie, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 2,5 veces la sección total ocupada por los conductores.



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

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

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

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

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

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

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

#### 4.10. Soluciones adoptadas.

- Conductores:

Acometida: **RV-K 0,6/ 1 kV GENERAL CABLE**

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Cubierta: XLPE.

Temperatura de servicio:

- Servicio permanente: 70°C.
- Cortocircuito: 160°C.

**Instalaciones interiores: RZ1-K 0,6/ 1 kV GENERAL CABLE**

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Policloruro de vinilo PVC.

Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.

Temperatura de servicio:

- Servicio permanente: 90°C.
- Cortocircuito: 250°C.

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

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

- Canalizaciones:

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

**Acometida**

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

Se llevará una terna de cables, constituida por tres fases y neutro, cada una de las fases por un conductor unipolar de 25 mm<sup>2</sup> y el neutro por un cable unipolares de 16 mm<sup>2</sup>.

**Canalización general**

La canalización general de la nave se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado, se llevará canalizado desde la C.G.P. a los diferentes cuadros auxiliares de la empresa. Esta bandeja irá rodeando las diferentes zonas de la empresa, a una altura de 6 metros. Las bajantes a los cuadros auxiliares se hará a través de bandeja portacables y en los últimos 3 metros esta bandeja llevará una tapa para no tener acceso fácil a los conductores y evitar de esta manera peligros.



## Derivaciones

La derivación de esta canalización a las diferentes máquinas se realizará a través de bandeja portacables y los últimos tres metros de la bajante la bandeja irá con tapa. Así mismo las derivaciones a la primera planta y a las zonas comunes (vestuario, personal, recepción, aseos, etc.) se realizará a través de una bandeja portacables que irá por encima del falso techo. Al llegar a cada sala la canalización será de tubo de PVC que irá a través de falso techo y por catas.

## 5. PROTECCIONES EN BAJA TENSION.

### 5.1. Introducción.

En las instalaciones de baja tensión, y de acuerdo con las instrucciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC BT 22, ITC BT 23, ITC BT 24; se deben considerar las siguientes protecciones:

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

### 5.2. Protección de la instalación.

Los dispositivos de protección tienen por finalidad registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosa, así como para limitar las sobreintensidades.

Cuando se disponen varios interruptores en serie, generalmente se requiere que estos sean selectivos. 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. En caso de fallar el interruptor, tiene que actuar otro de orden superior.

Se entiende por tiempo de escalonamiento, el intervalo necesario para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto.



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

#### Protección contra sobrecargas

Se denomina sobrecarga, al paso de una intensidad superior a la nominal de la instalación. Esta intensidad superior a la nominal, no producirá daños en la instalación si su duración es breve, sin embargo si la duración es larga se producirán daños, ya que 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 directa de los desperfectos que pueda ocasionar la sobrecarga en la instalación.

Las protecciones que se utilizan contra las sobrecargas, se tratan esencialmente de una protección térmica, o sea, basada en la medición directa o indirecta de la temperatura del objeto que se ha de proteger, permitiendo además la utilización racional de la capacidad de sobrecarga de este mismo objeto.

La medida directa de la temperatura se realiza por medio de una imagen térmica o relé térmico más o menos aproximado que reproduce las condiciones de carga y calentamiento del objeto que se ha de proteger.

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

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

#### Protecciones contra cortocircuitos

Es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones sobre los cortocircuitos:

##### - Corriente de cortocircuito.

Es la corriente que fluye por el punto en que se ha producido el cortocircuito mientras este dure.

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



- Corriente alterna de cortocircuito.

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

- Impulso de la corriente de cortocircuito.

Es el máximo valor instantáneo de la corriente después de producirse el cortocircuito. Se indica como valor de cresta. Varía según el momento en que se produzca el cortocircuito.

- Corriente alterna inicial de cortocircuito.

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

- Corriente permanente de cortocircuito.

Es el valor eficaz de la corriente alterna que permanece después de finalizado el proceso de amortiguamiento. Depende de la excitación de los generadores. Si no se indica otra cosa, en los generadores se entiende por corriente permanente de cortocircuito la que se establece en caso de cortocircuito en todos los polos de las bornas y a la excitación nominal.

- Potencia inicial de cortocircuito.

Es igual al producto entre la intensidad de la corriente alterna inicial de cortocircuito, la tensión de servicio y el factor de concatenación.

- Retardo mínimo de desconexión.

Es el tiempo que transcurre entre el momento de producirse el cortocircuito y la separación de los contactos al abrir el cortocircuito en todos los polos del interruptor.

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

- Tipos de cortocircuito según las clases de defecto.

Cortocircuitos tripolares, cortocircuitos bipolares, cortocircuitos bipolares con contacto a tierra y contactos a tierra simples y dobles.



### - Impedancia de cortocircuito

Es la impedancia de la trayectoria total de la corriente de cortocircuito. Lo que caracteriza a los cortocircuitos en las instalaciones eléctricas, es que el valor de la intensidad que circula es muy grande. La intensidad permanente de cortocircuito suele ser superior a 10 veces la intensidad nominal de la instalación.

En los casos en que se produzcan cortocircuitos lo que interesa, es una interrupción rápida de la corriente por el punto más cercano al cortocircuito.

Los dispositivos de protección contra cortocircuitos vienen indicados en la instrucción ITC BT 22 y son los siguientes:

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

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 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 sobrecarga, mientras que un solo dispositivo general, pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Para la correcta aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20460 se deberá aplicar lo indicado en la tabla 1 de la ITC BT 22, del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

### Proceso para el cálculo de las corrientes de cortocircuito

#### **Ley general:**

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

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

Dónde:

I<sub>cc</sub> = Corriente de cortocircuito eficaz en KA

U<sub>s</sub> = 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.



### **Cálculo de Z<sub>t</sub>:**

Cada constituyente de una red de baja tensión se caracteriza por una impedancia Z compuesta de:

- Un elemento resistente **R**.
- Un elemento inductivo **X** llamado reactancia.

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

A continuación se compone un triángulo rectángulo de forma que la suma de las R es un cateto y la suma de las X es el otro cateto, la hipotenusa es el valor de Z<sub>T</sub> que estamos buscando y se halla mediante el teorema de Pitágoras:

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

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

La potencia de cortocircuito de la red es un dato que suministra la compañía eléctrica (400 MVA).

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

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

Dónde:

U<sub>s</sub><sup>2</sup> = tensión en vacío del secundario en voltios.

S<sub>cc</sub> = potencia de cortocircuito en KVA.

Z, X = impedancia o reactancia aguas arriba en mΩ.

### **Transformador:**

Para un cálculo aproximado, se puede despreciar la resistencia debida a las pérdidas en el cobre según la relación:

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

Dónde:

$U_s$  = tensión en vacío entre fases en voltios.  
 $U_{cc}$  = tensión de cortocircuito en % (4%)  
 $S$  = potencia aparente en KVA (100 KVA)  
 $Z, X$  = impedancia o reactancia al secundario en  $m\Omega$ .

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

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

### Conductores:

La resistencia de los conductores se calculará mediante la siguiente fórmula:

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

Dónde:

$R$  = resistencia del conductor ( $\Omega$ ).  
 $\rho$  = resistividad del conductor (en nuestro caso cobre).  
 $L$  = longitud del conductor.  
 $S$  = sección por fase del conductor.

El cálculo de la reactancia:

$$X = 0,15 * L$$

Dónde:

$X$  = reactancia del conductor (para secciones inferiores a 25  $mm^2$  se podría despreciar la reactancia).  
 $L$  = longitud del conductor (m).

### 5.3. Protección de las personas.

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



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

Diversos estudios se han realizado para determinar con exactitud, los valores peligrosos en intensidad y tiempo, trazándose de esta forma curvas límites tiempo-corriente para diferentes grados de peligrosidad. En general, valores inferiores a 30 mA se ha comprobado que no son peligrosos para el hombre, así como tiempos inferiores a 30 ms. Como es lógico, los valores de esta intensidad dependerán de los de la tensión existente y de la resistencia eléctrica del cuerpo humano. Las distintas precauciones que se emplean tenderán a limitar la tensión de contacto.

La tensión límite convencional según la instrucción ITC BT 24 es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como por ejemplo 24 V para las instalaciones de alumbrado público.

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

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

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 él y de la duración de la misma.

#### Protección contra contactos directos

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

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



- Protección por medio de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.
- Protección por alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen que no sea posible un contacto fortuito con las manos por la manipulación de objetos conductores cuando estos se utilicen habitualmente cerca de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual; el empleo de dispositivos de corriente diferencial- residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida; tales dispositivos no constituyen por sí mismos una medida de protección completa.

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

#### Protecciones contra contactos indirectos

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

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

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

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A * I_A < U$$



Dónde:

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

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

$U$  = tensión de contacto límite convencional.

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

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

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

#### 5.4. Solución adoptada.

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

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

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

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

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

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



### Cuadro general de protección

Receptor	PdC	Calibre	Sensibilidad	Número de polos	Curva
Int. Automático Cabecera	18	160	300mA	IV	-
Int. Diferencial Cabecera	-	100	600mA	IV	-
Int. Automático nº1	6	20	-	IV	B
Int. Diferencial nº 1.1	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Nave 1	6	10	-	IV	B
Int. Automático Nave 2	6	10	-	IV	B
Int. Automático Nave 3	6	10	-	IV	B
Int. Automático Área de carga	6	16	-	II	B
Int. Diferencial nº 1.2	-	25	30mA	II	-
Int. Automático Patio Captación	6	10	-	II	B
Int. Automático Pasarela	6	10	-	II	B
Int. Diferencial nº 1.3	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Rampa muelle	6	10	-	IV	D y MA
Int. Automático Puerta Mecánica	6	10	-	IV	D y MA
Int. Automático Filtro estanque	6	10	-	II	C
Int. Automático Extracción	6	10	-	II	C
Int. Automático Bomba de captación	6	16	-	IV	D y MA
<b>Cuadro Embotelladora</b>	6	40	-	IV	B
<b>Cuadro Grupo de presión y servicios</b>	6	40	-	IV	B
<b>Cuadro Tomas de corriente</b>	6	63	-	IV	C
Int. Automático Emergencia 1ª Planta	6	10	-	II	B
Int. Automático nº2	6	20	-	IV	B
Int. Diferencial nº 2.1	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Laboratorio	6	10	-	II	B
Int. Automático Zona Común	6	10	-	II	B
Int. Automático Planta Primera	6	10	-	II	B
Int. Diferencial nº 2.2	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático T.C. Laboratorio	6	10	-	II	C
Int. Automático T.C. Recepción	6	10	-	II	C
Int. Automático T.C. 1ª Planta	6	10	-	II	C
Int. Diferencial nº 2.3	-	25	30mA	II	-
Int. Automático CPU Planta Baja	6	10	-	II	C
Int. Automático CPU Planta Primera	6	10	-	II	C
Int. Automático Condensadores	4,5	25	-	IV	C
Int. Diferencial Condensadores	-	25	30mA	IV	-



### Cuadro Embotelladora

Receptor	PdC	Calibre	Sensibilidad	Número de polos	Curva
Int. Diferencial nº 1	-	25	300mA	IV	-
Int. Automático Máquina	6	16	-	IV	DyMA
Int. Automático Extractor	6	10	-	II	DyMA
Int. Automático Resistencia	6	16	-	IV	C

### Cuadro Grupo de presión y servicios

Receptor	PdC	Calibre	Sensibilidad	Número de polos	Curva
Int. Diferencial nº 1	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Sobrepiso	6	10	-	II	B
Int. Automático Servicios	6	10	-	II	B
Int. Automático Higiene	6	10	-	II	B
Int. Automático Taller	6	10	-	II	B
Int. Automático Emergencia	6	10	-	II	B
Int. Diferencial nº 2	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Grupo de presión	6	10	-	IV	D y MA
Int. Automático Compresor	6	10	-	IV	D y MA
Int. Diferencial nº 3	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático T.C.1	6	10	-	IV	C
Int. Automático T.C.2	6	10	-	IV	C
Int. Automático T.C.3	6	10	-	IV	C
Int. Automático Extracción	6	10	-	IV	D y MA
Int. Diferencial Lavavajillas	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Lavavajillas	6	16	-	IV	D y MA

### Cuadro Tomas de corriente

Receptor	PdC	Calibre	Sensibilidad	Número de polos	Curva
Int. Diferencial nº 1	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Tomas 32A/IV	6	16	-	IV	C
Int. Automático Tomas 16A/IV	6	10	-	IV	C
Int. Automático Tomas 16/II	6	63	-	II	C



## 6. PUESTA A TIERRA.

### 6.1. Introducción.

Las puestas a tierra se establecen con el objeto principal 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.

La puesta a tierra se plantea como una instalación paralela a la instalación eléctrica, como un circuito de protección, que tiene que proteger a las personas, a las instalaciones eléctricas y a los receptores conectados a ellas.

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

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

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

Las tomas de tierra limitan las sobreintensidades que por diferentes causas aparecen en las instalaciones, siendo esta limitación tanto mayor en cuanto las tomas de tierra presenten menor impedancia al paso de esta corriente.

Durante el transcurso de las perturbaciones, los equipos de una misma instalación deben quedar al mismo potencial; siendo muy importante la necesidad de corregir pequeños valores de puesta a tierra, con el fin de obtener la equipotencialidad.

#### Objetivo de la puesta a tierra

La puesta a tierra, es la unión eléctrica 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.

La instalación a tierra se convierte en una especie de embudo sumidero que manda a tierra toda la corriente eléctrica que se salga de su recorrido normal y también derivará a tierra corrientes o descargas de origen atmosférico o procedentes de otras fuentes.

El paso de estas diferentes corrientes por el terreno conductor, con unas características eléctricas variables por sus características geológicas, producen unas distribuciones de potencial en toda su masa y en particular en su superficie, con las consiguientes diferencias de potencial entre puntos del terreno que inciden directamente sobre la



seguridad de las personas. Por ello, los estudios de las puestas a tierra deberían considerar:

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

Para ello es necesario conocer:

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

#### Partes de la puesta a tierra

##### **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.

Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece un material al ser atravesado por una corriente eléctrica.

Los cuerpos que tienen una resistividad muy baja, dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica y los materiales que tienen una resistividad alta, se oponen al paso de corriente. La resistividad del terreno se mide en ohmios por metro.

Como los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, un determinado terreno tendrá una resistividad aparente que promedia los efectos de las diferentes capas que componen el terreno.

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

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

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



- Textura.

### **Tomas de tierra:**

La toma de tierra es el elemento de unión entre el terreno y el circuito instalado en el interior del edificio, y consta de tres partes fundamentales:

- Electrodos:

Son la masa metálica que se encuentra en contacto permanente con el terreno para facilitar a este el paso de corrientes de defecto, o la carga eléctrica que pueda tener.

Pueden ser naturales o artificiales; los electrodos naturales, suelen estar constituidos por conducciones metálicas enterradas, como conducciones de agua, cubiertas de plomo de cables de redes subterráneas, pilares metálicos de los edificios que se construyen con estructuras metálicas, etc.

Los electrodos artificiales pueden ser barras (picas), tubos, placas metálicas, cables, u otros perfiles que a su vez puedan combinarse formando anillos o mallas.

De la sección en contacto con el terreno dependerá el valor de la resistencia a tierra. En general, la sección de un electrodo no debe ser inferior a un cuarto de la sección del conductor de línea principal de tierra.

Los metales deben ser inalterables a las acciones de la humedad y del terreno como son el cobre, el hierro galvanizado, fundición de hierro, etc.

- Líneas de enlace con tierra:

La línea de enlace con la tierra está formada por los conductores que unen el electrodo, conjunto de electrodos o anillo, con el punto de puesta a tierra. Los conductores de enlace con tierra desnudos en el suelo, se consideran que forman parte del electrodo y deberán ser de cobre u otro metal de alto punto de fusión con un mínimo de 35 mm<sup>2</sup> de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

- Punto de puesta a tierra:

El elemento de la puesta a tierra, es el situado fuera del terreno y que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. El punto de puesta es un elemento de conexión, placa, regleta, grapa, etc. que une los conductores de la línea de enlace con la principal de tierra. El número de puntos de puesta a tierra conectados al mismo electrodo o conjunto de ellos dependerá del tipo de instalación.

### **Línea principal de tierra:**

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



Serán de cobre y se dimensionarán con la máxima corriente de falta que se prevé, siendo como mínimo de  $16 \text{ mm}^2$  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.

### Derivaciones de las líneas principales de tierra:

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

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

### 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 19.

## 6.2. Elementos a conectar a la toma de tierra.

Una vez realizada la toma de tierra del edificio, se deberá 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:

- Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.



- Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- Caja General de Protección (no obligatorio según R.E.B.T.).
- Instalación de pararrayos.
- Instalación de antenas colectivas de TV y FM.
- Redes equipotenciales de cuarto de baño, que unan enchufes eléctricos y masas metálicas.
- Toda masa o elemento metálico significativo.
- Estructuras metálicas y armaduras de muros de hormigón.

### 6.3. 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, y en cada vértice tendrá una pica de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

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

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

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

## 7. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

### 7.1. Generalidades.

Los aparatos y máquinas utilizados, además de un consumo de energía activa, tienen un consumo de energía reactiva inductiva; los receptores inductivos absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos y la entregan durante la destrucción de estos. Esto provoca un consumo de energía que no es aprovechado directamente por los receptores. La energía reactiva está representada por el  $\cos\phi$  o factor de potencia.

El factor de potencia depende únicamente de las características de los receptores y de su régimen de funcionamiento (tipo de motor, velocidad, carga), y es independiente del rendimiento propio de estos receptores.



## 7.2. Ventajas de un elevado factor de potencia.

Las ventajas de un buen factor de potencia se pueden resumir en las siguientes:

- Reducción en el recibo de la electricidad.
- Optimización de las instalaciones eléctricas. Entre estas se pueden describir:
  - Disminución de la caída de tensión en las líneas.
  - Reducción del dimensionamiento de las líneas.
  - Disminución de las pérdidas por calentamiento en línea.

La resistencia de los conductores siempre provoca pérdidas de potencia.

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

- Aumento de la potencia disponible en el transformador de alimentación.

Mientras el factor de potencia crece, la potencia aparente  $S$  para una misma potencia activa  $P$  disminuye; es decir, se utiliza tanto mejor un transformador conforme el factor de potencia de la carga más se aproxima a la unidad.

- Facilita el suministro de la tensión nominal a los receptores.
- Reporta una disminución de costes de la factura de energía eléctrica al realizar una bonificación la compañía suministradora para valores de:  $0,95 < \cos\phi < 1$ .

## 7.3. Métodos para mejorar el factor de potencia.

### Procedimientos directos

Actúan directamente sobre la causa misma del bajo factor de potencia, es decir, procurar en lo posible disminuir el consumo innecesario de energía reactiva actuando sobre las cargas de la instalación, siendo las más importantes:

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



### Procedimientos indirectos

Consisten en compensar el consumo de energía reactiva mediante elementos productores de energía capacitiva, compensando parcial o totalmente la energía inductiva consumida por los elementos receptores. Para este tipo de procedimientos se utilizan compensadores que se dividen en:

- Compensadores giratorios, también llamados compensadores síncronos. Son motores síncronos trabajando sobreexcitados, los cuales proporcionan energía capacitiva.
- Compensadores estáticos o condensadores, pueden ser individualmente o en baterías de condensadores conectados adecuadamente.

### Elección del método de compensación

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

## 7.4. Clasificación y elección de la compensación.

### Clasificación por la situación de la compensación

#### Situación en cabecera:

Si los condensadores están situados en cabecera de la instalación, se conseguirá la reducción del consumo de energía reactiva y por tanto se evitarán las penalizaciones económicas por un consumo excesivo de dicha energía.

También se conseguirá ajustar la potencia aparente “S”, a lo que se necesite en la instalación. Pero, la corriente reactiva estará presente en toda la instalación, ya que la compensación está en la cabecera, con lo cual no se conseguirá disminuir las pérdidas por efecto Joule.

#### Situación en cada receptor inductivo:

Si se sitúan los condensadores en los bornes de cada uno de los receptores de tipo inductivo, se consigue, además de evitar las penalizaciones por consumo de energía reactiva y ajustar “S” a la necesidad real, reducir las pérdidas por efecto Joule de los cables, ya que la corriente reactiva se abastece en el mismo lugar de su consumo y por tanto no circula en los cables de la instalación.



### Situación en una zona intermedia:

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

### Elección de la situación para la compensación

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

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

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

### Clasificación por tipo de condensador

#### Compensación fija:

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

#### Compensación automática (variable):

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

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

### Elección del tipo de compensación

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

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



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

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

#### Características técnicas del equipo de compensación automática

El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 30 kVAr M30040 de Legrand 400V, que se colocará en el lado del Cuadro General de BT.

## 8. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

### 8.1. Introducción.

La alimentación de todos los circuitos de la instalación se realizará a partir del centro de transformación propiedad de la empresa, ubicado en un local de uso exclusivo y de fácil acceso. En él se encuentran los elementos de unión entre la red de distribución y el transformador de potencia.

Al centro de transformación llegará la línea de alta tensión a 13,2 kV aérea, y en él se dispondrán los elementos necesarios y exigidos por la reglamentación vigente.

Las necesidades de la instalación serán cubiertas mediante un transformador de 400kVA.

#### Reglamentación y disposiciones oficiales:

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

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



- Normas particulares de Iberdrola.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

## **8.2. Características generales del centro de transformación.**

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

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

El centro de transformación será prefabricado de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-3, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según la norma UNE-20.099-90 de la marca ORMAZABAL. Se encuentra situado en la parte sur de la nave.

## **8.3. Características de las celdas.**

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

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

## **8.4. Descripción de la instalación.**

Obra civil

### Local:

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

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-3.

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la Compañía



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

#### Características constructivas:

Se trata de una constitución prefabricada de hormigón modelo PFU-3 de ORMAZABAL, cuyas características más destacadas serán:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



- Envolvente:

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

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

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

- Suelos:

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

Cuba de recogida de aceite:

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

Puertas y rejillas de ventilación:

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

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

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



Las dimensiones del centro de transformación quedan reflejadas a continuación:

- Longitud (mm): 3280
- Altura (mm): 3045
- Fondo (mm): 2380
- Peso (kg): 10545

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

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

### 8.5. Instalación eléctrica.

#### Características de la red de alimentación

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

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

#### Características de la aparamenta de media tensión

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

##### Celdas CGM:

El sistema CGM está formado por un conjunto de celdas modulares de media tensión, con aislamiento y corte de hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos patentados por ORMAZABAL y denominados “conjuntos de unión”, consiguiendo una unión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas.

Las partes que componen estas celdas son:

- Base y frente:

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

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos de los



accionamientos del mando y, en la parte inferior, se encuentran las tomas para las lámparas de señalización de tensión y el panel de acceso de los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

- Cuba:

La cuba fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles. El gas SF<sub>6</sub> se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bares. El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

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

- Interruptor – Seccionador – Seccionador de puesta a tierra:

El interruptor disponible en el sistema CHM tiene las tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra (salvo para el interruptor de la celda CMIP). La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

- Mando:

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

- Fusibles (Celda CMP-F):

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

- Conexión de cables:

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



- Enclavamientos:

Los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGM pretenden que:

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

Características descriptivas de las celdas y transformadores de media tensión

**CGM-CML Interruptor – seccionador:**

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

La celda CML de interruptor seccionador, o celda de línea, está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF<sub>6</sub>, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornes enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detención de tensión en los cables de acometida.

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

Otras características constructivas son:

- Capacidad de ruptura 400A
- Intensidad de cortocircuito 16 kA/20kA
- Capacidad de cierre 40 kA

**Celda de protección con fusibles:**

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

La celda CMP-F de protección con fusibles está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF<sub>6</sub>, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior –



frontal mediante bornes enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

Otras características constructivas son:

- Capacidad de ruptura 400A.
- Intensidad de cortocircuito 16 kA/20kA.
- Capacidad de cierre 40 kA.
- Fusibles 3 x 63 A.

### **Celda de medida:**

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

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

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

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

La celda de medida contiene:

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

### **Transformador:**

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

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



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

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

- Potencia: 400 KVA
- Tensión primaria: 13200 – 20000 V
- Refrigeración: natural.
- Aislamiento: aceite mineral.
- Cuba de aletas: Llenado integral.

#### Equipo base:

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

#### Características eléctricas del transformador:

Potencia en (KVA)	<b>100</b>
Tensión primaria (kV)	<b>13,2 /20</b>
Tensión secundaria en vacío (V)	<b>420</b>
Grupo de conexión	<b>Yzn11/Dyn 11</b>
Pérdidas en vacío (W)	<b>210</b>
Pérdidas en carga (W)	<b>1475</b>
Tensión de cortocircuito (%)	<b>4</b>
Caída de tensión a plena carga (%)	<b>2,05</b>
Rendimiento (%)	<b>98</b>

#### Dimensiones del transformador:

Potencia (kVA)	<b>100</b>
Largo (mm)	<b>1006</b>
Ancho (mm)	<b>796</b>
Alto (mm)	<b>911</b>

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



## 8.6. Cuadro general de baja tensión.

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

## 8.7. Instalación de puesta a tierra.

### Introducción

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

#### Investigación de las características del suelo

Según la investigación previa del terreno (Método Wenner) donde se instalará este centro de transformación, se determina una resistividad media de  $50 \Omega\text{m}$  (Terreno cultivable fértil, terraplén compacto y húmedo).

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

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

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

En este caso el neutro irá conectado rígidamente a tierra.

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

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



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

#### Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra

##### **Tierra de protección:**

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

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de picas en rectángulo de 4 x 6m cuyo código de identificación es 50-30/5/46 dentro del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

##### **Tierra de servicio:**

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

#### **8.8. Instancias.**

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

#### **8.9. Aparatos de media tensión.**

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

#### **8.10. Aislamiento.**

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



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

### **8.11. Instalaciones secundarias en el centro de transformación.**

#### Alumbrado:

En el interior del centro de transformación se instalará luminaria adosada Philips Mazda TCS 160 2xTL-D36 W HFP DP, estas luminarias vienen con sus lámparas fluorescentes Philips MASTER TL-D 36W/840, albergando 2 fluorescentes de 36 W.

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

Aparatos autónomos de emergencia Legrand; Ref: 6615 21; TL8W de 100 lm.

Se instalará también un punto de luz de alumbrado de emergencia, formado por un aparato autónomo de emergencia Legrand; Ref: 6615 21; TL8W de 100 lm, el cual señalará el acceso peatonal al centro de transformación.

#### Ventilación:

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural por convención mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto. Se dispondrá de una rejilla lateral inferior para entrada de aire de 1,5 m<sup>2</sup>, y otra rejilla situada en la parte superior de superficie total 2 m<sup>2</sup> para la salida del aire.

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

#### Elementos y medidas de seguridad:

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

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



## 9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN.

ORDEN	DESCRIPCION	PRECIO (€)
Capítulo I	Centro de transformación.	27034,74
Capítulo II	Instalación Eléctrica.	45682,30
	<b>Presupuesto de ejecución material:</b>	<b>72717,04</b>
	Gastos generales (5%).	3635,85
	Beneficio industrial (10%).	7271,70
	<b>Presupuesto de ejecución por contrata sin I.V.A:</b>	<b>83624,60</b>
	I.V.A (18%).	15052,43
	<b>Presupuesto de ejecución por contrata con I.V.A:</b>	<b>98677,02</b>
	Redacción del proyecto (4%).	3344,98
	Dirección del proyecto (4%).	3344,98
	I.V.A. Honorarios (18%).	1204,19
	<b>PRESUPUESTO TOTAL:</b>	<b>106571,19</b>

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

**“CIENTO SEIS MIL QUINIENTOS SETENTA Y UNO CON DIECINUEVE EUROS”**

## 10. ESTUDIO DE LA AMORTIZACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para realizar el estudio de amortización del centro de transformación construido en la parcela que abarca la nave industrial de la cual hemos realizado el proyecto, debo observar antes de nada las tarifas de acceso en baja tensión y en media tensión.

Para ello, debo conocer la potencia que quiero contratar, en nuestro caso su valor es de 68613,2W.



Tarifa de acceso baja tensión (con potencia contratada mayor de 10kW)

Tipo de tarifa	Término de potencia (€/kW año)	Término de energía (€/kWhora)
<b>2.1.A</b>	<b>31,773045</b>	<b>0,056357</b>

Tarifa de acceso media tensión (con potencia contratada mayor de 10kW)

Tipo de tarifa	Término de potencia (€/kW año)	Término de energía (€/kWhora)
<b>3.1.A</b>	<b>23,541922</b>	<b>0,039922</b>

Una vez haya obtenido las tarifas de acceso en baja y media tensión comenzare con el estudio de amortización, detallando cada paso.

- Cálculos en baja tensión:

$$\text{Coste horario} = t_E \times P_C = 0,056357 \times 68,6132 = 3,8668 \text{ €/hora}$$

Al día la nave industrial está funcionando 8 horas.

$$\text{Coste diario} = \text{€/hora} \times 8 \text{ horas} = 3,8668 \times 8 = 30,93 \text{ €/día}$$

- Cálculos en media tensión:

$$\text{Coste horario} = t_E \times P_C = 0,039922 \times 68,6132 = 2,7391 \text{ €/hora}$$

Al día la nave industrial está funcionando 8 horas.

$$\text{Coste diario} = \text{€/hora} \times 8 \text{ horas} = 2,7391 \times 8 = 21,91 \text{ €/día}$$

- El ahorro diario al suministrar la nave en media tensión:

$$\text{Ahorro diario} = (C. \text{ diario})_{B.T.} - (C. \text{ diario})_{M.T.} = 30,93 - 21,91 = \mathbf{9,02 \text{ €/día}}$$

Esta es la cantidad que me ahorro cada día al suministrar la nave en media tensión que si lo instalase en baja tensión.



- Periodo de amortización del centro de transformación:

El precio del centro de transformación es de 27034,74€.

$$\frac{\text{Precio C. T.}}{\text{Ahorro diario}} = \frac{27034,74}{9,02} = 2996,66 \text{ días}$$

$$\frac{\text{Días para amortizar el C. T.}}{\text{Días laborales}} = \frac{2996,66}{22} = 136,21 \text{ meses}$$

$$\frac{\text{Meses para amortizar el C. T.}}{\text{Meses de un año}} = \frac{136,21}{12} = \mathbf{11,35 \text{ años}}$$

**El centro de transformación lo amortizaríamos en 11 años y medio.**

## **11. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

El anexo referido al estudio básico de seguridad y salud, no aparecerá en el proyecto de la nave industrial debido a que será redactado por el equipo especializado en este apartado del proyecto. Normalmente suele ser el propio arquitecto.



## 12. BIBLIOGRAFIA.

### Reglamentos y normativas utilizados

Para la realización del presente proyecto, la bibliografía consultada ha sido:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002).
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía (Real Decreto 3275/82, de 12 de noviembre de 1982).
- Reglamento sobre acometidas eléctricas. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “IBERDROLA distribución eléctrica S.A.U.”
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría. UNESA. Febrero 1989.

### Catálogos consultados

Se han consultado los siguientes catálogos:

- Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos LEGRAND.
- Luminarias y lámparas Philips.
- Lámparas de emergencia LEGRAND.
- Catálogo de NIESSEN.
- Catálogo de protecciones MERLIN GERIN.
- Catálogo de armarios y cofrets MERLIN GERIN.
- Catálogo de GENERAL CABLE.



- Catálogo de ORMAZABAL.
- Catálogo de rejillas de TABALSA.

#### Páginas web consultadas

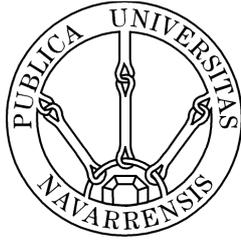
En este apartado se adjuntan las direcciones web de las empresas cuyos elementos han sido utilizados en el presente proyecto:

Las páginas web son las siguientes:

- GENERAL CABLE. ([http://www.general\\_cable.es](http://www.general_cable.es)).
- ORMAZABAL. (<http://www.ormazabal.com>).
- PHILIPS. (<http://www.philips.com>).
- LEGRAND. (<http://www.legrand.es>).
- TABALSA (<http://www.tabalsa.com>).
- NIESSEN (<http://www.abb.es>).
- MERLIN GERIN (<http://www.schneider-electric.com>).

**Pamplona, Octubre 2011**

**Borja Pérez Zoraquiain**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 2:

CÁLCULOS

Alumno: Borja Pérez Zoraquiain

Tutor: Félix Arróniz Fdez. de Gaceo

Pamplona, 6 de Octubre de 2011



<b>INDICE:</b>	<b>CÁLCULOS ELÉCTRICOS</b>	<b>PÁGINAS</b>
	1. Datos Iniciales.	<b>3</b>
	2. Cálculo de la instalación del alumbrado.	<b>3-17</b>
	2.1. Pasos para el cálculo.	<b>3</b>
	2.2. Nivel de iluminación.	<b>4</b>
	2.3. Cálculo lumínico.	<b>6-18</b>
	- Datos de partida.	<b>6</b>
	- Fórmulas para el cálculo de flujo luminoso y el número de luminarias.	<b>8</b>
	- Cálculo de iluminación interior.	<b>8</b>
	- Cálculo de iluminación exterior.	<b>15</b>
	- Cálculo de iluminación de emergencia.	<b>17</b>
	3. Cálculos eléctricos de la instalación.	<b>19-68</b>
	3.1. Ordenación de los cuadros de baja tensión.	<b>19</b>
	3.2. Potencia de la instalación.	<b>21</b>
	3.3. Elección del transformador.	<b>23</b>
	3.4. Cálculo de las secciones.	<b>24</b>
	3.5. Cálculo de las protecciones.	<b>33</b>
	3.6. Cálculo de condensadores para la corrección del factor de potencia.	<b>47-51</b>
	- Batería de condensadores para la instalación.	<b>47</b>
	- Cálculo del conductor de unión de la batería de condensadores.	<b>49</b>
	- Cálculo de la protección de la batería de condensadores.	<b>51</b>
	3.7. Cálculo de la instalación de puesta a tierra.	<b>51-53</b>
	- Resistencia del electrodo.	<b>51</b>
	- Características del electrodo.	<b>52</b>
	3.8. Cálculo del centro de transformación.	<b>53-53</b>
	- Datos del transformador.	<b>53</b>
	- Intensidad de alta tensión.	<b>53</b>
	- Intensidad de baja tensión.	<b>54</b>
	- Cortocircuitos.	<b>54-5</b>
	<i>Corrientes de cortocircuito del lado de alta tensión.</i>	<b>54</b>
	<i>Corrientes de cortocircuito del lado de baja tensión.</i>	<b>55</b>
	- Dimensionamiento del embarrado.	<b>55-58</b>
	<i>Celdas.</i>	<b>55</b>
	<i>Comprobación por densidad de corriente.</i>	<b>56</b>
	<i>Comprobación por solicitud electrodinámica.</i>	<b>56</b>
	<i>Comprobación por solicitud térmica a cortocircuito.</i>	<b>58</b>
	- Protecciones de alta y baja tensión.	<b>58</b>
	<i>Alta tensión.</i>	<b>58</b>
	<i>Baja tensión.</i>	<b>58</b>
	- Dimensión de la ventilación del centro de transformación.	<b>59</b>
	- Dimensión del pozo apagafuegos.	<b>60</b>
	- Cálculo de la puesta a tierra.	<b>60-69</b>



	<i>Terreno.</i>	<b>60</b>
	<i>Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación de defecto para esas corrientes.</i>	<b>60</b>
	<i>Diseño de la instalación de tierra.</i>	<b>61</b>
	<i>Cálculo de la resistencia de la instalación de tierra.</i>	<b>64</b>
	<i>Cálculo de las tensiones exteriores de la instalación.</i>	<b>66</b>
	<i>Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.</i>	<b>67</b>
	<i>Cálculo de las tensiones máximas aplicadas.</i>	<b>68</b>
	<i>Investigación de tensiones transferibles al exterior.</i>	<b>69</b>
	<i>Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.</i>	<b>69</b>



## 1. DATOS INICIALES.

La empresa pretende implantar una nave industrial por necesidad de un mayor espacio para el desarrollo de su actividad por el cual se desarrolla este proyecto. La empresa se va a situar en el municipio de Arteta (Navarra). Situación y dimensiones de la nave que se va a construir.

Se nos ha encargado la ejecución del dimensionado del conjunto de instalaciones según los datos de la producción y los distintos equipos que necesitan para ella.

### Cálculos eléctricos:

Para la determinación de la instalación eléctrica a implantar, se parte de las demandas de potencia que una actividad de este tipo precisa. A partir del análisis de los receptores eléctricos que conformarán la instalación, se precisa la potencia necesaria para cada receptor, a partir de la cual se calcularán, intensidades y caídas de tensión con lo que poder comprobar si, las secciones y el calibre de las protecciones, se ajustan a las especificaciones del reglamento. A partir del análisis de la potencia global de la instalación, así como la potencia parcial de cada grupo de receptores en cada cuadro eléctrico, se podrá dimensionar las necesidades en cuanto a compensación de energía reactiva. Con la potencia total a instalar estudiaremos las tarifas a contratar más económicas para la propiedad y también realizaremos un estudio para ver si nos sale rentable construir un centro de transformación para empresa o contratarle a la empresa suministradora la energía eléctrica en Baja tensión.

También realizaremos el cálculo lumínico de las zonas más importantes, y así poder disminuir al máximo el consumo eléctrico y obtener espacios con una iluminación adecuada al trabajo y que no comporten riesgos de accidente.

En primer lugar a la hora de calcular los diversos aspectos de la instalación lo que haremos será en primer lugar definir las fórmulas que utilizaremos, así como las variables y después calcularemos un ejemplo y el resto irá de forma resumida en tablas.

## 2. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO.

### 2.1. Pasos para el cálculo.

El proceso de cálculo del sistema de iluminación seguirá los siguientes pasos:

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

Se adopta como plano de trabajo, una superficie situada a 0.85 metros del suelo en las



zonas de trabajo en mesa, y de 0.5 en las zonas de trabajo con maquinaria.

## 2.2. Nivel de iluminación.

La iluminación de los lugares de trabajo permitirá a los empleados que tengan una visibilidad adecuada para poder desarrollar las actividades sin riesgo para su seguridad y salud.

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

### Anexo IV. Iluminación de los lugares de trabajo.

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

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1) Bajas exigencias visuales	100
2) Exigencias visuales moderadas	200
3) Exigencias visuales altas	500
4) Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

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



el de las vías de circulación a nivel del suelo.

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- a. En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- b. En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

No obstante lo señalado en los párrafos anteriores, estos límites no serán aplicables en aquellas actividades cuya naturaleza lo impida.

4. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:

- a. La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
- b. Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
- c. Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.
- d. Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
- e. No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.

5. Los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.

6. Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión, cumpliendo, a tal efecto, lo dispuesto en la normativa específica vigente.

### 2.3. Cálculo lumínico.

Lo primero que vamos a realizar es la explicación de cómo se realiza el cálculo por el método de los lúmenes, y a continuación realizaremos un ejemplo y los cálculos para cada una de las zonas de nuestra nave industrial. El primer ejemplo lo desarrollamos paso a paso, y los siguientes, expondremos los resultados obtenidos de la elaboración de una tabla Excel introduciéndole los datos.

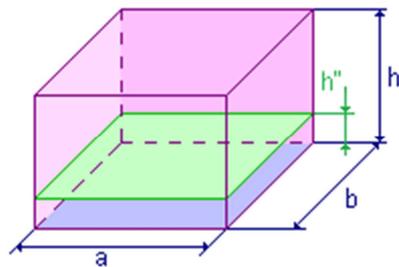
- Datos de partida:

Al utilizar este método de cálculo, los resultados obtenidos no son del todo exactos, sino aproximaciones. En los planos se observa mejor la distribución.

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

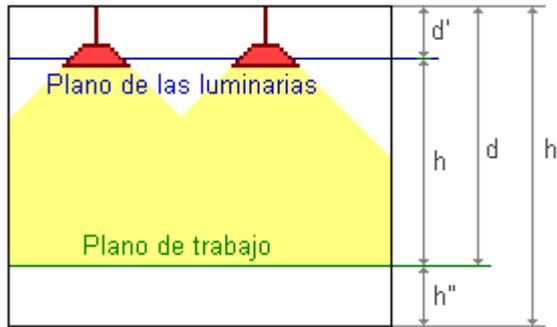
- Debemos conocer las dimensiones del local y del plano de trabajo.

El plano de trabajo depende de la actividad que realicemos, tal y como se ha visto en un apartado anterior.



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

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



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

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

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

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

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (γ)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.15	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.54	.56	.52	.59	.56	.52	.59	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.66	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

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

- Fórmulas para el cálculo del flujo luminoso y el número de luminarias necesarias:

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

$\Phi_T$  = Flujo luminoso total.

$E$  = Iluminancia media deseada.

$S$  = Superficie del plano de trabajo.

$\eta$  = Factor de utilización.

$f_m$  = Factor de mantenimiento.

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

$N$  = Número de luminarias.

$\Phi_L$  = Flujo luminoso de cada lámpara.

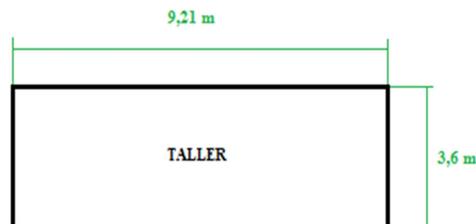
$n$  = Número de lámpara por luminaria.

- Cálculo de iluminación interior de la nave:

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

Primero realizare paso por paso todo el procedimiento a utilizar para el cálculo de las luminarias de uno de los locales de la nave industrial y el resto lo expondré en una tabla detallada:

### PLANTA BAJA:



Datos:

$a = 9,21$  m.    $b = 3,6$  m.    $h'' = 0,85$  m.    $h' = 3,0$  m.

$a' = 0,0$  m.    $b' = 0,0$  m    $h = 1,72$  m.



$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} + \frac{a' \times b'}{h \times (a' + b')}$$

$$k = \frac{9,21 \times 3,6}{1,72 \times (9,21 + 3,6)} = 1,50$$

Utilizaremos el factor  $k=1,5$ , ya que la diferencia para el cálculo la consideramos despreciable y nos facilita el mirar en la tabla para obtener el factor de utilización:

$$\eta = 0.33$$

A continuación, decido la iluminación media deseada en ese lugar de la nave:

$$E = 350 \text{ lux}$$

La superficie del plano de trabajo será el siguiente:

$$S = (a * b) + (a' * b')$$

$$S = 9,21 * 3,6 = 33,14 \text{ m}^2$$

Obtenemos el flujo luminoso total:

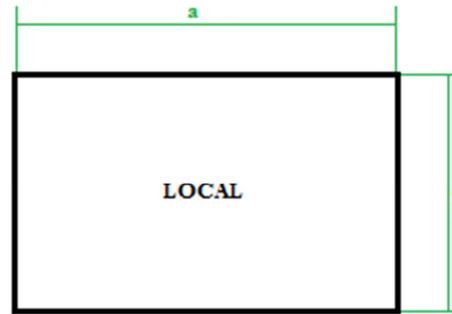
$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{350 \times 33,14}{0,33 \times 0.8} = 43939,84$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

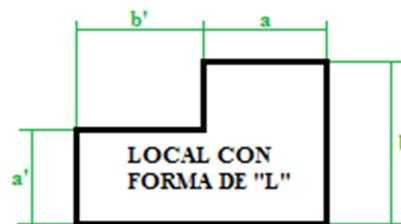
$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{43939,84}{2 \times 3350} = 6,56$$

Utilizaremos **6 luminarias**.

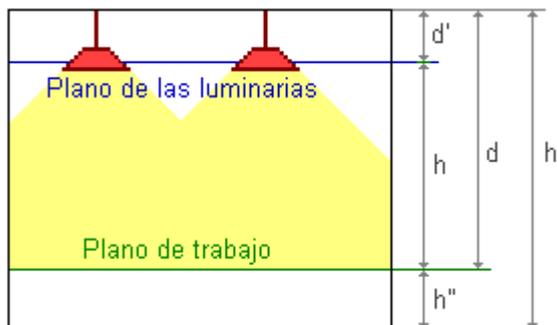
A continuación expongo la tabla con cada uno de los elementos necesarios para obtener el número de luminarias necesarias para cada uno de los locales de la Planta Baja de la Nave. Antes de nada, realizo un pequeño índice con cada uno de los elementos que constituyen la tabla.



-Local con forma normal-



-Local con forma de "L"-



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

Datos:

$h$  → Altura entre el plano de trabajo y las luminarias (m).

$h'$  → Altura del local (m).

$h''$  → Altura del plano de trabajo (m).

$E$  → Iluminancia media deseada (lux).

$S$  → Superficie del plano de trabajo ( $m^2$ ).

$\eta$  → Factor de utilización.

$f_m$  → Factor de mantenimiento.

$\Phi_T$  → Flujo luminoso total (lm).

$\Phi_L$  → Flujo luminoso de cada lámpara (lm).

- n** →Número de lámpara por luminaria.  
**N** →Número de luminarias.  
**N'** →Número de luminarias que se colocan.  
**P<sub>L</sub>** →Potencia de cada lámpara (w).  
**P<sub>T</sub>** →Potencia de total de todas las luminarias (w).

Los tipos de luminarias que voy a utilizar en la planta baja y en la planta primera de la nave industrial son las siguientes:

- **Lámpara Fluorescente; marca Philips: MASTER TL-D.**  
**Carcasa: 4IS090 2x36W.**  
**Difusor: O.**  
**Nº de lámparas: 2xTL-D 36W.**



- **Lámpara Fluorescente; marca Philips: MASTER TL-D.**  
**Carcasa: 4IS090 1x58W.**  
**Difusor: O.**  
**Nº de lámparas: 1xTL-D 58W.**



- **Lámpara de descarga; marca Philips: SON.**  
**Carcasa: HPK150.**  
**Difusor: P-NB+GP150R.**  
**Nº de lámparas: 1Xson250W.**



- **Lámpara de descarga; marca Philips: SON.**  
**Carcasa: HPK150.**  
**Difusor: P-NB+GP150R.**  
**Nº de lámparas: 1Xson150W.**



- **Down light 2x18W con portalámparas G24-d3.**





	a	b	a'	b'	h	h`	h``	k	k final	E	S	η	f <sub>m</sub>	Φ <sub>T</sub>	Φ <sub>L</sub>	n	N	N'	P <sub>L</sub>	P <sub>T</sub>	Tipo lámpara
TALLER	9,2	3,6	0,0	0,0	1,7	3,0	0,9	1,5	1,5	350	33	0,3	0,8	43940	3350	2	6,6	6	36	216	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
HIGIENE	5,5	6,0	0,0	0,0	1,7	3,0	0,9	1,7	1,7	400	33	0,3	0,8	50499	3350	2	7,5	8	36	288	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
SALA CALDERAS	2,5	3,6	0,0	0,0	1,7	3,0	0,9	0,9	1,0	200	9	0,2	0,8	10220	3350	2	1,2	1	36	72	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
SALA GAS	2,5	1,5	0,0	0,0	1,7	3,0	0,9	0,6	1,0	200	4	0,2	0,8	4287	3350	2	0,6	1	36	36	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
DEPÓSITOS	3,6	4,2	2,5	2,6	1,7	3,0	0,9	1,9	1,9	400	22	0,4	0,8	27079	3350	2	4,0	4	36	144	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
VESTUARIOS	4,8	2,6	0,0	0,0	1,7	3,0	0,9	1,0	1,0	400	13	0,2	0,8	28423	3350	2	4,2	4	36	144	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
PERSONAL	4,8	2,6	1,8	1,4	1,7	3,0	0,9	1,4	1,4	500	15	0,3	0,8	28855	3350	2	4,3	4	36	144	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
PASILLO Nº1	4,7	2,8	1,2	1,6	1,7	3,0	0,9	1,4	1,4	300	15	0,3	0,8	17160	3350	2	2,6	3	36	108	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
PASILLO Nº2	1,5	1,9	0,0	0,0	1,7	3,0	0,9	0,5	1,0	300	3	0,2	0,8	4985	3350	2	0,7	1	36	36	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
CONTROL ALMACEN	2,9	1,8	0,0	0,0	1,7	3,0	0,9	0,6	1,0	300	5	0,2	0,8	8852	3350	2	1,3	1	36	36	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
NAVE	35,9	23,9	10,3	3,9	8,1	11,0	0,9	2,1	2,1	250	896	0,4	0,8	699957	27000	1	25	25	250	6250	Lámp. Descarga; Philips: SON HPK 150 / 1 x SON-250W.
LABORATORIO	5,8	7,9	0,0	0,0	1,7	3,0	0,9	1,9	1,9	300	46	0,4	0,8	43142	3350	2	6,3	6	36	216	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
RECEPCIÓN	4,4	8,7	0,0	0,0	1,7	3,0	0,9	1,7	1,7	250	38	0,4	0,8	29675	5200	1	5,7	6	58	348	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 1 x TL-D58W.
ACCESO NAVE	1,7	8,0	0,0	0,0	1,7	3,0	0,9	0,8	1,0	250	14	0,2	0,8	19220	5200	1	3,7	4	58	232	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 1 x TL-D58W.
PATIO CAPTACION	5,9	5,5	0,0	0,0	1,7	3,0	0,9	1,7	1,7	400	33	0,3	0,8	49329	13000	1	3,8	4	150	600	Lámp. Descarga; Philips: SON HPK 150 / 1 x SON-150W.
ESCALERAS	4,1	2,4	0,0	0,0	1,7	3,0	0,9	0,9	1,0	100	10	0,3	0,8	3745	1350	2	1,4	1	18	18	Down light 2x18W con portalámparas G24-d3.
C.TRANSFORMACIÓN	6,08	2,38	0,0	0,0	1,7	3,0	0,9	1,0	1,0	100	14	0,2	0,8	8222	3350	2	1,2	1	36	36	Lámp. Fluor.Philips: MASTER TL-D / 2x 36W.



## PLANTA PRIMERA:

Ahora expongo la tabla con cada uno de los elementos necesarios para obtener el número de luminarias para cada uno de los locales de la planta primera de la nave industrial.

	a	b	a'	b'	h	h'	h''	k	K final	E	S	$\eta$	$f_m$	$\Phi_T$	$\Phi_L$	n	N	N'	P <sub>L</sub>	P <sub>T</sub>	Tipo lámpara
<b>SOBREPISO</b>	12,1	13,5	0,0	0,0	1,7	3	0,85	3,7	3,7	150	164	0,56	0,8	54927,57	3350	2	8,20	9	36	324	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 2 x TL-D36W.
<b>OFICINAS</b>	5,9	9,4	0,0	0,0	1,7	3	0,85	2,1	2,1	400	55	0,40	0,8	69540,37	5200	1	13,37	13	58	754	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 1 x TL-D58W.
<b>SALA REUNIÓN</b>	5,9	6,1	0,0	0,0	2,1	3	0,85	1,4	1,4	350	36	0,33	0,8	48268,29	5200	1	9,28	9	58	522	Lámp. Fluorescente; Philips: MASTER TL-D / 1 x TL-D58W.

### Datos:

**h** → Altura entre el plano de trabajo y las luminarias (m).

**h'** → Altura del local (m).

**h''** → Altura del plano de trabajo (m).

**E** → Iluminancia media deseada (lux).

**S** → Superficie del plano de trabajo (m<sup>2</sup>).

**$\eta$**  → Factor de utilización.

**$f_m$**  → Factor de mantenimiento.

**$\Phi_T$**  → Flujo luminoso total (lm).

**$\Phi_L$**  → Flujo luminoso de cada lámpara (lm).

**n** → Número de lámpara por luminaria.

**N** → Número de luminarias.

**N'** → Número de luminarias que se colocan.

**P<sub>L</sub>** → Potencia de cada lámpara (w).

**P<sub>T</sub>** → Potencia de total de todas las luminarias (w).

- Cálculo de la iluminación exterior de la nave:

	a	b	h	$\Lambda$ (rad)	$\Lambda$ (gra)	E	k	$\eta$	$f_m$	$\Phi_L$	$\Phi_T$	N	N'
AREA DE CARGA	20,2	10,4	8,0	0,8	43,3	200	0,6	0,2	0,8	56500	237579,5	4,2	4

Datos:

**h** → Altura entre el plano de trabajo y las luminarias (m).

**$\Lambda$  (rad)** → Ángulo de inclinación en radianes.

**$\Lambda$  (gra)** → Ángulo de inclinación en grados.

**E** → Iluminancia media deseada (lux).

**$\eta$**  → Factor de utilización.

**$f_m$**  → Factor de mantenimiento.

**$\Phi_L$**  → Flujo luminoso de cada lámpara (lm).

**$\Phi_T$**  → Flujo luminoso total (lm).

**N** → Número de luminarias.

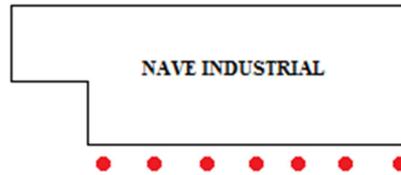
**N'** → Número de luminarias que se colocan.

El tipo de luminaria que voy a utilizar en el exterior de la nave industrial es del siguiente tipo:

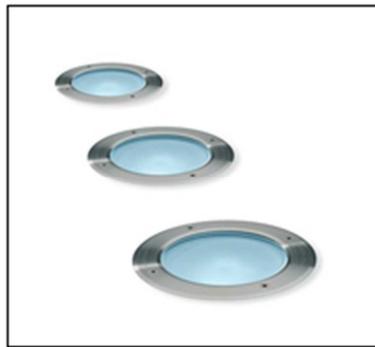
- **Proyector; marca Philips: MASTER HPI-T Plus.**  
**Carcasa: HPI-T.**  
**Difusor: /E40.**  
**Nº de lámparas: 1x HPI-T Plus400W.**



El siguiente tipo de lámpara corresponde a 7 pequeños proyectores decorativos que se han colocado en la fachada sur de la nave industrial.  
No hemos realizado estudio alguno de cuantas luminarias eran necesarias debido a que es decorativo.



- **Balizas; marca Philips: MASTER Colour CDM-T.**  
**Carcasa: CDM-T.**  
**Difusor: /G12.**  
**Nº de lámparas: 1x CDM.T150W.**



- Locales sin estudio de iluminación:

Aseos: En estas zonas lo que haremos es colocar unas luminarias tipo **Down light** **2x18W** con portalámparas **G24-d3**.



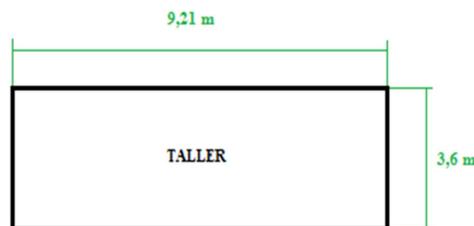
- Cálculo del alumbrado de emergencia de la nave:

El cálculo del alumbrado de emergencia se realiza para obtener una iluminación media de  $5 \text{ lux/m}^2$  en toda la nave, de manera que en caso de que el alumbrado general falle se mantenga un nivel de iluminación que permita evacuar la nave por las rutas marcadas. La colocación del alumbrado de emergencia y señalización se situarán a una altura de 2,30 m respecto del suelo, justo encima de los marcos de las puertas, excepto en el caso de usar proyectores de gran potencia. Estos se utilizarán en el taller y en los almacenes, y se colocarán a una altura de 3m.

Para el alumbrado de emergencia de las escaleras los cálculos indican que valdría con poner 1 luminaria, pero se pondrán 2 para en caso de emergencia asegurarse que cumplen su función correctamente.

Ahora realizo un ejemplo de cómo he calculado el número necesario de aparatos de alumbrado de emergencia en cada local de la nave, y después realizare una tabla.

**PLANTA BAJA:**



**Área del local:**  $33 \text{ m}^2$

**Proporción:** 5 lúmenes /  $\text{m}^2$

**Flujo necesario:** 166 lm

**Tipo de lámpara:** Proyector de emergencia y señalización; marca LEGRAND; referencia: 6615 23; TL8W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 250 lm.

Utilizaremos **1 proyector.**



	a	b	a'	b'	S	p	$\Phi_N$	$\Phi_L$	N'	Tipo de aparato de emergencia
TALLER	9,2	3,6	0,0	0,0	33,1	5,0	166	250	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W
HIGIENE	5,5	6,0	0,0	0,0	33,3	5,0	167	250	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W
SALA CALDERAS	2,5	3,6	0,0	0,0	9,0	5,0	45	100	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W
SALA GAS	2,5	1,5	0,0	0,0	3,8	5,0	19	100	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W
DEPÓSITOS	3,6	4,2	2,5	2,6	21,7	5,0	108	250	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W
VESTUARIOS	4,8	2,6	0,0	0,0	12,5	5,0	63	100	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W
PERSONAL	4,8	2,6	1,8	1,4	15,2	5,0	76	100	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W
PASILLO Nº1	4,7	2,8	1,2	1,6	15,1	5,0	76	100	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W
PASILLO Nº2	1,5	1,9	0,0	0,0	2,9	5,0	15	100	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W
CONTROL ALMACEN	2,9	1,8	0,0	0,0	5,2	5,0	26	100	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W
NAVE	35,9	23,9	10,3	3,9	895,9	5,0	4480	800	6,00	B66; No Permanentes(ref:6615 27) PL24W
LABORATORIO	5,8	7,9	0,0	0,0	46,0	5,0	230	250	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W
RECEPCIÓN	4,4	8,7	0,0	0,0	38,0	5,0	190	250	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W
ACCESO NAVE	1,7	8,0	0,0	0,0	13,5	5,0	68	100	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W
PATIO CAPTACION	5,9	5,5	0,0	0,0	32,6	5,0	163	250	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W
ESCALERAS	4,1	2,4	0,0	0,0	9,9	5,0	49	100	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W
C.TRANSFORMACIÓN	6,08	2,38	0,0	0,0	14,5	5,0	72	100	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 21) TL8W

Datos:

S → Superficie del plano de trabajo ( $m^2$ ).

p → Proporción ( $lm/m^2$ ).

$\Phi_N$  → Flujo luminoso total (lm).

$\Phi_L$  → Flujo luminoso de cada lámpara (lm).

N' → Número de luminarias que se colocan.

**PLANTA PRIMERA:**

	a	b	a'	b'	S	p	$\Phi_N$	$\Phi_L$	N'	Tipo de aparato de emergencia
SOBREPISO	12,10	13,56	0,00	0,00	164,05	5,00	820,25	800,00	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 27) PL24W
OFICINAS	5,90	9,43	0,00	0,00	55,63	5,00	278,16	250,00	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W
SALA REUNIÓN	5,90	6,17	0,00	0,00	36,41	5,00	182,04	250,00	1,00	B66; No Permanentes(ref:6615 23) TL8W

Datos:

S → Superficie del plano de trabajo ( $m^2$ ).

p → Proporción ( $lm/m^2$ ).

$\Phi_N$  → Flujo luminoso total (lm).

$\Phi_L$  → Flujo luminoso de cada lámpara (lm).

N' → Número de luminarias que se colocan.



### 3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA INSTALACIÓN.

#### 3.1. Ordenación de los cuadros de baja tensión.

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

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

- Cuadro general de protección y medida (C.G.P.M):

<b>Cuadro</b>	<b>Nº Circuito</b>	<b>Nombre Circuito</b>	<b>Utilización Circuito</b>
C.G.P.M	1	Nave 1	Alumbrado
C.G.P.M	2	Nave 2	Alumbrado
C.G.P.M	3	Nave 3	Alumbrado
C.G.P.M	4	Área de carga	Alumbrado
C.G.P.M	5	Pasarela	Alumbrado
C.G.P.M	6	Laboratorio	Alumbrado
C.G.P.M	7	Zona Común	Alumbrado
C.G.P.M	8	Patio Captación	Alumbrado
C.G.P.M	9	Planta Primera	Alumbrado
C.G.P.M	10	Emergencia 1º Planta	Alumbrado
C.G.P.M	11	C. Embotelladora	Fuerza
C.G.P.M	13	C. Grupo de presión y servicios	Alumbrado-Fuerza
C.G.P.M	14	Bomba de captación	Fuerza
C.G.P.M	15	C. Tomas de corriente	Fuerza
C.G.P.M	16	Rampa Muelle	Fuerza
C.G.P.M	17	Puerta Mecánica	Fuerza
C.G.P.M	18	Filtro Estanque	Fuerza
C.G.P.M	19	Extracción	Fuerza
C.G.P.M	20	Tomas. corr. Laboratorio	Fuerza
C.G.P.M	21	Tomas. corr. Recepción	Fuerza
C.G.P.M	22	Tomas. corr. Planta primera	Fuerza
C.G.P.M	23	Ordenador Planta Baja	Fuerza
C.G.P.M	24	Ordenador Planta Primera	Fuerza



- Cuadro de la embotelladora (C.E):

<b>Cuadro</b>	<b>Nº Circuito</b>	<b>Nombre Circuito</b>	<b>Utilización Circuito</b>
C.E	11.1	Máquina	Fuerza
C.E	11.2	Extractor	Fuerza
C.E	11.3	Resistencia	Fuerza

- Cuadro de grupo de presión y servicios (C.P.S):

<b>Cuadro</b>	<b>Nº Circuito</b>	<b>Nombre Circuito</b>	<b>Utilización Circuito</b>
C.P.S	13.1	Sobrepiso	Alumbrado
C.P.S	13.2	Servicios	Alumbrado
C.P.S	13.3	Higiene	Alumbrado
C.P.S	13.4	Taller	Alumbrado
C.P.S	13.5	Emergencia	Alumbrado
C.P.S	13.6	Grupo de presión	Fuerza
C.P.S	13.7	Compresor	Fuerza
C.P.S	13.8	Tomas.corr.Varios 1	Fuerza
C.P.S	13.9	Tomas.corr.Varios 2	Fuerza
C.P.S	13.10	Tomas.corr.Varios 3	Fuerza
C.P.S	13.11	Extracción	Fuerza
C.P.S	13.12	Lavavajillas	Fuerza

- Cuadro de tomas de corriente (C.T.:C):

<b>Cuadro</b>	<b>Nº Circuito</b>	<b>Nombre Circuito</b>	<b>Utilización Circuito</b>
C.T.C	15.1	Tomas 16A/IV	Fuerza
C.T.C	15.2	Tomas 32A/IV	Fuerza
C.T.C	15.3	Tomas 16/II	Fuerza



### 3.2. Potencia de la instalación eléctrica.

Al terminar la distribución de los distintos receptores, se realiza el cálculo de la corriente eléctrica que circulará por cada cuadro. Mediante unos coeficientes se obtiene la dimensión aproximada del transformador que necesitaremos, de las líneas y de las protecciones.

Para ello se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$I_{\text{cálculo}} = I_{\text{nominal}} \times F_c$$

$I_{\text{nominal}}$  → Corriente nominal de cada receptor.

$F_c$  → Coeficiente (1,8 para las lámparas de descarga, según la instrucción ITC-BT 44 y 1,25 para los motores según la instrucción ITC-BT 47).

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

$I_{\text{nominal}}$  → Coeficiente de utilización.

- Cuadro de grupo de presión y servicios (C.P.S):

Nombre Receptor	Nº Circuito	Tipo Circuito	P.Receptor(w)	Tensión(V)	c.d.t	Cosφ	$\sqrt{3}$	I.Nominal	Fc	I.Cálculo
Sobrepiso	13.1	Alumbrado	648	230	10,4	0,9	1,73	3,13	1,8	5,63
Servicios	13.2	Alumbrado	1368	230	10,4	0,9	1,73	6,61	1,8	11,90
Higiene	13.3	Alumbrado	576	230	10,4	0,9	1,73	2,78	1,8	5,01
Taller	13.4	Alumbrado	432	230	10,4	0,9	1,73	2,09	1,8	3,76
Emergencia	13.5	Alumbrado	88	230	10,4	1	1,73	0,38	1,8	0,69
Grupo de presión	13.6	Fuerza	4400	400	26	0,9	1,73	7,06	1,25	8,82
Compresor	13.7	Fuerza	1000	400	26	0,9	1,73	1,60	1,25	2,00
Tomas. corr. 1	13.8	Fuerza	2200	400	26	0,9	1,73	3,53	1	3,53
Tomas. corr. 2	13.9	Fuerza	2200	400	26	0,9	1,73	3,53	1	3,53
Tomas. corr. 3	13.10	Fuerza	2200	400	26	0,9	1,73	3,53	1	3,53
Extracción	13.11	Fuerza	620	230	15	1	1,73	2,70	1,25	3,37
Lavavajillas	13.12	Fuerza	7800	400	26	1	1,73	11,26	1,25	14,07
<b>TOTAL</b>			<b>23532</b>					<b>48,19</b>		<b>65,83</b>
<b>C<sub>u</sub> = 0,6</b>			<b>14119,2</b>					<b>28,914</b>		<b>39,49</b>



- Cuadro de la embotelladora (C.E):

Nombre Receptor	Nº Circuito	Tipo Circuito	P.Receptor(w)	Tensión(V)	c.d.t	$\text{Cos}\varphi$	$\sqrt{3}$	I.Nominal	Fc	I.Cálculo
Máquina	11.1	Fuerza	10500	400	26	0,9	1,73	16,84	1,25	21,05
Extractor	11.2	Fuerza	350	230	15	0,9	1,73	1,69	1,25	2,11
Resistencia	11.3	Alumbrado	9000	400	18	0,9	1,73	14,43	1,8	25,98
		<b>TOTAL</b>	<b>19850</b>					<b>32,96</b>		<b>49,14</b>
		<b><math>C_u = 0,6</math></b>	<b>11910</b>					<b>19,77</b>		<b>29,48</b>

- Cuadro de tomas de corriente (C.T.C):

Nombre Receptor	Nº Circuito	Tipo Circuito	P.Receptor(w)	Tensión(V)	c.d.t	$\text{Cos}\varphi$	$\sqrt{3}$	I.Nominal	Fc	I.Cálculo
Tomas 16 A/IV	15.1	Fuerza	3500	400	26	0,9	1,73	5,61	1	5,61
Tomas 32 A/IV	15.2	Fuerza	10500	400	26	0,9	1,73	16,84	1	16,84
Tomas 16/II	15.3	Fuerza	21000	230	15	0,9	1,73	101,45	1	101,45
		<b>TOTAL</b>	<b>35000</b>					<b>123,9</b>		<b>123,9</b>
		<b><math>C_u = 0,3</math></b>	<b>10500</b>					<b>37,17</b>		<b>37,17</b>



- Cuadro general de protección (C.G.P.M):

Nombre Receptor	Nº Circuito	Tipo Circuito	P.Receptor(w)	Tensión(V)	c.d.t	Cosφ	$\sqrt{3}$	I.Nominal	Fc	I.Cálculo
Nave 1	1	Alumbrado	2500	400	18	0,9	1,73	4,01	1,8	7,22
Nave 2	2	Alumbrado	1250	400	18	0,9	1,73	2,00	1,8	3,61
Nave 3	3	Alumbrado	2500	400	18	0,9	1,73	4,01	1,8	7,22
Área de carga	4	Alumbrado	1600	230	10,4	0,9	1,73	7,73	1,8	13,91
Pasarela	5	Alumbrado	1050	230	10,4	0,9	1,73	5,07	1,8	9,13
Laboratorio	6	Alumbrado	432	230	10,4	0,9	1,73	2,09	1,8	3,76
Zona Común	7	Alumbrado	792	230	10,4	0,9	1,73	3,83	1,8	6,89
Patio Captación	8	Alumbrado	600	230	10,4	0,9	1,73	2,90	1,8	5,22
Planta Primera	9	Alumbrado	1276	230	10,4	0,9	1,73	6,16	1,8	11,10
Emergencia 1ª Planta	10	Alumbrado	104	230	10,4	1	1,73	0,45	1,8	0,81
C. Embotelladora	11	Fuerza	11910	400	26	0,85	1,73	20,22	1,25	25,28
C.Grupo de presión y servicios	12	Alumbrado-Fuerza	14119,2	400	26	0,9	1,73	22,64	1	22,64
Bomba de captación	13	Fuerza	6624	400	26	0,9	1,73	10,62	1,25	13,28
C.Tomas de corriente	14	Fuerza	10500	400	26	0,9	1,73	16,84	1	16,84
Rampa muelle	15	Fuerza	500	400	26	0,9	1,73	0,80	1,25	1,00
Puerta Mecánica	16	Fuerza	736	400	26	0,9	1,73	1,18	1,25	1,48
Filtro estanque	17	Fuerza	500	230	15	0,9	1,73	2,42	1,25	3,02
Extracción	18	Fuerza	620	230	15	0,9	1,73	3,00	1,25	3,74
Tomas.corr.Laboratorio	19	Fuerza	2200	230	15	0,9	1,73	10,63	1	10,63
Tomas.corr.Recepción	20	Fuerza	2200	230	15	0,9	1,73	10,63	1	10,63
Tomas. corr.Planta primera	21	Fuerza	2200	230	15	0,9	1,73	10,63	1	10,63
Ordenador Planta Baja	22	Fuerza	2200	230	15	0,9	1,73	10,63	1	10,63
Ordenador Planta Primera	23	Fuerza	2200	230	15	0,9	1,73	10,63	1	10,63
<b>TOTAL</b>			<b>68613,2 W</b>					<b>169,11A</b>		<b>209,28A</b>

### 3.3. Elección del transformador.

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

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

$k_s \rightarrow$  Coeficiente de simultaneidad (en este caso es 0,9).



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

La potencia aparente se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$S_{\text{cálculo}} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Cos}\phi} \times F_c$$

$S_{\text{cálculo}}$  → Potencia aparente de cálculo (VA).

Potencia → Potencia activa (W).

$\text{Cos}\phi$  → Factor de potencia compensado por la batería de condensadores (0,97).

$F_c$  → Factor de crecimiento (1,25).

$P_{\text{total}}$	$k_s$	Potencia	$\text{Cos}\phi$	$F_c$	$S_{\text{cálculo}}$
68613,2	0,9	61751,88	0,97	1,25	<b>79577,1649</b>

Por lo tanto, el transformador que elegiremos es un transformador de la marca ORMAZABAL de **100kVA**, aislado mediante aceite y con un nivel de aislamiento de 24kV. Este será de “llenado integral”. De esta forma la instalación de la nave industrial quedará abastecida.

### 3.4. Cálculo de secciones.

Antes de nada, se va a realizar el cálculo de las secciones de cada línea, y posteriormente se realizará el cálculo de las protecciones para dichas líneas. Para la obtención de las secciones de las líneas se realizará un ejemplo paso por paso y después, se expondrá una tabla con todos los parámetros de las demás líneas calculados.

Para el cálculo de la sección de una línea eléctrica, primero es imprescindible conocer la potencia que se le conectará en su extremo.

Una vez conozcamos el valor de esa potencia, se utilizan dos métodos para el cálculo de secciones de los conductores. El primer método se conoce como el **criterio térmico** y el segundo el **criterio de caída de tensión**.



### 1. Criterio térmico:

$$\text{Para las líneas trifásicas} \rightarrow \mathbf{I} = \frac{\mathbf{P}}{\sqrt{3} \times \mathbf{V} \times \mathbf{Cos}\phi}$$

$$\text{Para las líneas monofásicas} \rightarrow \mathbf{I} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{V} \times \mathbf{Cos}\phi}$$

Siendo:

P → Potencia activa conectada (W).

I → Intensidad que circula (A).

Cosφ → Factor de potencia.

V → Tensión nominal (V).

### 2. Criterio de caída de tensión:

$$\text{Para las líneas trifásicas} \rightarrow \mathbf{S} = \frac{\mathbf{L} \times \mathbf{P}}{\mathbf{c} \times \mathbf{V} \times \mathbf{u}}$$

$$\text{Para las líneas monofásicas} \rightarrow \mathbf{S} = \frac{\mathbf{2} \times \mathbf{L} \times \mathbf{P}}{\mathbf{c} \times \mathbf{V} \times \mathbf{u}}$$

Siendo:

P → Potencia activa conectada (W).

L → Longitud de la línea (m).

c → Conductividad del material del cable (Cobre →  $56 \frac{m}{\Omega \times mm^2}$  y Aluminio →  $35 \frac{m}{\Omega \times mm^2}$ ).

u → Caída de tensión admisible ( para el alumbrado 4,5% y para la fuerza 6,5% ).

V → Tensión nominal (V).

s → Sección (mm<sup>2</sup>).

Una vez que se ha obtenido la intensidad que circulará por la línea, se debe ir a la instrucción ITC-BT 07 si se trata de una instalación subterránea, o a la instrucción ITC-BT 19 si se trata de alguna instalación que se especifica más detalladamente en la misma instrucción. Después se busca la sección del conductor adecuada para que soporte la intensidad calculada.

En el caso de tratarse de una instalación subterránea, se debe aplicar un coeficiente por llevar los conductores bajo zanja y en contacto unos de otros.

Después se calcula la acometida, es decir, la línea que nos une el centro de transformación con el cuadro general de protección (C.G.P). Transporta toda la



corriente de la instalación y está diseñada para ampliar en un 30% la carga de la misma, o para poder aprovechar el transformador al 100%.

Como se ha calculado anteriormente, esta línea se dimensionará para una potencia de 68,61 kW, es decir, para una corriente de 102,10 amperios.

La longitud desde el centro de transformación hasta el cuadro general de protección es de 40 metros.

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

La línea irá enterrada en una zanja en el interior de un tubo. Según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión se debe aplicar un factor de corrección de 0,8 por ir en el interior del mismo tubo y un factor de corrección de 0,8 por haber 3 ternas de cables unipolares separadas entre sí 0,25 m. En total se aplicara un factor de corrección de 0,64.

Ahora calcularé la sección que le corresponde a la acometida y así mostrar un ejemplo detallando cada paso, y el resto de las sección se mostraran en una tabla.

- Criterio térmico:

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

$$I = \frac{68613,2}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,97} = 102,097 \text{ A}$$

Como se trata de una línea subterránea que lleva 4 cables unipolares juntos y circulando por el mismo tubo, hay que mirar el coeficiente de corrección que se debe aplicar en la tabla correspondiente a la instrucción ITC-BT 07.

$$I_{\text{cálculo}} = \frac{I}{F_c} = \frac{102,097}{0,64} = 159,527 \text{ A}$$

Con esta intensidad de cálculo debemos ir a la tabla 5 de la instrucción ITC-BT 07 para observar mediante la  $I_{\text{cálculo}}$  obtenida y el tipo de aislamiento del cable ver que sección le corresponde.

En este caso, el aislamiento es XLPE y  $I_{\text{cálculo}} = 159,527 \text{ A} \rightarrow \underline{\underline{25 \text{ mm}^2}}$



- Criterio de caída de tensión:

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

$$s = \frac{40 \times 68613,2}{56 \times 400 \times 6} = 20,42 \text{ mm}^2$$

Normalizando esta sección, obtengo el siguiente valor → **25 mm<sup>2</sup>**

Teniendo en cuenta ambos métodos, debo escoger el valor mayor obtenido por ambos, en este caso, el valor es el mismo, por lo tanto, escojo 25 mm<sup>2</sup>.

Las protecciones hacen que debamos subir la sección por lo que se colocará la que nos especifiquen para cumplir los criterios.

Designación de la acometida → **RV 0,6/1kV 3x25 mm<sup>2</sup>/16 mm<sup>2</sup>**

**El aislamiento es de XLPE y el diámetro exterior del tubo será de 110 mm, según la instrucción ITC-BT 21.**

A continuación mostrare las demás secciones de las diferentes líneas eléctricas en unas tablas sin explicar detalladamente los cálculos utilizados para la obtención de las secciones. Las tablas son las siguientes:

- Cuadro de grupo de presión y servicios (C.P.S):

Nombre Receptor	Nº Circuito	Sección Fases	Sección Neutro	Sección Tierra	Canalización	Designación Cable
Sobrepiso	13.1	1,5	1,5	1,5	Empotrado-obra	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup> Ø=16mm
Servicios	13.2	1,5	1,5	1,5	Empotrado-obra	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup> Ø=16mm
Higiene	13.3	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Taller	13.4	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Emergencia	13.5	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Grupo de presión	13.6	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Compresor	13.7	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Tomas.corr. 1	13.8	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Tomas.corr. 2	13.9	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Tomas.corr. 3	13.10	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Extracción	13.11	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Lavavajillas	13.12	2,5	2,5	2,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x2,5/2,5 mm <sup>2</sup> +1 G 2,5 mm <sup>2</sup>



- Cuadro general de protección y medida (C.G.P.M):

Nombre Receptor	Nº Circuito	Sección Fases	Sección Neutro	Sección Tierra	Canalización	Designación Cable
Nave 1	1	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Nave 2	2	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Nave 3	3	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Área de carga	4	4	4	4	Empotrado-obra	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x4/4 mm <sup>2</sup> +1 G 4 mm <sup>2</sup> Ø=16mm
Pasarela	5	2,5	2,5	2,5	Empotrado-suelo	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x2,5/2,5 mm <sup>2</sup> +1 G 2,5 mm <sup>2</sup>
Laboratorio	6	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Zona Común	7	1,5	1,5	1,5	Empotrado-obra	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup> Ø=16mm
Patio Captación	8	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Planta Primera	9	1,5	1,5	1,5	Empotrado-obra	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup> Ø=16mm
Emergencia 1ª Planta	10	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
C. Embotelladora	11	6	6	6	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x6/6 mm <sup>2</sup> +1 G 6 mm <sup>2</sup>
C.Grupo de presión y servicios	12	16	10	16	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x16/10 mm <sup>2</sup> +1 G 16 mm <sup>2</sup>
Bomba de captación	13	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
C. Tomas de corriente	14	16	10	16	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x16/10 mm <sup>2</sup> +1 G 16 mm <sup>2</sup>
Rampa muelle	15	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Puerta Mecánica	16	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Filtro estanque	17	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Extracción	18	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Tomas.corr.Laboratorio	19	1,5	1,5	1,5	Bandeja	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup>
Tomas.corr.Recepción	20	1,5	1,5	1,5	Empotrado-obra	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup> Ø=16mm
Tomas. corr. 1ªPlanta	21	1,5	1,5	1,5	Empotrado-obra	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup> Ø=16mm
Ordenador Planta Baja	22	1,5	1,5	1,5	Empotrado-obra	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup> Ø=16mm
Ordenador 1ªPlanta	23	1,5	1,5	1,5	Empotrado-obra	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm <sup>2</sup> +1 G 1,5 mm <sup>2</sup> Ø=16mm



- Cuadro de la embotelladora (C.E):

Nombre Receptor	Nº Circuito	Sección Fases	Sección Neutro	Sección Tierra	Canalización	Designación Cable
Máquina	11.1	6	6	6	Bandeja	<b>RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x6/6 mm<sup>2</sup> +1 G 6 mm<sup>2</sup></b>
Extractor	11.2	1,5	1,5	1,5	Bandeja	<b>RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5/1,5 mm<sup>2</sup> +1 G 1,5 mm<sup>2</sup></b>
Resistencia	11.3	4	4	4	Bandeja	<b>RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x4/4 mm<sup>2</sup> +1 G 4 mm<sup>2</sup></b>

- Cuadro de tomas de corriente (C.T.C):

Nombre Receptor	Nº Circuito	Sección Fases	Sección Neutro	Sección Tierra	Canalización	Designación Cable
Tomas 16A/IV	15.1	2,5	2,5	2,5	Bandeja	<b>RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x2,55/2,5 mm<sup>2</sup> +1 G 2,5 mm<sup>2</sup></b>
Tomas 32 A/IV	15.2	6	6	6	Bandeja	<b>RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x6/ mm<sup>2</sup> +1 G 6 mm<sup>2</sup></b>
Tomas 16/II	15.3	35	35	16	Bandeja	<b>RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x35mm<sup>2</sup> +1 G 16 mm<sup>2</sup></b>

En el único lugar donde la instalación eléctrica ira mediante bandeja perforada será en la zona de embotellamiento, en el taller y en la sala de higiene.

Los aislamientos de los conductores serán de PVC, ignífugos y estos irán en bandeja porta cables de malla de acero galvanizado, de 200 mm de ancho y 35 mm de alto.

Cuando se realicen las bajantes a los cuadros auxiliares, la bandeja ira con tapa a partir de los 3 metros de altura para no tener acceso directo a los cables de la bandeja. Esta bandeja irá rodeando las diferentes zonas de la empresa, a una altura de 6 metros.

En el resto de la nave los conductores estarán aislados en tubos empotrados en obra, con aislamiento de PVC e ignífugos.

Después de mostrar las tablas en las que expongo la designación de los cables de cada una de las líneas eléctricas, expondremos las tablas en las que se observan todos los parámetros utilizados para la obtención de las secciones.



- Cuadro general de protección y medida (C.G.P.M):

Receptor	$P_R$ (w)	U (V)	D(m)	c (Cu)	c.d.t	$\text{Cos}\varphi$	$\sqrt{3}$	$I_N$	Fc	$I_c$	$S_{C.T}$	$S_{C.D.T}$	S
Nave 1	2500	400	90	56	18	0,9	1,73	4,01	1,8	7,22	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Nave 2	1250	400	70	56	18	0,9	1,73	2,00	1,8	3,61	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Nave 3	2500	400	54	56	18	0,9	1,73	4,01	1,8	7,22	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Área de carga	1600	230	110	56	10,35	0,9	1,73	7,73	1,8	13,91	2,5	4	<b>4</b>
Pasarela	1050	230	82	56	10,35	0,9	1,73	5,07	1,8	9,13	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Laboratorio	432	230	42	56	10,35	0,9	1,73	2,09	1,8	3,76	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Zona Común	792	230	25	56	10,35	0,9	1,73	3,83	1,8	6,89	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Patio Captación	600	230	16	56	10,35	0,9	1,73	2,90	1,8	5,22	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Planta Primera	1276	230	62	56	10,35	0,9	1,73	6,16	1,8	11,10	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Emergencia 1ª Planta	104	230	100	56	10,35	1	1,73	0,45	1,8	0,81	1,5	1,5	<b>1,5</b>
C. Embotelladora	19850	400	32	56	26	0,85	1,73	33,71	1	33,71	6	1,5	<b>6</b>
C. Servicios	23532	400	73	56	26	0,9	1,73	37,74	1	37,74	16	4	<b>16</b>
Bomba de captación	6624	400	15	56	26	0,9	1,73	10,62	1,25	13,28	1,5	1,5	<b>1,5</b>
C.Tomas de corriente	35000	400	68	56	26	0,9	1,73	56,13	1	56,13	16	1,5	<b>16</b>
Rampa muelle	500	400	62	56	26	0,9	1,73	0,80	1,25	1,00	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Puerta Mecánica	736	400	68	56	26	0,9	1,73	1,18	1,25	1,48	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Filtro estanque	500	230	78	56	14,95	0,9	1,73	2,42	1,25	3,02	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Extracción	620	230	22	56	14,95	0,9	1,73	3,00	1,25	3,74	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Tomas. Laboratorio	2200	230	43	56	14,95	0,9	1,73	10,63	1	10,63	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Tomas. Recepción	2200	230	51	56	14,95	0,9	1,73	10,63	1	10,63	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Tomas.1ªPlanta	2200	230	32	56	14,95	0,9	1,73	10,63	1	10,63	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Ordenador Planta Baja	2200	230	43	56	14,95	0,9	1,73	10,63	1	10,63	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Ordenador 1ªPlanta	2200	230	51	56	14,95	0,9	1,73	10,63	1	10,63	1,5	1,5	<b>1,5</b>



$P_R$  → Potencia del receptor (W).

$U$  → Tensión nominal (V).

$D$  → Distancia de la línea (m).

$c$  → Conductividad del conductor (en este caso todo es de cobre  $Cu = 56 \frac{m}{\Omega \times mm^2}$ ).

$c.d.t$  → Caída de tensión (para el alumbrado 4,5% y para el de fuerza 6,5%).

$\cos\phi$  → Factor de potencia.

$I_N$  → Intensidad nominal (A).

$F_C$  → Factor de corrección (para las lámparas de descarga 1,8 y para los motores 1,25).

$I_C$  → Intensidad de cálculo (A).

$S_{C.T}$  → Sección mediante el criterio térmico ( $mm^2$ ).

$S_{C.D.T}$  → Sección mediante el criterio de caída de tensión ( $mm^2$ ).

$S$  → Sección final ( $mm^2$ ).

- Cuadro de grupo de presión y servicios (C.P.S):

Receptor	$P_R$ (w)	$U$ (V)	$D$ (m)	$c$ (Cu)	$c.d.t$	$\cos\phi$	$\sqrt{3}$	$I_N$	$F_c$	$I_c$	$S_{C.T}$	$S_{C.D.T}$	$S$
Sobre piso	648	230	86	56	10,35	0,9	1,73	3,13	1,8	5,63	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Servicios	1368	230	70	56	10,35	0,9	1,73	6,61	1,8	11,90	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Higiene	576	230	90	56	10,35	0,9	1,73	2,78	1,8	5,01	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Taller	432	230	60	56	10,35	0,9	1,73	2,09	1,8	3,76	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Emergencia	88	230	25	56	10,35	1	1,73	0,38	1,8	0,69	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Grupo de presión	4400	400	32	56	26	0,9	1,73	7,06	1,25	8,82	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Compresor	1000	400	15	56	26	0,9	1,73	1,60	1,25	2,00	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Tomas nº1	2200	400	73	56	26	0,9	1,73	3,53	1	3,53	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Tomas nº2	2200	400	15	56	26	0,9	1,73	3,53	1	3,53	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Tomas nº3	2200	400	68	56	26	0,9	1,73	3,53	1	3,53	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Extracción	620	230	62	56	14,95	1	1,73	2,70	1,25	3,37	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Lavavajillas	7800	400	68	56	26	1	1,73	11,26	1,25	14,07	1,5	1,5	<b>1,5</b>



- Cuadro de la embotelladora (C.E):

Receptor	$P_R$ (w)	U (V)	D(m)	c (Cu)	c.d.t	$\text{Cos}\varphi$	$\sqrt{3}$	$I_N$	Fc	$I_c$	$S_{c.T}$	$S_{c.D.T}$	S
Máquina	10500	400	11	56	26	0,9	1,73	16,84	1,25	21,05	2,5	1,5	<b>2,5</b>
Extractor	350	230	10	56	14,95	0,9	1,73	1,69	1,25	2,11	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Resistencia	9000	400	11	56	18	0,9	1,73	14,43	1,8	25,98	4	1,5	<b>4</b>

- Cuadro de Tomas de Corriente (C.T.C):

Receptor	$P_R$ (w)	U (V)	D(m)	c (Cu)	c.d.t	$\text{Cos}\varphi$	$\sqrt{3}$	$I_N$	Fc	$I_c$	$S_{c.T}$	$S_{c.D.T}$	S
Tomas 16 A/IV	3500	400	12	56	26	0,9	1,73	5,61	1	5,61	1,5	1,5	<b>1,5</b>
Tomas 32 A/IV	10500	400	12	56	26	0,9	1,73	16,84	1	16,84	2,5	1,5	<b>2,5</b>
Tomas 16/II	21000	230	12	56	14,95	0,9	1,73	101,45	1	101,45	35	4	<b>35</b>

### 3.5. Cálculo de las protecciones.

Al realizar el cálculo de las protecciones, es posible que nos obligue a cambiar alguna de las secciones de los conductores debido a:

- La intensidad nominal normalizada de los interruptores.
- El tiempo máximo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es inferior al marcada (0,1 segundos).
- La instrucción ITC-BT 25 obliga a unas determinadas secciones e intensidades de los interruptores que conllevarán al cambio para cumplir todas las condiciones.



Por lo tanto, se deben calcular todos los datos necesarios para cada una de las protecciones a utilizar.

A continuación mostraremos detalladamente las fórmulas que utilizaremos para obtener las características de cada interruptor de protección (intensidad nominal, poder de corte, sensibilidad,..).

Fórmulas y tablas necesarias para el cálculo de los interruptores de cabecera:

1. Calculo de las impedancias de las líneas.

$$Z_{M.T} = \frac{U_{\text{PRIMARIO}}^2}{S_{CC}} = (X_{M.T})j\Omega$$

$$Z_{B.T} = \frac{Z_{M.T}}{a^2} = (X_{B.T})j\Omega$$

$$Z_{\text{TRANS}} = \frac{U_{\text{SECUNDARIO}}^2}{S_{\text{NOMINAL}}} \times U_{CC}(\%) = (X_{\text{TRANS}})j\Omega$$

$S_N$	$U_{CC}$
$S_N \leq 630\text{KVA}$	4%
$630\text{KVA} \leq S_N \leq 800\text{KVA}$	4.5%
$800\text{KVA} \leq S_N \leq 1000\text{KVA}$	5%
$1000\text{KVA} \leq S_N \leq 1600\text{KVA}$	6%

$$Z_{\text{APARAMENTA}} = n^{\circ} \text{APARATOS} \times (0,15 \text{ m}\Omega) = (X_{\text{APAR}})j\Omega$$

La aparamenta son aparatos como los contadores, los fusibles, los interruptores magnetotérmicos y diferenciales.

El n° de aparatos son todos los aparatos que se encuentran aguas arriba de la protección que estoy calculando, incluyendo el propio interruptor.

$$Z_{\text{LÍNEAS}} = \rho \left( \frac{L}{S} \right) = (R_{\text{LÍNEAS}})\Omega$$

Las líneas que debo calcular son las líneas que se encuentran por encima del interruptor que voy a calcular.



$Z_{M.T}$  → Impedancia de media tensión ( $j\Omega$ ).

$Z_{B.T}$  → Impedancia de baja tensión ( $j\Omega$ ).

$Z_{TRANS}$  → Impedancia del transformador ( $j\Omega$ ).

$Z_{APARAMENTA}$  → Impedancia de la aparamenta ( $j\Omega$ ).

$Z_{LÍNEAS}$  → Impedancia de las líneas ( $\Omega$ ).

$U_{PRIMARIO}$  → Tensión que ve el devanado primario del transformador (V).

$U_{SECUNDARIO}$  → Tensión que ve el devanado secundario del transformador (V).

$S_{CC}$  → Potencia aparente de cortocircuito al comienzo de la línea dada por la compañía eléctrica, en nuestro caso, Iberdrola (VA).

$S_{NOMINAL}$  → Potencia aparente nominal del transformador (VA).

$a$  → Relación de transformación  $\left(a = \frac{U_{PRIMARIO}}{U_{SECUNDARIO}}\right)$ .

$U_{CC}$  → Tensión de cortocircuito que se rige mediante la tabla mostrada anteriormente.

$\rho$  → Resistividad del conductor (si el conductor es cobre  $Cu = 0,018 \frac{\Omega mm^2}{m}$ , si es aluminio  $Al = 0,028 \frac{\Omega mm^2}{m}$ ).

$L$  → Longitud de la línea (m).

$s$  → Sección de la línea ( $mm^2$ ).

## 2. Calculo de la impedancia total de la línea.

$$Z_{TOTAL} = |Z_{DIRECTA}| = (R + Xj)\Omega = (R_{LÍNEAS}) + (X_{B.T} + X_{TRANS} + X_{APARAMENTA})j\Omega$$

$Z_{DIRECTA}$  → Impedancia directa.

## 3. Calculo de la intensidad máxima de cortocircuito mediante una serie de cortocircuito, su elección depende de si la línea es trifásica o monofásica.

Este interruptor no cortará a cortocircuito debido a que se quemaría todo lo que tiene aguas abajo, por ello, únicamente cortará a SOBRECARGA (no necesita curva de disparo).

$$(I_{CC})_{MÁXIMA} = \frac{C \times U_{B.T}}{\sqrt{3} \times |Z_{DIRECTA}|} \rightarrow \text{Cortocircuito Tripolar}$$

$$(I_{CC})_{MÁXIMA} = \frac{C \times U_{B.T}}{2 \times |Z_{DIRECTA}|} \rightarrow \text{Cortocircuito Bifásico}$$

$C$  → La letra “C” no tiene un nombre característico. Los valores se rigen de acuerdo a la siguiente tabla:



	$I_{cc \max}$	$I_{cc \min}$
230/400 V	<b>1</b>	<b>0.95</b>
Otras tensiones	<b>1.05</b>	<b>1</b>

$U \rightarrow$  Tensión nominal en baja tensión (V).

Una vez obtenga la  $(I_{CC})_{MÁXIMA}$  mediante las fórmulas mostradas anteriormente, debo observar la tabla del poder de corte y respecto a la  $(I_{CC})_{MÁXIMA}$  obtenida ver que PdC le corresponde.

<b>PdC (interruptores automáticos o interruptores magnetotérmicos)</b>
( 3 / 4,5 / 6 / 10 / 22 / 25 / 35 / 50 / 70 / 100 )kA

4. Calculo de la intensidad nominal mediante el método de sobrecarga.

$$I_{CÁLCULO} \rightarrow P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \quad \text{ó} \quad P = V \times I \times \cos \varphi$$

$I_{ADMISIBLE} \rightarrow$  **Depende de la designación del cable**

$$I_{CÁLCULO} < I_{NOMINAL} < I_{ADMISIBLE}$$

Una vez hayamos obtenido la  $I_{NOMINAL}$ , debo ir a la tabla de los calibres y dependiendo del valor obtenido de la  $I_{NOMINAL}$  escogeré un valor u otro de calibre para esa protección.

<b>PIA(pequeños inter. Automáticos) <math>\rightarrow I_n &lt; 63A</math></b>	<b>Inter. Automáticos (magnetotérmicos) <math>\rightarrow I_n &gt; 63A</math></b>
6A	40A
10A	63A
16A	70A
20A	80A
30A	100A
32A	125A
40A	160A
50A	250A
63A	



Fórmulas y tablas necesarias para el cálculo de los interruptores magnetotérmicos:

1. Calculo de las impedancias de las líneas.

$$Z_{M.T} = \frac{U_{\text{PRIMARIO}}^2}{S_{CC}} = (X_{M.T})j\Omega$$

$$Z_{B.T} = \frac{Z_{M.T}}{a^2} = (X_{B.T})j\Omega$$

$$Z_{\text{TRANS}} = \frac{U_{\text{SECUNDARIO}}^2}{S_{\text{NOMINAL}}} \times U_{CC}(\%) = (X_{\text{TRANS}})j\Omega$$

$S_N$	$U_{CC}$
$S_N \leq 630\text{KVA}$	4%
$630\text{KVA} \leq S_N \leq 800\text{KVA}$	4.5%
$800\text{KVA} \leq S_N \leq 1000\text{KVA}$	5%
$1000\text{KVA} \leq S_N \leq 1600\text{KVA}$	6%

$$Z_{\text{APARAMENTA}} = n^{\circ}_{\text{APARATOS}} \times (0,15 \text{ m}\Omega) = (X_{\text{APAR}})j\Omega$$

La aparamenta son aparatos como los contadores, los fusibles, los interruptores magnetotérmicos y diferenciales.

El n° de aparatos son todos los aparatos que se encuentran aguas arriba de la protección que estoy calculando, incluyendo el propio interruptor.

$$Z_{\text{LÍNEAS}} = \rho \left( \frac{L}{S} \right) = (R_{\text{LÍNEAS}})\Omega$$

Las líneas que debo calcular son las líneas que se encuentran por encima del interruptor que voy a calcular.

$Z_{M.T}$  → Impedancia de media tensión ( $j\Omega$ ).

$Z_{B.T}$  → Impedancia de baja tensión ( $j\Omega$ ).

$Z_{\text{TRANS}}$  → Impedancia del transformador ( $j\Omega$ ).

$Z_{\text{APARAMENTA}}$  → Impedancia de la aparamenta ( $j\Omega$ ).

$Z_{\text{LÍNEAS}}$  → Impedancia de las líneas ( $\Omega$ ).

$U_{\text{PRIMARIO}}$  → Tensión que ve el devanado primario del transformador (V).

$U_{\text{SECUNDARIO}}$  → Tensión que ve el devanado secundario del transformador (V).



$S_{CC}$  → Potencia aparente de cortocircuito al comienzo de la línea dada por la compañía eléctrica, en nuestro caso, Iberdrola (VA).

$S_{NOMINAL}$  → Potencia aparente nominal del transformador (VA).

$a$  → Relación de transformación  $\left(a = \frac{U_{PRIMARIO}}{U_{SECUNDARIO}}\right)$ .

$U_{CC}$  → Tensión de cortocircuito que se rige mediante la tabla mostrada anteriormente.

$\rho$  → Resistividad del conductor (si el conductor es cobre  $Cu = 0,018 \frac{\Omega mm^2}{m}$ , si es aluminio  $Al = 0,028 \frac{\Omega mm^2}{m}$ ).

$L$  → Longitud de la línea (m).

$s$  → Sección de la línea ( $mm^2$ ).

## 2. Calculo de la impedancia total de la línea.

$$Z_{TOTAL} = |Z_{DIRECTA}| = (R + Xj)\Omega = (R_{LÍNEAS}) + (X_{B.T} + X_{TRANS} + X_{APARAMENTA})j\Omega$$

$Z_{DIRECTA}$  → Impedancia directa.

## 3. Calculo de la intensidad máxima de cortocircuito mediante una serie de cortocircuito, su elección depende de si la línea es trifásica o monofásica.

$$(I_{CC})_{MÁXIMA} = \frac{C \times U_{B.T}}{\sqrt{3} \times |Z_{DIRECTA}|} \rightarrow \text{Cortocircuito Tripolar}$$

$$(I_{CC})_{MÁXIMA} = \frac{C \times U_{B.T}}{2 \times |Z_{DIRECTA}|} \rightarrow \text{Cortocircuito Bifásico}$$

$C$  → La letra “C” no tiene un nombre característico. Los valores se rigen de acuerdo a la siguiente tabla:

	$I_{cc \max}$	$I_{cc \min}$
230/400 V	<b>1</b>	<b>0.95</b>
Otras tensiones	<b>1.05</b>	<b>1</b>



U → Tensión nominal en baja tensión (V).

Una vez obtenga la  $(I_{CC})_{MÁXIMA}$  mediante las fórmulas mostradas anteriormente, debo observar la tabla del poder de corte y respecto a la  $(I_{CC})_{MÁXIMA}$  obtenida ver que PdC le corresponde.

<b>PdC (interruptores automáticos o interruptores magnetotérmicos)</b>
( 3/ 4,5 / 6 / 10 / 22 / 25 / 35 / 50 / 70 / 100 )kA

4. Calculo de la intensidad mínima de cortocircuito mediante el cortocircuito fase-tierra (debido a que este cortocircuito nos dará la menor intensidad de cortocircuito).

**Régimen Permanente** ( $T^a = 20^{\circ}\text{C}$ ):

Debemos calcular todas las impedancias de la línea que estén aguas arriba del interruptor a calcular y la impedancia de la línea que se encuentra aguas abajo.

En este apartado la fórmula que se utiliza para obtener las impedancias de las líneas es la siguiente:

$$Z_{LÍNEAS} = \rho \left( \frac{L}{s} \right) = (R_{LÍNEAS})\Omega$$

$Z_{LÍNEAS}$  → Impedancia de las líneas ( $\Omega$ ).

$\rho$  → Resistividad del conductor (si el conductor es cobre  $\text{Cu} = 0,018 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$ , si es aluminio  $\text{Al} = 0,028 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$ ).

L → Longitud de la línea (m).

s → Sección de la línea ( $\text{mm}^2$ ).

**Régimen Cortocircuito**(si XLPE →  $T^a = 250^{\circ}\text{C}$  ; si PVC →  $T^a = 160^{\circ}\text{C}$  ):

Debemos calcular todas las impedancias de la línea que estén aguas arriba del interruptor a calcular y la impedancia de la línea que se encuentra aguas abajo.

En este apartado la fórmula que se utiliza para obtener las impedancias de las líneas es la siguiente:

$$(Z_{LÍNEA})' = (Z_{LÍNEA}) \times (1 + \alpha \times \Delta T^a) = (R_{LÍNEA})'\Omega$$



$(Z_{LÍNEA})' \rightarrow$  Impedancia de la línea en régimen de cortocircuito ( $\Omega$ ).

$(Z_{LÍNEA}) \rightarrow$  Impedancia de la línea en régimen permanente ( $\Omega$ ).

$\alpha \rightarrow$  Coeficiente ( $4 \times 10^{-3}$ ).

$\Delta T^a \rightarrow$  Incremento de temperatura.

- Impedancia total en régimen de cortocircuito:

$$|Z_{DIRECTA}| = (R + Xj)\Omega = (R_{LÍNEA})' + (X_{B.T} + X_{TRANS} + X_{APARAMENTA})j\Omega$$

- Impedancia homopolar:

$$|Z_O| = (R + Xj)\Omega = (R_{LÍNEA})_O + ((X_{B.T})_O + (X_{TRANS})_O + (X_{APARAMENTA})_O)j\Omega$$

Impedancia homopolar de la red  $\rightarrow (Z_{RED})_O = 0$ .

Impedancia homopolar del transformador  $\rightarrow (Z_{TRANS})_O = 3 \times Z_{TRANS}$ .

Impedancia homopolar de la red  $\rightarrow (Z_{LÍNEA})_O = 3 \times (Z_{LÍNEA})'$ .

Impedancia homopolar de la red  $\rightarrow (Z_{APARAMENTA})_O = 3 \times Z_{APARAMENTA}$ .

Por lo tanto, la intensidad mínima de cortocircuito se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$(I_{CC})_{MÍNIMA} = \frac{\sqrt{3} \times C \times U_{B.T}}{|(2 \times Z_{DIRECTA}) + Z_O|}$$

C  $\rightarrow$  La letra “C” no tiene un nombre característico. Los valores se rigen de acuerdo a la siguiente tabla:

C	$I_{CC \max}$	$I_{CC \min}$
230/400 V	<b>1</b>	<b>0.95</b>
Otras tensiones	<b>1.05</b>	<b>1</b>



5. Calculo de la intensidad nominal del interruptor de protección.

$$I_{\text{CÁLCULO}} \rightarrow P = \sqrt{3} \times V \times I_{\text{CÁLCULO}} \times \cos \varphi \text{ ó } P = V \times I_{\text{CÁLCULO}} \times \cos \varphi$$

$I_{\text{ADMISIBLE}} \rightarrow$  **Depende de la designación del cable**

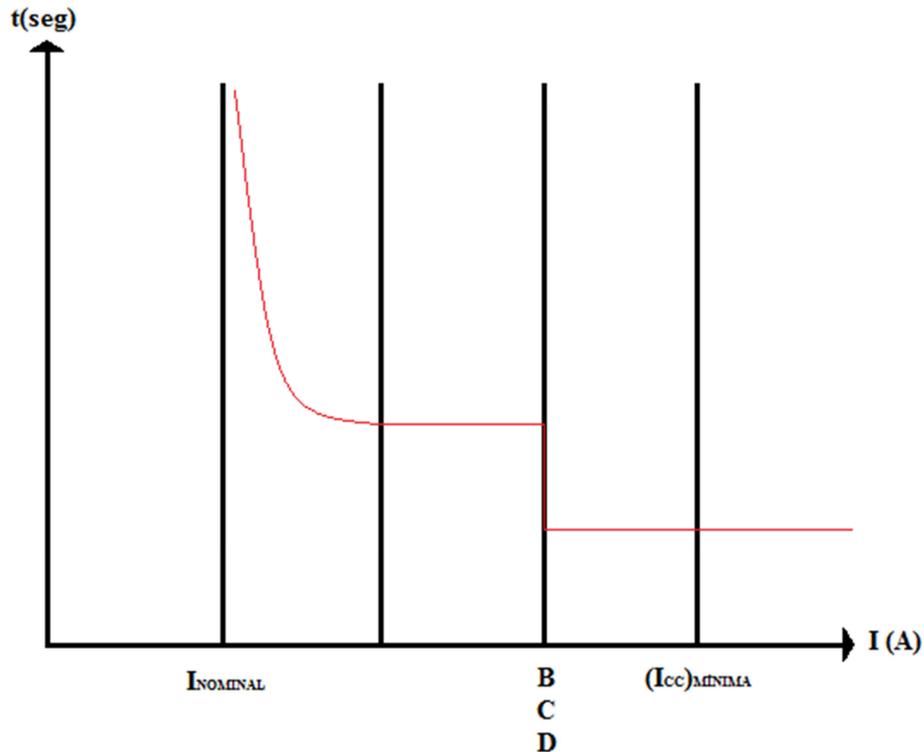
$$I_{\text{CÁLCULO}} < I_{\text{NOMINAL}} < I_{\text{ADMISIBLE}}$$

Una vez hayamos obtenido la  $I_{\text{NOMINAL}}$ , debo ir a la tabla de los calibres y dependiendo del valor obtenido de la  $I_{\text{NOMINAL}}$  escogeré un valor u otro de calibre para esa protección.

PIA(pequeños inter. Automáticos)→In<63A	Inter. Automáticos (magnetotérmicos)→In>63A
6A	40A
10A	63A
16A	70A
20A	80A
30A	100A
32A	125A
40A	160A
50A	250A
63A	



6. Calculo de la curva de disparo del interruptor de protección.



- Curva B:

Se utiliza para protecciones de alumbrado y tomas de corriente.

$$(I_{CC})_{MÍNIMA} \geq 5 \times I_{NOMINAL} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Curva C:

Se utiliza para protecciones de alumbrado y tomas de corriente.

$$(I_{CC})_{MÍNIMA} \geq 10 \times I_{NOMINAL} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Curva D:

Se utiliza para protecciones de motores.

$$(I_{CC})_{MÍNIMA} \geq 20 \times I_{NOMINAL} \rightarrow \text{Cumple}$$



7. Calculo del tiempo máximo que soporta el conductor.

$$t_{MCICC} = \frac{C_C \times s^2}{((I_{CC})_{MÍNIMA})^2} \rightarrow \text{se debe cumplir} \rightarrow (t_{MCICC} > t_{DES} = 0,1 \text{ seg})$$

$C_C$  → Coeficiente del conductor. El valor de este coeficiente se rige por la siguiente tabla.

$C_C$	PVC	XLPE/EPR
Cu	<b>13225</b>	<b>20449</b>
Al	<b>5476</b>	<b>8836</b>

Después de haber mostrado todas las fórmulas explicando detalladamente cada elemento que las compone, nos dispondremos a realizar un ejemplo de cómo obtengo los parámetros necesarios de una protección y el resto los expondremos en una tabla esquematizada.

**Interrupor de cabecera:**

- Calculo de las impedancias de las líneas.

$$Z_{M.T} = \frac{U_{PRIMARIO}^2}{S_{CC}} = \frac{(13200)^2}{400 \times 10^6} = 0,4356j\Omega$$

$$Z_{B.T} = \frac{Z_{M.T}}{a^2} = \frac{0,4356}{\left(\frac{13200}{400}\right)^2} = 0,0004j\Omega$$

$$Z_{TRANS} = \frac{U_{SECUNDARIO}^2}{S_{NOMINAL}} \times U_{CC}(\%) = \frac{(400)^2}{100 \times 10^3} \times \frac{4}{100} = 0,064j\Omega$$



$S_N$	$U_{cc}$
$S_N \leq 630\text{KVA}$	<b>4%</b>
$630\text{KVA} \leq S_N \leq 800\text{KVA}$	<b>4.5%</b>
$800\text{KVA} \leq S_N \leq 1000\text{KVA}$	<b>5%</b>
$1000\text{KVA} \leq S_N \leq 1600\text{KVA}$	<b>6%</b>

$$Z_{APARAMENTA} = n^{\circ}_{APARATOS} \times (0,15 \text{ m}\Omega) = 2 \times (0,15 \times 10^{-3}) = 0,0003\text{j}\Omega$$

$$Z_{ACOMETIDA} = \rho \left( \frac{L}{S} \right) = 0,018 \times \left( \frac{40}{25} \right) = 0,0288\Omega$$

- Calculo de la impedancia total de la línea.

$$Z_{TOTAL} = |Z_{DIRECTA}| = (0,0288) + (0,0004 + 0,064 + 0,0003)\text{j}\Omega$$

$$|Z_{DIRECTA}| = (0,0288 + 0,0647\text{j})\Omega \rightarrow |Z_{DIRECTA}| = 0,07082$$

- Calculo de la intensidad máxima de cortocircuito mediante el cortocircuito tripolar (debido a que nos da la mayor intensidad de cortocircuito).

Este interruptor no cortará a cortocircuito debido a que se quemaría todo lo que tiene aguas abajo, por ello, únicamente cortará a SOBRECARGA (no necesita curva de disparo).

$$(I_{CC})_{MÁXIMA} = \frac{C \times U_{B.T}}{\sqrt{3} \times |Z_{DIRECTA}|} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times |0,07082|} = 3260,926 \text{ A}$$

<b>C</b>	$I_{cc \text{ max}}$	$I_{cc \text{ min}}$
230/400 V	<b>1</b>	<b>0.95</b>
Otras tensiones	<b>1.05</b>	<b>1</b>

Ahora observamos la tabla del poder de corte y elijo el que me cubra la intensidad máxima de cortocircuito que me ha salido.



<b>PdC (interruptores automáticos o interruptores magnetotérmicos)</b>
( 3 / 4,5 / 6 / 10 / 22 / 25 / 35 / 50 / 70 / 100 )kA

$$(I_{CC})_{MÁXIMA} = 3260,926 \text{ A} \rightarrow \text{PdC} = 4,5 \text{ kA}$$

- Calculo de la intensidad nominal mediante el método de sobrecarga.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi} = \frac{68613,2}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,97} = 102,10 \text{ A}$$

$$I_{CÁLCULO} = \frac{I}{F_c} = \frac{102,10}{0,64} = 159,53 \text{ A}$$

$I_{ADMISIBLE} \rightarrow$  Designación del cable: RV 0,6/1kV 3x25/16 mm<sup>2</sup>  $\rightarrow$  160A.

Debemos mirar en la tabla 5 de la instrucción ITC-BT 07.

$$I_{CÁLCULO} < I_{NOMINAL} < I_{ADMISIBLE} \rightarrow 159,53 \text{ A} < I_{NOMINAL} < 160 \text{ A}$$

$$\text{Calibre} = I_{NOMINAL} = 160 \text{ A}$$

PIA(pequeños inter. Automáticos) $\rightarrow$ In<63A	Inter. Automáticos (magnetotérmicos) $\rightarrow$ In>63A
6A	40A
10A	63A
16A	70A
20A	80A
30A	100A
32A	125A
40A	160A
50A	250A
63A	

A continuación mostrare una tabla con todas las protecciones calculadas, cada protección con su calibre, PdC y curva correspondientes.



## CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN Y MEDIDA:

Receptor	PdC	Calibre	Sensibilidad	Número de polos	Curva
Int. Automático Cabecera	18	160	300mA	IV	-
Int. Diferencial Cabecera	-	100	600mA	IV	-
Int. Automático nº1	6	20	-	IV	B
Int. Diferencial nº 1.1	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Nave 1	6	10	-	IV	B
Int. Automático Nave 2	6	10	-	IV	B
Int. Automático Nave 3	6	10	-	IV	B
Int. Automático Área de carga	6	16	-	II	B
Int. Diferencial nº 1.2	-	25	30mA	II	-
Int. Automático Patio Captación	6	10	-	II	B
Int. Automático Pasarela	6	10	-	II	B
Int. Diferencial nº 1.3	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Rampa muelle	6	10	-	IV	D y MA
Int. Automático Puerta Mecánica	6	10	-	IV	D y MA
Int. Automático Filtro estanque	6	10	-	II	C
Int. Automático Extracción	6	10	-	II	C
Int. Automático Bomba de captación	6	16	-	IV	D y MA
<b>Cuadro Embotelladora</b>	6	40	-	IV	B
<b>Cuadro Grupo de presión y servicios</b>	6	40	-	IV	B
<b>Cuadro Tomas de corriente</b>	6	63	-	IV	C
Int. Automático Emergencia 1ª Planta	6	10	-	II	B
Int. Automático nº2	6	20	-	IV	B
Int. Diferencial nº 2.1	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Laboratorio	6	10	-	II	B
Int. Automático Zona Común	6	10	-	II	B
Int. Automático Planta Primera	6	10	-	II	B
Int. Diferencial nº 2.2	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático T.C. Laboratorio	6	10	-	II	C
Int. Automático T.C. Recepción	6	10	-	II	C
Int. Automático T.C. 1ª Planta	6	10	-	II	C
Int. Diferencial nº 2.3	-	25	30mA	II	-
Int. Automático CPU Planta Baja	6	10	-	II	C
Int. Automático CPU Planta Primera	6	10	-	II	C
Int. Automático Condensadores	4,5	25	-	IV	C
Int. Diferencial Condensadores	-	25	30mA	IV	-



## CUADRO GRUPO DE PRESIÓN Y SERVICIOS:

Receptor	PdC	Calibre	Sensibilidad	Número de polos	Curva
Int. Diferencial nº 1	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Sobrepiso	6	10	-	II	B
Int. Automático Servicios	6	10	-	II	B
Int. Automático Higiene	6	10	-	II	B
Int. Automático Taller	6	10	-	II	B
Int. Automático Emergencia	6	10	-	II	B
Int. Diferencial nº 2	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Grupo de presión	6	10	-	IV	D y MA
Int. Automático Compresor	6	10	-	IV	D y MA
Int. Diferencial nº 3	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático T.C.1	6	10	-	IV	C
Int. Automático T.C.2	6	10	-	IV	C
Int. Automático T.C.3	6	10	-	IV	C
Int. Automático Extracción	6	10	-	IV	D y MA
Int. Diferencial Lavavajillas	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Lavavajillas	6	16	-	IV	D y MA

## CUADRO EMBOTELLADORA:

Receptor	PdC	Calibre	Sensibilidad	Número de polos	Curva
Int. Diferencial nº 1	-	25	300mA	IV	-
Int. Automático Máquina	6	16	-	IV	DyMA
Int. Automático Extractor	6	10	-	II	DyMA
Int. Automático Resistencia	6	16	-	IV	C

## CUADRO DE TOMAS DE CORRIENTE:

Receptor	PdC	Calibre	Sensibilidad	Número de polos	Curva
Int. Diferencial nº 1	-	25	30mA	IV	-
Int. Automático Tomas 32A/IV	6	16	-	IV	C
Int. Automático Tomas 16A/IV	6	10	-	IV	C
Int. Automático Tomas 16/II	6	63	-	II	C



### 3.6. Cálculo de condensadores para la corrección del factor de potencia

- Batería de condensadores para la instalación.

Se calcula la potencia aparente de cada circuito y la total para obtener el  $\cos \varphi_{MEDIO}$ .

#### CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN Y MEDIDA:

Nombre Receptor	Cuadro	Nº Circuito	P <sub>ACTIVA</sub> (W)	Cos $\varphi$	P <sub>APARENTE</sub> (VA)
Nave 1	C.G.P.M	1	2500	0,9	2777,78
Nave 2	C.G.P.M	2	1250	0,9	1388,89
Nave 3	C.G.P.M	3	2500	0,9	2777,78
Área de carga	C.G.P.M	4	1600	0,9	1777,78
Pasarela	C.G.P.M	5	1050	0,9	1166,67
Laboratorio	C.G.P.M	6	432	0,9	480,00
Zona Común	C.G.P.M	7	792	0,9	880,00
Patio Captación	C.G.P.M	8	600	0,9	666,67
Planta Primera	C.G.P.M	9	1276	0,9	1417,78
Emergencia 1ª Planta	C.G.P.M	10	104	1	104,00
C. Embotelladora	C.G.P.M	11	-	-	-
C. Grupo de presión y servicios	C.G.P.M	12	-	-	-
Bomba de captación	C.G.P.M	13	6624	0,9	7360,00
C. Tomas de corriente	C.G.P.M	14	-	-	-
Rampa muelle	C.G.P.M	15	500	0,9	555,56
Puerta Mecánica	C.G.P.M	16	736	0,9	817,78
Filtro estanque	C.G.P.M	17	500	0,9	555,56
Extracción	C.G.P.M	18	620	0,9	688,89
Tomas. corr. Laboratorio	C.G.P.M	19	2200	0,9	2444,44
Tomas. corr. Recepción	C.G.P.M	20	2200	0,9	2444,44
Tomas. corr. Planta primera	C.G.P.M	21	2200	0,9	2444,44
Ordenador Planta Baja	C.G.P.M	22	2200	0,9	2444,44
Ordenador Planta Primera	C.G.P.M	23	2200	0,9	2444,44
<b>TOTAL</b>			<b>32084</b>		<b>35637,33</b>



## CUADRO GRUPO DE PRESIÓN Y SERVICIOS:

Nombre Receptor	Cuadro	Nº Circuito	P <sub>ACTIVA</sub> (W)	Cos $\varphi$	P <sub>APARENTE</sub> (VA)
Sobrepiso	C.P.S	13.1	648	0,9	720,00
Servicios	C.P.S	13.2	1368	0,9	1520,00
Higiene	C.P.S	13.3	576	0,9	640,00
Taller	C.P.S	13.4	432	0,9	480,00
Emergencia	C.P.S	13.5	88	1	88,00
Grupo de presión	C.P.S	13.6	4400	0,9	4888,89
Compresor	C.P.S	13.7	1000	0,9	1111,11
Tomas. corr. 1	C.P.S	13.8	2200	0,9	2444,44
Tomas. corr. 2	C.P.S	13.9	2200	0,9	2444,44
Tomas. corr. 3	C.P.S	13.10	2200	0,9	2444,44
Extracción	C.P.S	13.11	620	1	620,00
Lavavajillas	C.P.S	13.12	7800	1	7800,00
<b>TOTAL</b>			<b>23532</b>		<b>25201,32</b>

## CUADRO EMBOTELLADORA:

Nombre Receptor	Cuadro	Nº Circuito	P <sub>ACTIVA</sub> (W)	Cos $\varphi$	P <sub>APARENTE</sub> (VA)
Máquina	C.E	11.1	10500	0,9	11666,67
Extractor	C.E	11.2	350	0,9	388,89
Resistencia	C.E	11.3	9000	0,9	10000,00
<b>TOTAL</b>			<b>19850</b>		<b>22055,56</b>

## CUADRO DE TOMAS DE CORRIENTE:

Nombre Receptor	Cuadro	Nº Circuito	P <sub>ACTIVA</sub> (W)	Cos $\varphi$	P <sub>APARENTE</sub> (VA)
Tomas 16A/IV	C.T.C	15.1	3500	0,9	3888,89
Tomas 32A/IV	C.T.C	15.2	10500	0,9	11666,67
Tomas 16/II	C.T.C	15.3	21000	0,9	23333,33
<b>TOTAL</b>			<b>35000</b>		<b>38888,89</b>



POTENCIA ACTIVA Y APARENTE:

Potencia Activa Total (W)	<b>110466</b>
Potencia Aparente Total (VA)	<b>121783,1</b>

Ahora obtenemos el  $\cos \varphi_{\text{MEDIO}}$ :

$$\cos \varphi_{\text{MEDIO}} = \frac{\sum P}{\sum S}$$

$$\cos \varphi_{\text{MEDIO}} = \frac{110466}{121783,1} = 0,907 \rightarrow \varphi = 24,89^\circ$$

Por lo tanto, la potencia reactiva consumida será la siguiente:

$$Q = P \times \tan \varphi$$

$$Q = 110466 \times \tan(24,89^\circ) = 51253,17 \text{ VAr}$$

Queremos obtener un  $\cos \varphi$  cercano a 1  $\rightarrow \cos \varphi' = 0,98$ :

$$Q' = P \times \tan \varphi'$$

$$Q' = 110466 \times \tan(11,478^\circ) = 22431,078 \text{ VAr}$$

Por lo que la potencia reactiva que debemos compensar será la siguiente:

$$C = 51253,17 - 22431,078 = 28822,091 \text{ VAr}$$

Esta potencia reactiva 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 28822,09 VAr.

El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 30 kVAr con referencia B3040 de LEGRAND a 400V, que se colocará en el cuadro general de baja tensión.



- Cálculo del conductor de unión de la batería.

Aplicando la fórmula de la potencia se halla la intensidad:

$$Q = 3 \times U \times I_{\text{NOMINAL}} \times \sin \varphi$$

$\sin \varphi = 1$ , el de la batería de condensadores.

$U = 400\text{V}$ .

$Q \rightarrow$  Potencia de la batería de condensadores (28822,091 kVA).

$$I_{\text{NOMINAL}} = \frac{Q}{3 \times U \times \sin \varphi}$$

$$I_{\text{NOMINAL}} = \frac{28822,091}{3 \times 400 \times 1} = 24,01\text{A}$$

Una vez calculada la intensidad nominal, realizamos los dos métodos para el cálculo de la sección del conductor de unión de la batería de condensadores.

- Criterio térmico:

$$I_{\text{NOMINAL}} = 24,01\text{A} \rightarrow s = 4\text{mm}^2$$

- Criterio de la caída de tensión:

$$s = \frac{L \times I \times \cos \varphi}{c \times U}$$

$$s = \frac{10 \times 24,01 \times 0,98}{56 \times 400} = 0,0107 \text{ mm}^2$$

A continuación normalizo la sección obtenida mediante el criterio de caída de tensión:

$$s = 0,0107 \text{ mm}^2 \rightarrow s = 1,5\text{mm}^2$$

Por lo tanto, una vez obtenidas las secciones por cada uno de los métodos, debemos escoger la de mayor valor, en este caso, el resultado con mayor valor es la del criterio térmico.

Designación de los conductores  $\rightarrow$  **RZ1 -K (AS) 0,6/1 kV 3x4 mm<sup>2</sup>**

**Los conductores de unión de la batería de condensadores tienen aislamiento de PVC.**



- Cálculo de la protección de la batería de condensadores.

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

$$I_{\text{NOMINAL}} = 24,50\text{A}$$

La intensidad de cortocircuito será la de la entrada al C.G.P.

$$I_{\text{CC}} = 3018,12\text{A}$$

Se elige un interruptor magnetotérmico con poder de corte 4,5kA y calibre 25 A.

### 3.7. Instalación de puesta a tierra.

- Resistencia del electrodo.

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

De los dos valores se cogerá el 24V, ya que se trata de una nave con ambiente húmedo y será por ello lo que se toman las siguientes medidas para dicho fin:

Datos de partida:

- Resistividad del terreno:

Según la tabla 3 de la instrucción ITC-BT18 del RBT, el terreno tiene una resistividad de  $\rho = 50\Omega\text{m}$  ya que se trata de un terreno cultivable, y fértil, terraplenes compactos y húmedos. La composición del terreno es de arcilla plástica.

- Tensión máxima de contacto 50V.
- Corriente de disparo del interruptor diferencial 300mA.
- El valor máximo de la resistencia de tierra deberá ser  $\leq 166,67\Omega$ .

- Características del electrodo.

El electrodo está formado por 4 picas de acero recubiertas de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud, situadas una en cada esquina de la empresa, y unidas por medio de un conductor de cobre desnudo de  $50\text{ mm}^2$  de sección. Esta irá unida al



mallado metálico de cimentación a través del conductor de 50 mm<sup>2</sup> de cobre mediante soldaduras aluminotermias, formando así una superficie equipotencial a lo largo de toda la nave.

Se calculará el valor de la resistencia de tierra en el caso del defecto a tierra más desfavorable, es decir, cuando la corriente de defecto sea mayor. Ya que los contactos peligrosos se producen con la maquinaria de la nave, se ha de buscar la máquina con menor resistencia a tierra, que es la máquina con mayor corriente de defecto.

Se calculará a continuación la resistencia de la puesta a tierra. Para ello se utilizarán las siguientes expresiones:

$$R_P = \frac{\rho}{L_1}$$

$R_P$  → Resistencia de una pica ( $\Omega$ ).

$\rho$  → Resistividad del terreno ( $\Omega\text{m}$ ).

$L_1$  → Longitud de una pica (m).

$$R_{P.T} = n^o \times R_P$$

$R_P$  → Resistencia de una pica ( $\Omega$ ).

$R_{P.T}$  → Resistencia de las picas usadas ( $\Omega$ ).

$n^o$  → Número de picas.

A continuación realizamos los cálculos pertinentes para obtener la resistencia de tierra y después realizar una comprobación de que cumple lo impuesto por el reglamento.

$$R_P = \frac{\rho}{L_P} = \frac{50}{2} = 25\Omega$$

$$R_{P.T} = n^o \times R_P = 4 \times 25 = 100\Omega$$

$$R_C = \frac{2\rho}{L_2} = \frac{2 \times 50}{171,62} = 0,5826\Omega$$

La resistencia total de tierra se calcula mediante el paralelo de las picas y del cable:

$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{R_{P.T}} + \frac{1}{R_C}$$



$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{100} + \frac{1}{0,5826} = 1,7262 \rightarrow R_A = 1,7262\Omega$$

Una vez calculada la resistencia de tierra hay que comprobar si se cumple el reglamento:

$$U_C = R_A \times I_A$$

$$U_C = 1,7262 \times 0,3 = 0,5178V < 50V \rightarrow \text{Se cumple}$$

### 3.8. Cálculo del centro de transformación.

- Datos del transformador a utilizar.

Potencia del transformador (kVA)	<b>100</b>
Pérdidas en el hierro (W)	<b>260</b>
Pérdidas en el cobre (W)	<b>1750</b>
Pérdidas del transformador (W)	<b>2010</b>
Tensión de cortocircuito en carga (%)	<b>4</b>
Potencia de cortocircuito de la red (MVA)	<b>400</b>
Volumen Aceite (litros)	<b>155</b>

- Intensidad de Alta Tensión.

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_{\text{PRIMARIA}}$  viene determinada por la siguiente expresión:

$$I_{\text{PRIMARIA}} = \frac{S_{\text{NOMINAL}}}{\sqrt{3} \times U_{\text{PRIMARIO}}}$$

$S_{\text{NOMINAL}}$  → Potencia nominal del transformador (kVA).

$U_{\text{PRIMARIO}}$  → Tensión que ve el devanado primario del transformador (V).

$I_{\text{PRIMARIA}}$  → Intensidad que ve el devanado primario del transformador (A).

$$I_{\text{PRIMARIA}} = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 13200} = 4,37A$$



- Intensidad en Baja Tensión.

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_{\text{SECUNDARIA}}$  viene determinada por la siguiente expresión:

$$I_{\text{SECUNDARIA}} = \frac{S_{\text{NOMINAL}} - P_{\text{HIERRO}} - P_{\text{COBRE}}}{\sqrt{3} \times U_{\text{SECUNDARIO}}}$$

$S_{\text{NOMINAL}}$  → Potencia nominal del transformador (kVA).

$U_{\text{SECUNDARIO}}$  → Tensión que ve el devanado secundario del transformador (V).

$I_{\text{SECUNDARIA}}$  → Intensidad que ve el devanado secundario del transformador (A).

$P_{\text{HIERRO}}$  → Pérdidas en el hierro del transformador (W).

$P_{\text{COBRE}}$  → Pérdidas en el cobre del transformador (W).

$$I_{\text{SECUNDARIA}} = \frac{100 \times 10^3 - 260 - 1750}{\sqrt{3} \times 400} = \mathbf{141,43A}$$

- Cortocircuitos.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 400MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la compañía suministradora (en este caso Iberdrola).

Corriente de cortocircuito del lado de Alta Tensión:

La corriente de cortocircuito en el devanado primario del transformador se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$(I_{\text{CC}})_{\text{PRIMARIA}} = \frac{S_{\text{CC}}}{\sqrt{3} \times U_{\text{PRIMARIO}}}$$

$S_{\text{CC}}$  → Potencia cortocircuito de la red (MVA).

$U_{\text{PRIMARIO}}$  → Tensión que ve el devanado primario del transformador (V).

$(I_{\text{CC}})_{\text{PRIMARIA}}$  → Intensidad de cortocircuito en el devanado primario del transformador (A).

$$(I_{\text{CC}})_{\text{PRIMARIA}} = \frac{400 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 13200} = \mathbf{17495,46A}$$



Corriente de cortocircuito del lado de Baja Tensión:

La corriente de cortocircuito en el devanado secundario del transformador se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$(I_{CC})_{SECUNDARIA} = \frac{S_{NOMINAL}}{\sqrt{3} \times U_{CC}(\%) \times U_{SECUNDARIO}}$$

$S_{NOMINAL}$  → Potencia nominal del transformador (kVA).

$U_{SECUNDARIO}$  → Tensión que ve el devanado secundario del transformador (V).

$(I_{CC})_{SECUNDARIA}$  → Intensidad de cortocircuito en el devanado secundario del transformador (A).

$U_{CC}(\%)$  → Tensión de cortocircuito en carga (%).

$$(I_{CC})_{SECUNDARIA} = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times \left(\frac{4}{100}\right) \times 400} = 3608,439A$$

- Dimensionamiento del embarrado.

Celdas

La gama SM6 está compuesta por unidades modulares bajo envolventes metálicas del tipo compartimentadas equipadas con aparatos de corte y seccionamiento.

Las unidades SM6 son usadas para cumplir con las funciones y requerimientos propios de la media tensión en las estaciones distribuidoras de grandes consumidores, hasta 36kV.

Las unidades SM6 están concebidas para instalaciones de interior y sus dimensiones reducidas son:

Características SM6 24	Datos (m)	Características del embarrado	Datos
Altura	<b>1,6</b>	Intensidad asignada (A)	<b>630</b>
Anchura	<b>0,375-0,750</b>	Límite térmico 1s (kA)	<b>20</b>
Profundidad	<b>0,94</b>	Límite electrodinámico (kA)	<b>31,25</b>

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



### Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente.

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSM6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada 630 A.

### Comprobación por sollicitación electrodinámica

Según la MIE-RAT05, la resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{\text{MÁXIMO}} \geq \frac{((I_{\text{CC}})_{\text{PRIMARIA}}^2 \times L^2)}{60 \times d \times W}$$

$\sigma_{\text{MÁXIMO}}$  → Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores  
 (para el cobre semiduro Cu = 2800 Kg/cm<sup>2</sup>).

$(I_{\text{CC}})_{\text{PRIMARIA}}$  → Intensidad de cortocircuito en el devanado primario del transformador (kA).

L → Separación longitudinal entre apoyos (cm).

d → Separación entre las fases (cm).

W → Módulo resistente de los conductores en (cm<sup>3</sup>).

Dado que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSM6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.



### Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito

La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina mediante la siguiente fórmula:

$$I_{\text{EFICAZ}} = a \times s \times \sqrt{\frac{\Delta T^a}{t}}$$

$I_{\text{EFICAZ}}$  → Intensidad eficaz (A).

$a$  → Coeficiente, cuyo valor si el conductor es de cobre es 13.

$s$  → Sección del embarrado ( $\text{mm}^2$ ).

$\Delta T^a$  → Elevación o incremento máximo de la temperatura (para el cobre  $150^\circ\text{C}$ ).

$t$  → Tiempo de duración del cortocircuito (segundos).

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálica fabricadas por SchneSM6 conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$$I_{\text{EFICAZ}} = 20\text{kA durante 1 seg.}$$

#### - Protecciones de Alta y Baja Tensión.

##### Alta Tensión

La protección se realiza utilizando una celda de ruptofusibles cuya señal alimentará a un disparador de un seccionador de puesta a tierra, que efectuará la protección a sobrecargas, cortocircuitos.

##### Baja Tensión

En el circuito de baja tensión del transformador según RU6302 se instalará una caja de protección. Se instalarán fusibles, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión.

La descarga del transformador al cuadro de baja tensión se realizará con conductores RV 0,6/1 kV  $25 \text{ mm}^2$  unipolares instalados al aire cuya intensidad admisible a  $40^\circ\text{C}$  de temperatura ambiente será de 160A.



- Dimensión de la ventilación del centro de transformación.

La ventilación del centro de transformación se llevará a cabo por medio de ventilación natural en las paredes del mismo, y para evitar la entrada de elementos al interior se instalarán unas rejillas.

Primero debemos calcular el caudal de aire necesario mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{P_{\text{PÉRDIDAS}}}{1,16 \times \Delta T^a} = \frac{W_{\text{HIERRO}} + W_{\text{COBRE}}}{1,16 \times \Delta T^a}$$

Q → Caudal de aire necesario (m<sup>3</sup>/s).

W<sub>HIERRO</sub> → Pérdidas en vacío del transformador (kW).

W<sub>COBRE</sub> → Pérdidas en cortocircuito del transformador (kW).

ΔT<sup>a</sup> → Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale (15°C).

$$Q = \frac{0,260 + 1,750}{1,16 \times 15} = 0,1155 \text{ m}^3/\text{s}$$

A continuación calculamos la superficie de la rejilla de ventilación pero antes debemos obtener la velocidad del aire mediante la siguiente fórmula:

$$v_s = 4,6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta T^a}$$

H → Distancia entre los centros de las rejillas de entrada y salida (1,5 ~ 1,9m).

v<sub>s</sub> → Velocidad del aire (m/s).

ΔT<sup>a</sup> → Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale (15°C).

$$v_s = 4,6 \times \frac{\sqrt{1,9}}{15} = 0,4227 \text{ m/s}$$

Una vez tengamos el valor de la velocidad del aire, vamos a la siguiente fórmula y obtenemos el valor de la superficie de las rejillas:

$$S_{\text{EFICAZ}} = \frac{Q}{v_s}$$

v<sub>s</sub> → Velocidad del aire (m/s).

Q → Caudal de aire necesario (m<sup>3</sup>/s).

S<sub>EFICAZ</sub> → Superficie mínima de la rejilla de ventilación (m<sup>2</sup>).



$$S_{\text{EFICAZ}} = \frac{0,1155}{0,4227} = 0,2732\text{m}^2$$

$$S = 1,4 \times S_{\text{EFICAZ}}$$

$S_{\text{EFICAZ}}$  → Superficie mínima de la rejilla de ventilación ( $\text{m}^2$ ).

$S$  → Superficie de la rejilla ( $\text{m}^2$ ).

1,4 → Coeficiente de aumento de la rejilla del 40% debido a que es el espacio que ocupan las lamas.

$$S = 1,4 \times 0,2732 = 0,382\text{m}^2$$

Así pues, se colocarán en las paredes del centro de transformación en un lado una rejilla de  $1,5 \text{ m}^2$  y en el otro lado dos rejillas con superficie de  $2 \text{ m}^2$ .

- Dimensión del pozo apagafuegos.

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador. En este caso, al tratarse de un edificio prefabricado, el fabricante ya ha dimensionado dicho pozo para que pueda almacenar los 155 litros de dieléctrico que tiene según los datos dados por el mismo fabricante.

En la parte superior del depósito colector del dieléctrico se instalará un dispositivo apaga llamas que consiste en unas rejillas metálicas que producen la auto extinción del aceite.

- Cálculo de la puesta a tierra.

**Terreno**

El terreno en el que se prevé construir la nave industrial se trata de un terreno cultivable fértil, terraplenes compactos y húmedos por lo que su resistividad media es  $\rho = 50\Omega\text{m}$ . Como el centro de transformación se quiere instalar en la misma parcela, la resistividad que consideramos será la misma.

**Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación de defecto para esas corriente**

En instalaciones de Alta Tensión de tensión igual o inferior a 30kV (de tercera categoría) los aspectos a tener en cuenta para los cálculos de falta a tierra son:

- **Tipo de neutro**

Los cálculos variarán si el neutro de la red está aislado, directamente unido a tierra o unido a través de una impedancia.



- **Tipo de protecciones de la línea en la subestación más cercana**

Si se produce un fallo en la red, éste se elimina con la apertura de un elemento de corte que se dispara por la indicación de un medidor de corriente.

Además se pueden producir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a medio segundo.

El tiempo máximo de eliminación del defecto es de 1 segundo, y los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro son de  $38,49\Omega$ .

Con estos datos y la normativa MIE-RAT13 se obtienen los datos de “K” y “n” para así poder calcular la intensidad máxima de puesta a tierra.

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

Así pues, la intensidad máxima de defecto se puede calcular introduciendo los datos en la siguiente fórmula:

$$(I_{\text{DEFECTO}})_{\text{MÁXIMA}} = \frac{(U_{\text{PRIMARIO}})_{\text{MÁXIMA}}}{\sqrt{3} \times Z_{\text{NEUTRO}}}$$

$(I_{\text{DEFECTO}})_{\text{MÁXIMA}}$  → Intensidad de defecto máxima (A).

$(U_{\text{PRIMARIO}})_{\text{MÁXIMA}}$  → Tensión en el devanado primario máxima del transformador (V).

$Z_{\text{NEUTRO}}$  → Valor de la impedancia de puesta a tierra del neutro ( $\Omega$ ).

En un futuro próximo se prevé que la tensión de servicio de media tensión pase de 13,2 kV a 20kV, y al producirse esta circunstancia, la instalación de tierra deberá cumplir la normativa para seguir en funcionamiento, por lo que se debe dimensionarla para una tensión de 20 kV.

$$(I_{\text{DEFECTO}})_{\text{MÁXIMA}} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times 38,49} = 300\text{A}$$

### Diseño de la instalación de tierra

Para los cálculos a realizar se emplearán las expresiones y procedimientos del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA, conforme a las características del centros de transformación objeto de cálculo.



- **Tierra de protección.**

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

Código 50-30/5/46 del método de cálculo de tierras de UNESA. Este código indica lo siguiente:

- Con los dos primeros números (50), se indica el largo de la tierra de protección (dm).
- Con los dos siguientes números (30), se indica el ancho de la tierra de protección (dm).
- Con el número entre barras (5), se expresa la profundidad a la que se instalarán las picas de la tierra de protección (dm).
- Con el penúltimo número (4), se indica el número de picas que se pondrán.
- Con el último número (6) se indica la longitud de las picas (m).

Parámetros característicos:

$$K_r = 0,064 \left( \frac{\Omega}{\Omega m} \right)$$

$$K_p = 0,0134 \left( \frac{V}{\Omega A} \right)$$

Descripción:

Estará constituida por 4 picas en disposición rectangular 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 6m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5m y la separación entre cada pica y la siguiente será de 4 y 5m, dependiendo del lado. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 18m.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros de  $K_r$  y  $K_p$  de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.



La conexión desde el centro de transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1kV protegido contra daños mecánicos.

- **Tierra de servicio.**

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

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

Código 5/44 del método de cálculo de tierras de UNESA:

- Con el primer número (5), se indica la profundidad a la que se instalarán las picas de la tierra de servicio (dm).
- Con el penúltimo número (4), se indica el número de picas que se pondrán.
- Con el último número (4), se indica la longitud de las picas (m).

Parámetros característicos:

$$K_r = 0,0572 \left( \frac{\Omega}{\Omega m} \right)$$

$$K_p = 0,00919 \left( \frac{V}{\Omega A} \right)$$

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 4m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5m y la separación entre cada pica y la siguiente será de 6m, dependiendo del lado. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 18m, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros de  $K_r$  y  $K_p$  de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.



La conexión desde el centro de transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre de  $50\text{mm}^2$  aislado de 0,6/1kV bajo tubo de plástico con grado de protección contra daños mecánicos de 7 como mínimo.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a  $37\Omega$ . 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 300mA no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24V.

Existirá una separación mínima entre picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de baja tensión.

#### Cálculo de la resistencia de la instalación de tierra

- **Tierra de protección:**

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del centro de transformación, intensidad y tensión de defecto correspondientes, se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$R_{P.T} = K_r \times \rho$$

$R_{P.T}$  → Resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ )

$$K_r \rightarrow 0,064 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times \text{m}} \right)$$

$\rho$  →  $50\Omega\text{m}$

$$R_{P.T} = 0,064 \times 50 = 3,2\Omega$$

$$I_{\text{DEFECTO}} = \frac{(U_{\text{PRIMARIO}})_{\text{MÁXIMA}}}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_{\text{NEUTRO}} + R_{P.T})^2 + (X_{\text{NEUTRO}})^2}}$$

$I_{\text{DEFECTO}}$  → Intensidad de defecto (A).

$R_{\text{NEUTRO}}$  y  $X_{\text{NEUTRO}}$  → Dan valor a la impedancia de puesta a tierra del neutro.

$$Z_{\text{NEUTRO}} = \sqrt{(R_{\text{NEUTRO}})^2 + (X_{\text{NEUTRO}})^2} = \sqrt{(38,49)^2 + (0)^2} = 38,49\Omega$$

$R_{P.T}$  → Resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ ).



$(U_{\text{PRIMARIO}})_{\text{MÁXIMA}} \rightarrow$  Tensión máxima en el devanado del primario del transformador (V).

$$I_{\text{DEFECTO}} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times \sqrt{(38,49 + 3,2)^2 + (0)^2}} = 276,973\text{A}$$

$$U_{\text{DEFECTO}} = I_{\text{DEFECTO}} \times R_{\text{P.T}}$$

$U_{\text{DEFECTO}} \rightarrow$  Tensión de defecto (V).

$I_{\text{DEFECTO}} \rightarrow$  Intensidad de defecto (A).

$R_{\text{P.T}} \rightarrow$  Resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

$$U_{\text{DEFECTO}} = 276,973 \times 3,2 = 886,313\text{V}$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del centro de transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada  $U_{\text{DEFECTO}}$ , por lo que deberá ser como mínimo 1000V.

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 de transformación.

Se comprueba además que la intensidad de defecto calculada es superior a 100A, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

Configuración: **50-30/5/46**.  
 Geometría: **Anillo**.  
 Dimensiones: **5x3 metros**.  
 Profundidad del electrodo: **0,5 metros**.  
 Número de picas: **4**.  
 Resistencia  $K_r \rightarrow 0,064 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times \text{m}} \right)$ .  
 Tensión de paso  $K_p = 0,0134 \left( \frac{\text{V}}{\Omega \text{A}} \right)$ .  
 Tensión de contacto  $K_c = 0,0253 \left( \frac{\text{V}}{\Omega \text{mA}} \right)$ .



- **Tierra de servicio:**

Con el valor correspondiente al electrodo elegido y multiplicando por la resistividad del terreno, se obtiene el valor de la resistencia de tierra de servicio.

$$R_{P.T} = K_r \times \rho$$

$R_{P.T}$  → Resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ )

$$K_r \rightarrow 0,0572 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$\rho \rightarrow 50 \Omega m$$

$$R_{P.T} = 0,0572 \times 50 = 2,86 \Omega < 37 \Omega \rightarrow \text{Se cumple}$$

Configuración: **5/44**.  
 Geometría: **Pica en hilera**.  
 Profundidad del electrodo: **0,5 metros**.  
 Longitud de las picas: **4 metros**.  
 Distancia entre picas: **6 metros**.  
 Resistencia  $K_r \rightarrow 0,0572 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$ .  
 Tensión de paso  $K_p = 0,00919 \left( \frac{V}{\Omega A} \right)$ .

**Cálculo de las tensiones exteriores de la instalación**

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

Los muros, entre sus parámetros tendrán una resistencia de  $100000 \Omega$ .

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

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



$$(U_{\text{PASO}})_{\text{EXTERIOR}} = K_p \times \rho \times I_{\text{DEFECTO}}$$

$(U_{\text{DEFECTO}})_{\text{EXTERIOR}} \rightarrow$  Tensión de defecto en el exterior (V).

$I_{\text{DEFECTO}} \rightarrow$  Intensidad de defecto (A).

$\rho \rightarrow 50 \Omega \text{m}$ .

$$K_p = 0,0134 \left( \frac{\text{V}}{\Omega \text{A}} \right).$$

$$(U_{\text{PASO}})_{\text{EXTERIOR}} = 0,0134 \times 50 \times 276,973 = \mathbf{185,571V}$$

#### Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

En el suelo del centro de transformación se instalará un mallado electro-soldado, con redondos de diámetro no inferior a 4mm, formando una retícula no superior a 0,3x0,3 metros. Este mallado se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del centro de transformación. Dicho mallado estará cubierto por una capa de hormigón de 10cm como mínimo.

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

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

No obstante, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior:

$$(U_{\text{PASO}})_{\text{ACCESO}} = K_c \times \rho \times I_{\text{DEFECTO}}$$

$(U_{\text{PASO}})_{\text{ACCESO}} \rightarrow$  Tensión de paso en el acceso (V).

$I_{\text{DEFECTO}} \rightarrow$  Intensidad de defecto (A).

$\rho \rightarrow 50 \Omega \text{m}$ .

$$K_c = 0,0253 \left( \frac{\text{V}}{\Omega \text{mA}} \right).$$

$$(U_{\text{PASO}})_{\text{ACCESO}} = 0,0253 \times 50 \times 276,973 = \mathbf{350,370V}$$



### Cálculo de las tensiones máximas aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada que puede aceptarse según el reglamento MIE-RAT13 es la siguiente:

$$U_{C.A} = \frac{K}{t^n}$$

$U_{C.A}$  → Tensión máxima de contacto aplicada (V).

$K = 78,5$

$t = 1 \text{ seg}$  → Duración de la falta en segundos

$n = 0,18$

$$U_{C.A} = \frac{78,5}{1^{0,18}} = \mathbf{78,5V}$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al centro de transformación, se emplearán las siguientes expresiones:

$$(U_{\text{PASO}})_{\text{EXTERIOR}} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{6 \times \rho}{1000}\right)$$

$$(U_{\text{PASO}})_{\text{ACCESO}} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{3 \times \rho + 3 \times \rho_H}{1000}\right)$$

$(U_{\text{PASO}})_{\text{EXTERIOR}}$  → Tensión de paso en el exterior del centro de transformación (V).

$(U_{\text{PASO}})_{\text{ACCESO}}$  → Tensión de paso en el acceso al centro de transformación (V).

$K = 78,5$

$n = 0,18$

$t = 1 \text{ seg}$  → Duración de la falta.

$\rho = 50 \Omega\text{m}$  → Resistividad del terreno.

$\rho_H = 3000 \Omega\text{m}$  → Resistividad del hormigón.

$$(U_{\text{PASO}})_{\text{EXTERIOR}} = 10 \times \frac{78,5}{1^{0,18}} \times \left(1 + \frac{6 \times 50}{1000}\right) = \mathbf{1020,5V}$$

$$(U_{\text{PASO}})_{\text{ACCESO}} = 10 \times \frac{78,5}{1^{0,18}} \times \left(1 + \frac{3 \times 50 + 3 \times 3000}{1000}\right) = \mathbf{7967,75V}$$

Debemos comprobar que los valores calculados son inferiores a los admisibles por el reglamento:



$$(U_{\text{PASO}})_{\text{EXTERIOR}} = 185,571\text{V} < (U_{\text{PASO}})_{\text{EXTERIOR}} = 1020,5\text{V} \rightarrow \text{Se cumple}$$

$$(U_{\text{PASO}})_{\text{ACCESO}} = 350,370\text{V} < (U_{\text{PASO}})_{\text{ACCESO}} = 7967,75\text{V} \rightarrow \text{Se cumple}$$

#### Investigación de tensiones transferibles al exterior

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

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

#### Corrección y ajuste del diseño inicial establecido el definitivo

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

$$D_{n-p} = \frac{\rho \times I_{\text{DEFECTO}}}{2 \times \pi \times 1000}$$

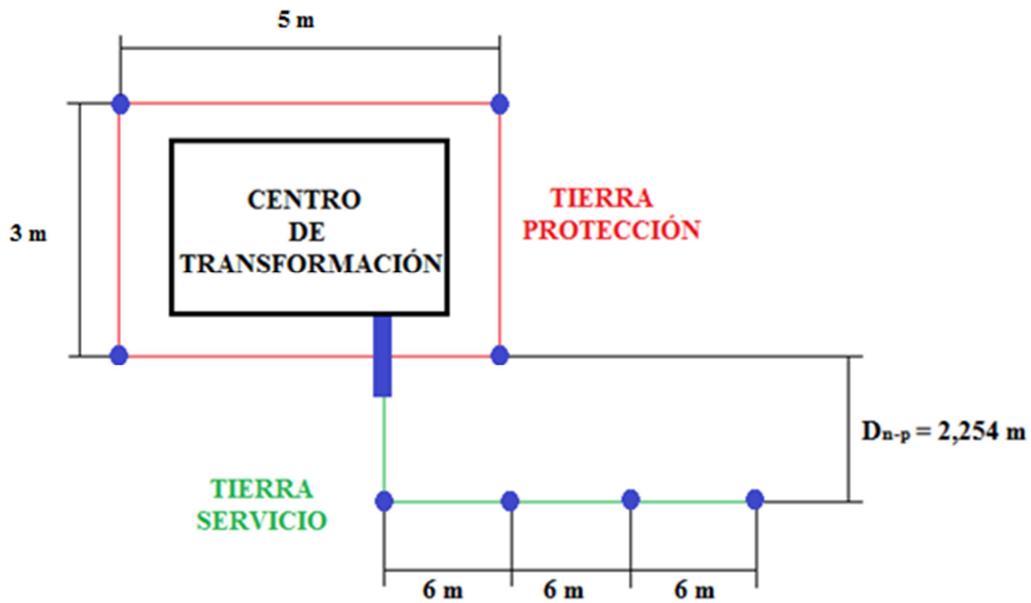
$I_{\text{DEFECTO}} \rightarrow$  Intensidad de defecto (A).

$\rho \rightarrow 50\Omega\text{m}$

$$D_{n-p} = \frac{50 \times 279,656}{2 \times \pi \times 1000} = 2,2254\text{m}$$

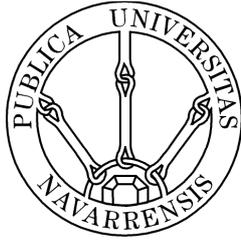


Dibujo de la situación de las tierras:



Pamplona, Octubre 2011

Borja Pérez Zoraquiain



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

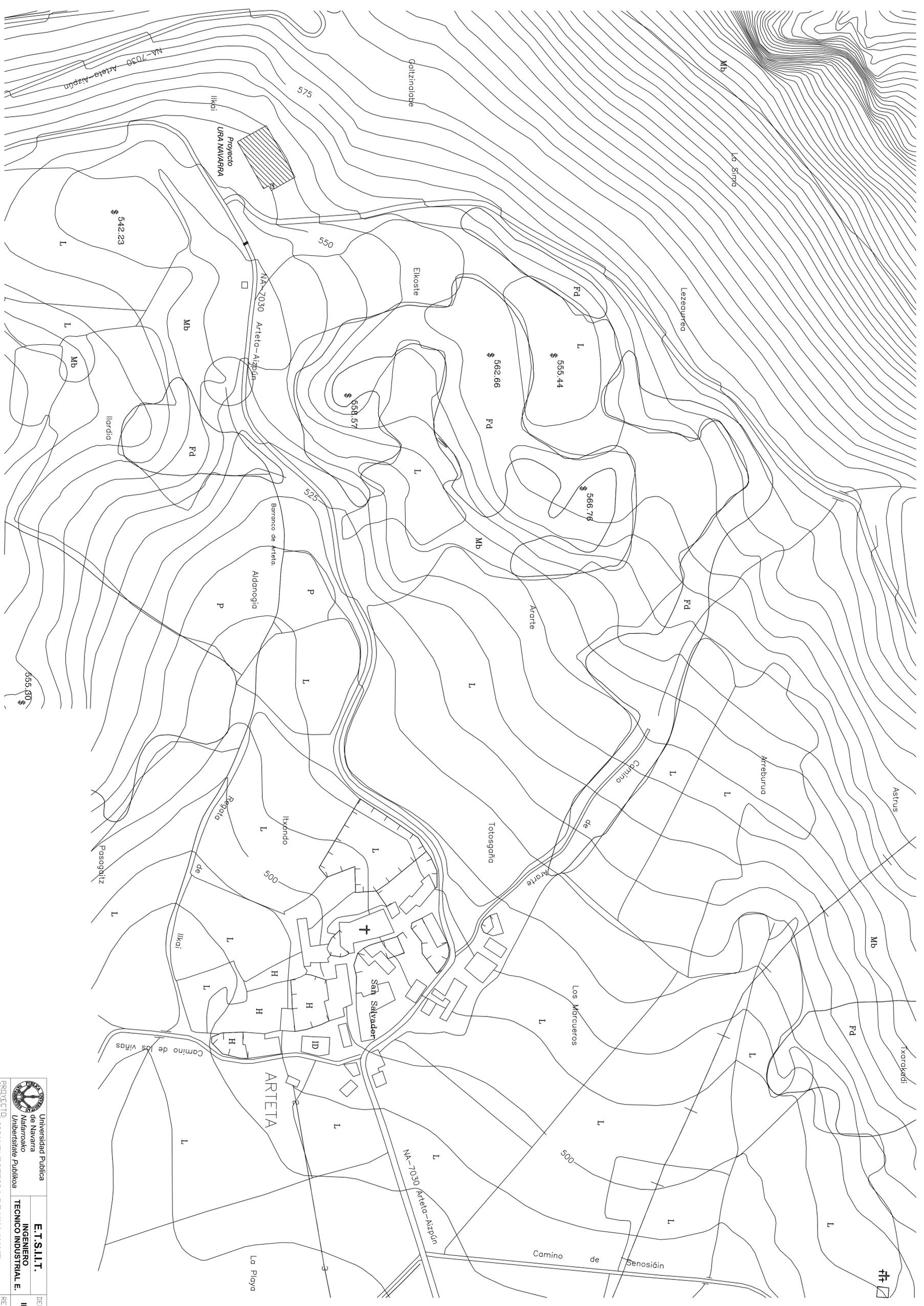
DOCUMENTO 3:

PLANOS

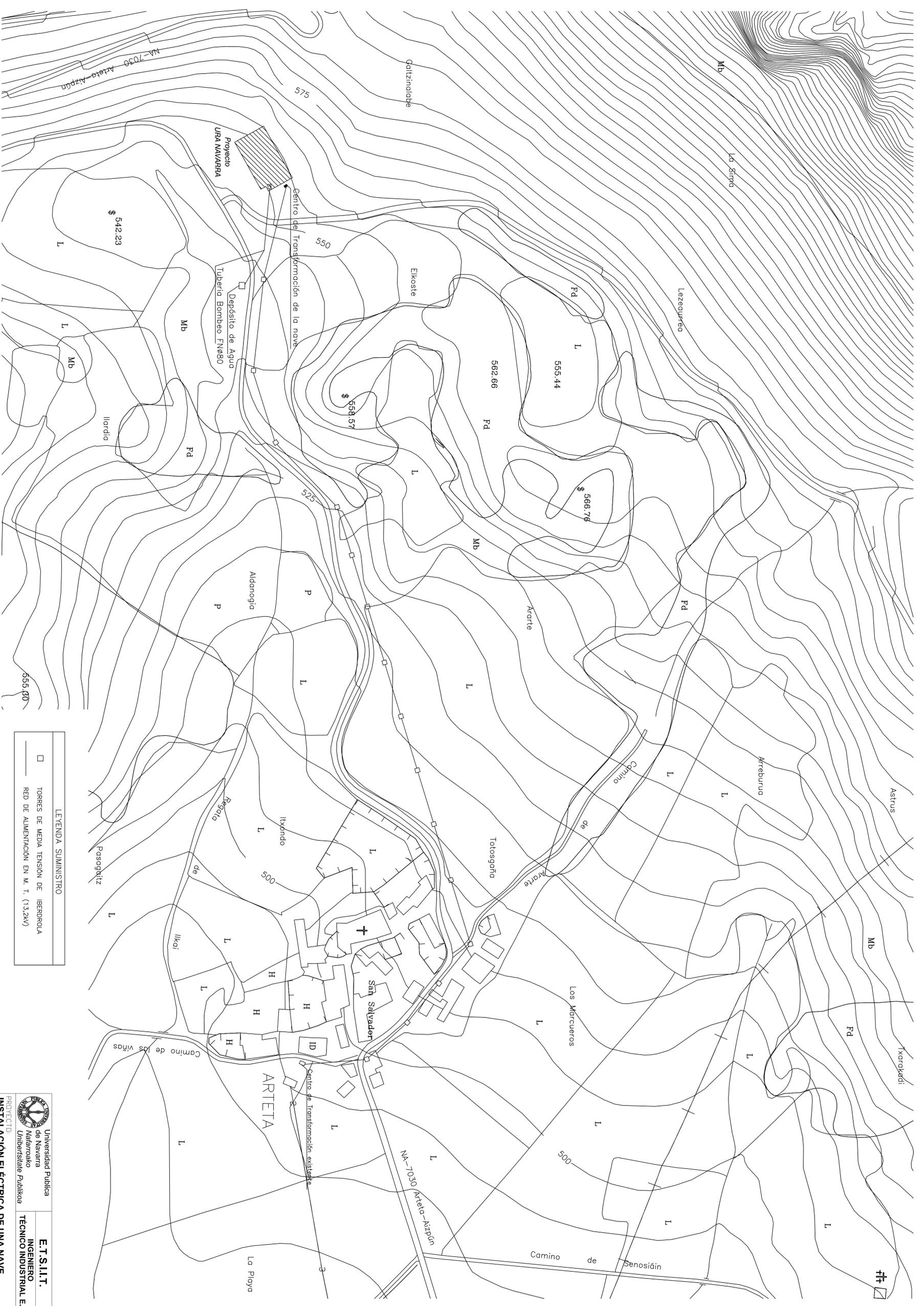
Alumno: Borja Pérez Zoraquiain

Tutor: Félix Arróniz Fdez. de Gaceo

Pamplona, 6 de Octubre de 2011



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.
	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA REALIZADO: PÉREZ ZORAQUAIN, BORJA
PLANO: <b>SITUACION</b>	FECHA: Octubre 2011
ESCALA: <b>1:100</b>	N. PLANO: <b>1</b>

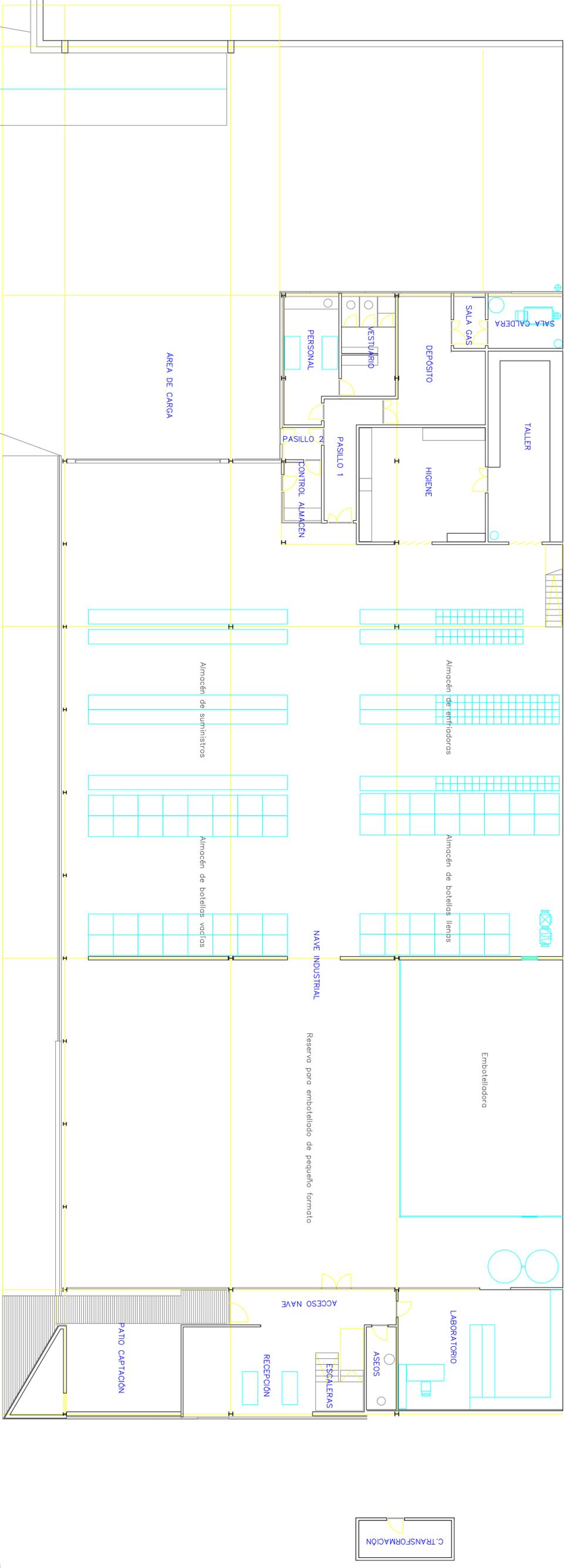


LEYENDA SUMINISTRO

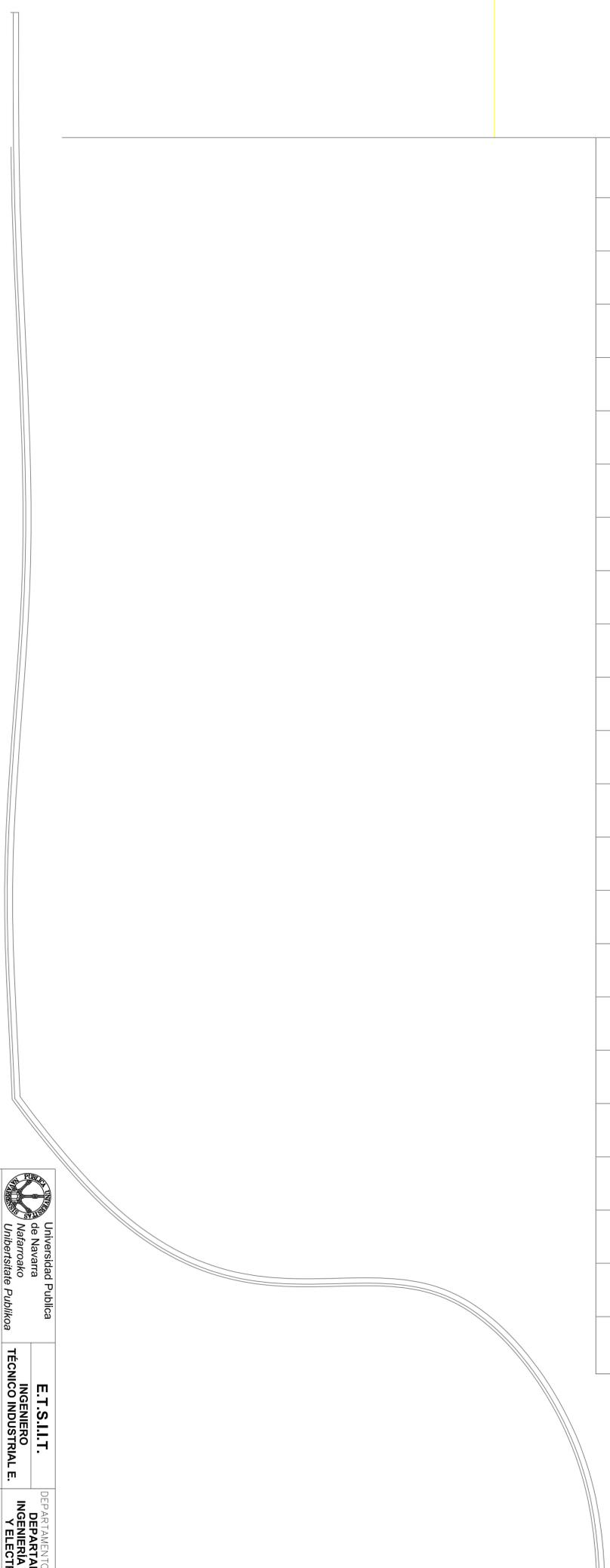
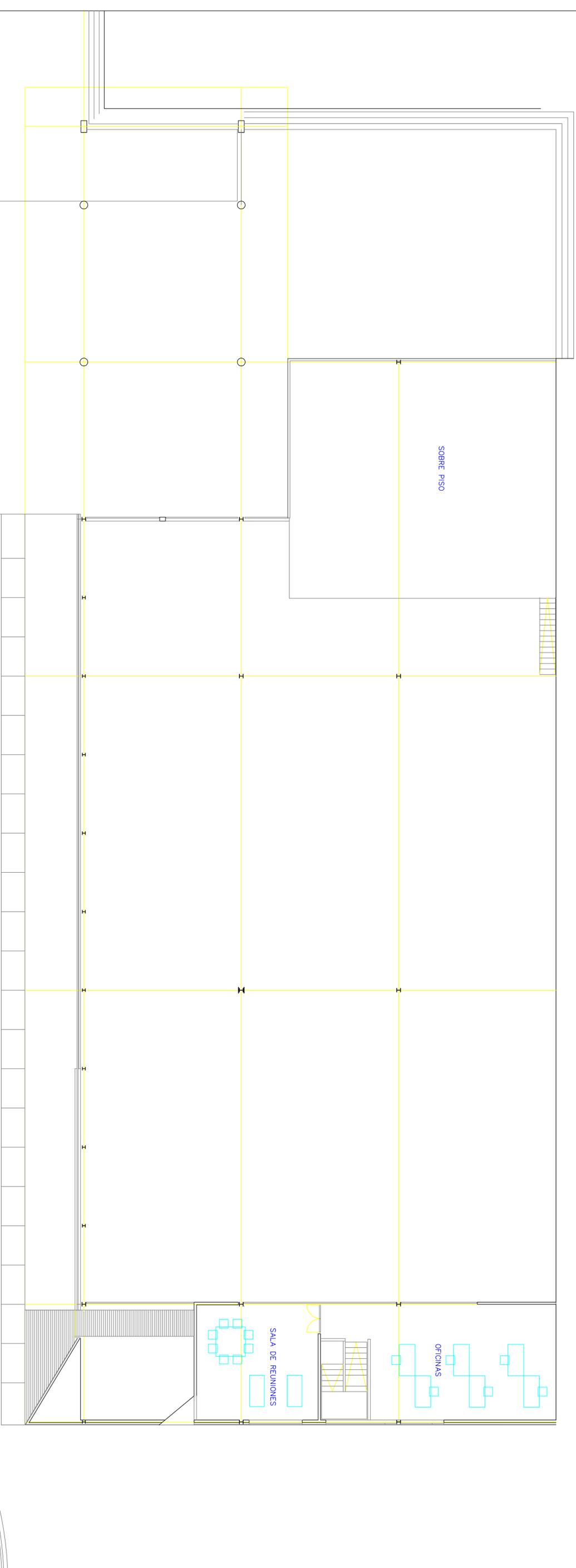
<input type="checkbox"/>	TORRES DE MEDIA TENSIÓN DE IBERDROLA
	RED DE ALIMENTACIÓN EN M. T. (1,3,2kV)

<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</p>
	<p>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</p>
<p>PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b></p>	<p>REALIZADO: PÉREZ ZORAQUANI, BORJA</p>
<p>PLANO: SUMINISTRO</p>	<p>FECHA: 1-1-100</p>
<p>FECHA: Octubre 2011</p>	<p>ESCALA: N. P. 2</p>

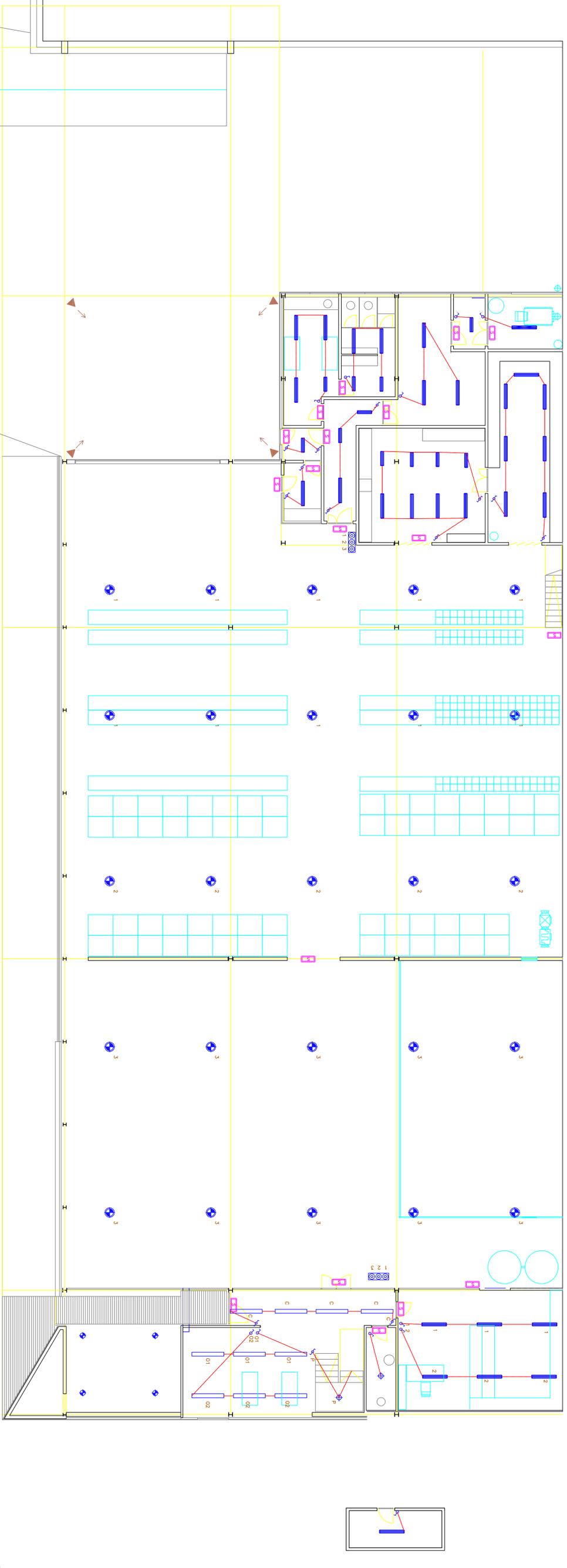
<p>FECHA: Octubre 2011</p>	<p>ESCALA: N. P. 2</p>
--------------------------------	----------------------------



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
	REALIZADO: PÉREZ, ZORAQUAIN, BORJA	FIRMA:
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE          INDUSTRIAL EN BAJA TENSIÓN CON          CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	PLANO: <b>DISTRIBUCIÓN SALAS PLANTA BAJA</b>	FECHA: Octubre 2011
ESCALA: <b>1:100</b>	N.º PLAN: <b>3</b>	



 Universidad Pública de Navarra <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
	PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE          INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON          CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	REALIZADO: <b>PEREZ ZORRAGUAIN BORJA</b>
PLANO: <b>DISTRIBUCIÓN SALAS 1ª PLANTA</b>	FIRMA:	ESCALA: N/PLANO <b>4</b>
	FECHA: <b>Octubre 2011</b>	



32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200

LEYENDA ALUMBRADO INTERIOR

- ⊕ Down Light 2x18w, con portámparas G24-43
- ⊕ Lámpara de descarga 250 W colocadas a 11m.
- ⊕ Lámpara de descarga 150 W colocadas a 11m.
- ⊕ Lámpara fluorescente estanca 2x36W colocadas a 3m).
- ⊕ Lámpara fluorescente estanca 2x36W colocadas a 3m).
- ⊕ Lámpara fluorescente estanca 1x36W colocadas a 3m).

LEYENDA CONTACTORES

- ⚡ Interruptor sencillo colocado a 1,5m del suelo.
- ⚡ Comandador colocado a 1,5m del suelo.
- ⚡ Cruzamiento.
- ⚡ Botón para el encendido del alumbrado de la nave.

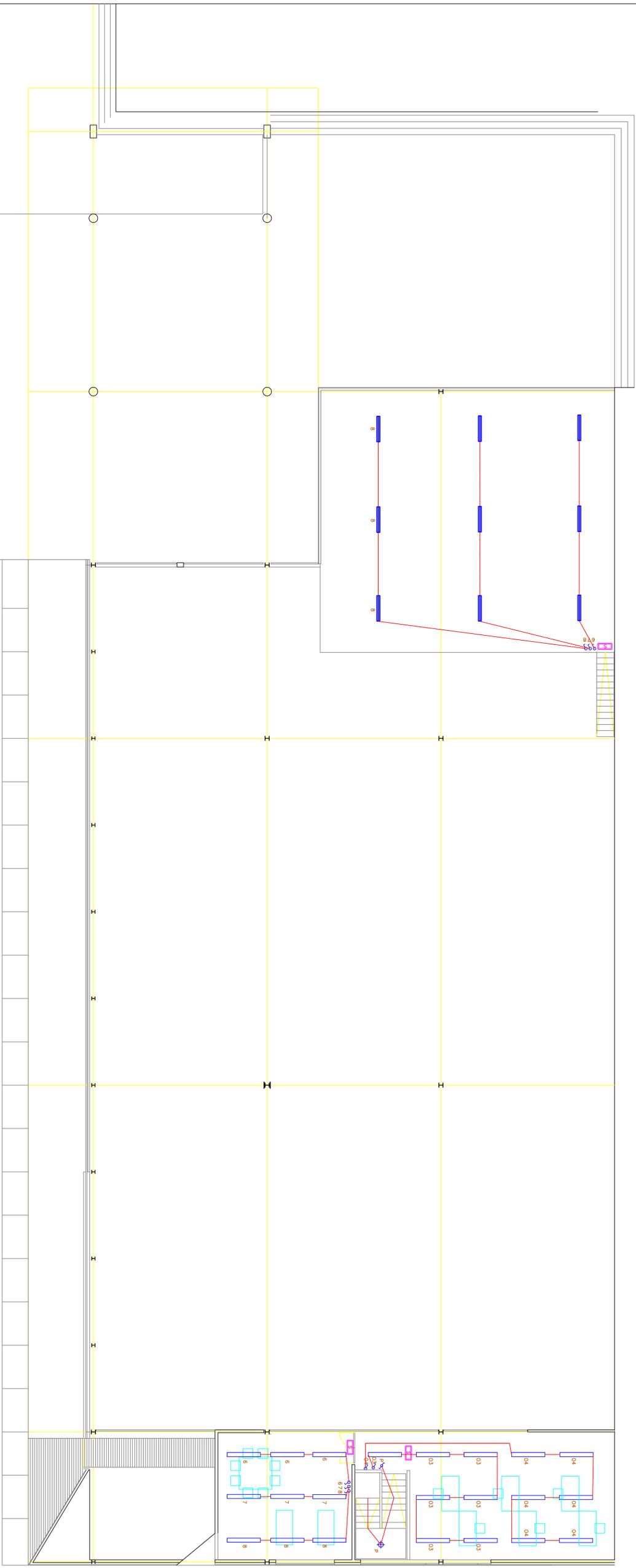
LEYENDA ALUMBRADO EXTERIOR

- ⚡ Lámparas fluorescentes metálicas 400W.
- ⚡ Lámparas fluorescentes empotradas en suelo 150W.

LEYENDA DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA

- ⚡ Apurto Autónomo de emergencia y señalización.

<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</p>	<p>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA</p>
	<p>PROYECTO: <b>INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION</b></p>	<p>REALIZADO: <b>PÉREZ ZORAUQUAN BORJA</b></p>
<p>PLANO: <b>ALUMBRADO PLANTA BAJA</b></p>	<p>FECHA: Octubre 2011</p>	<p>ESCALA: 1:100</p>



**LEYENDA ALUMBRADO INTERIOR**

- ⊕ Down Light 2x18w, con portalampos 024-d3.
- ⊕ Lámpara de descarga 250 W colocadas a 11m.
- ⊕ Lámpara de descarga 150 W colocadas a 11m.
- ⊕ Lámpara fluorescente estanca 2x38W colocadas a 2m).
- ⊕ Lámpara fluorescente estanca 1x28W colocadas a 2m).

**LEYENDA CONTACTORES**

- ⚡ Interruptor sencillo colocado a 1,5m del suelo.
- ⚡ Comutador colocado a 1,5m del suelo.
- ⚡ Cruzamiento.
- Ⓜ Botones para el encendido del alumbrado de la nave.

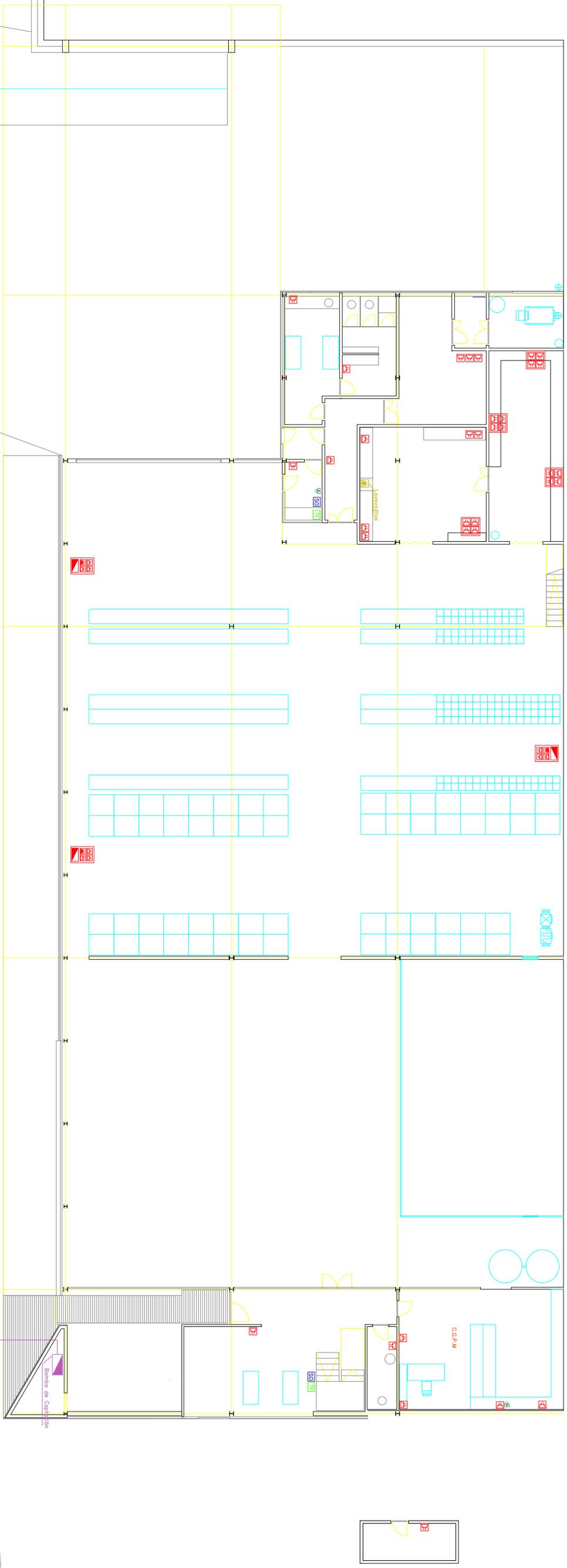
**LEYENDA ALUMBRADO EXTERIOR**

- ⚡ Lámparas fluorescentes metálicas 400W.
- ⚡ Lámparas fluorescentes empotradas en suelo 150W.

**LEYENDA DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA**

- ⚡ Aparato Autónomo de emergencia y señalización.

<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</p>
	<p>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</p>
<p>PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b></p>	<p>REALIZADO: <b>PÉREZ ZORRAQUAIN, BORJA</b></p>
<p>PLANO: <b>ALUMBRADO 1ª PLANTA</b></p>	<p>FECHA: Octubre 2011</p>
<p>ESCALA: 1:100</p>	<p>FIRMA: </p>



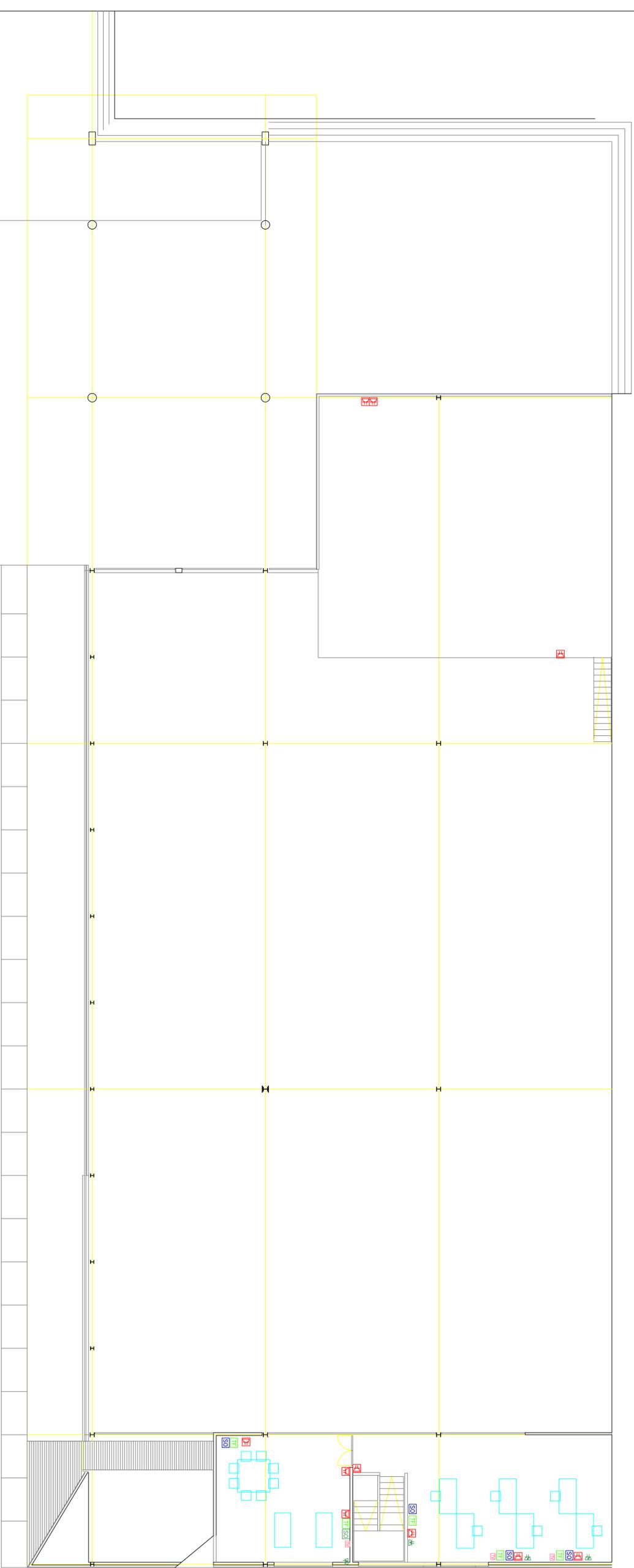
LEYENDA DE TOMAS DE CORRIENTE

	Toma de corriente 16/32A IV (varios usos).
	Toma de corriente 10/16A II (varios usos).
	Toma de corriente 10/16A II (ordenador).
	Lavavajillas.
	Salida cable para la conexión del ordenador.
	Toma de teléfono.
	Toma de televisión.

Arreglo de Bifases y bombas de estancque

Samba de conexión

<p>Universidad Pública de Navarra Mafarrokaleo Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E</p>	<p>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA</p>
	<p>PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b></p>	<p>REALIZADO: <b>PÉREZ ZORRAQUAIN, BORJA</b></p>
<p>PLANO: <b>TOMAS DE CORRIENTE PLANTA BAJA</b></p>	<p>FRMA: <b>PÉREZ ZORRAQUAIN, BORJA</b></p>	<p>ESCALA: <b>N. PLANO 7</b></p>



LEYENDA DE TOMAS DE CORRIENTE	
	Tomo de corriente 16/23A IV (varios usos).
	Tomo de corriente 10/16A II (varios usos).
	Tomo de corriente 10/16A II (ordenador).
	Lavaplatos.
	Salida cable para la conexión del ordenador.
	Tomo de teléfono.
	Tomo de televisión.



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO DE  
INGENIERIA ELECTRICA  
Y ELECTRONICA

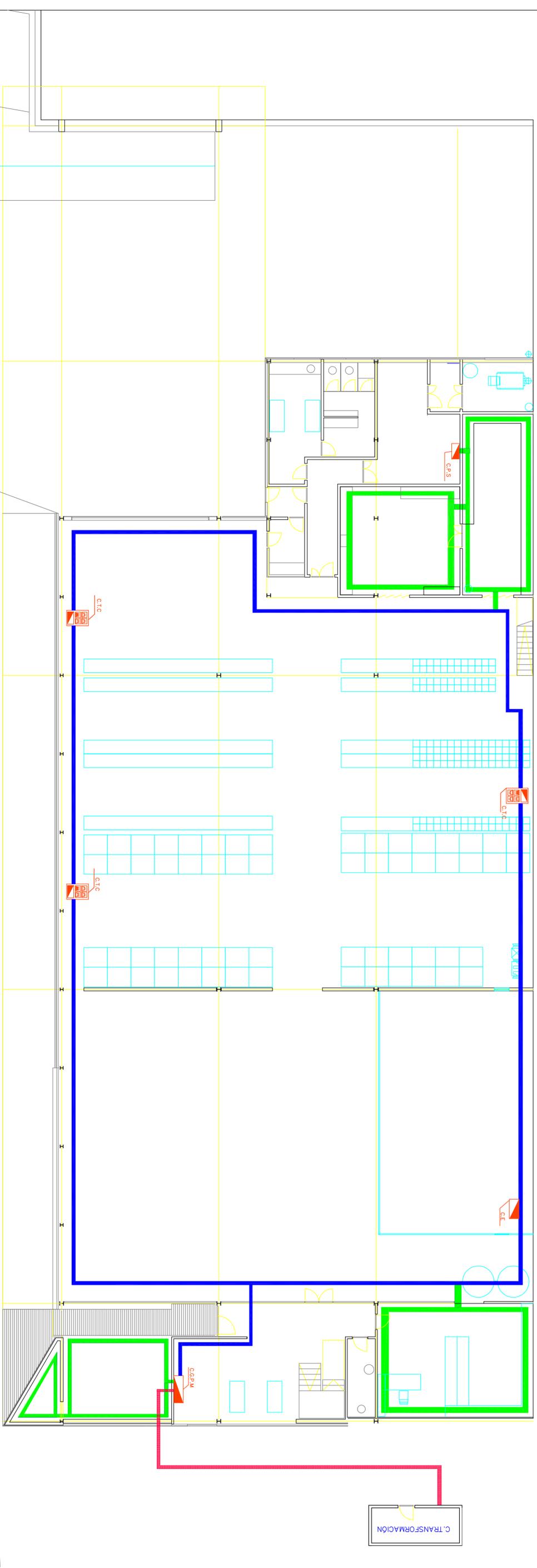
PROYECTO:  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL EN BAJA TENSIÓN CON  
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

REALIZADO:  
**PÉREZ, ZORAQUAIN, BORJA**

PLANO:  
**TOMAS DE CORRIENTE 1ª PLANTA**

FECHA: Octubre 2011  
ESCALA: 1:100  
N.º PLANO: 8

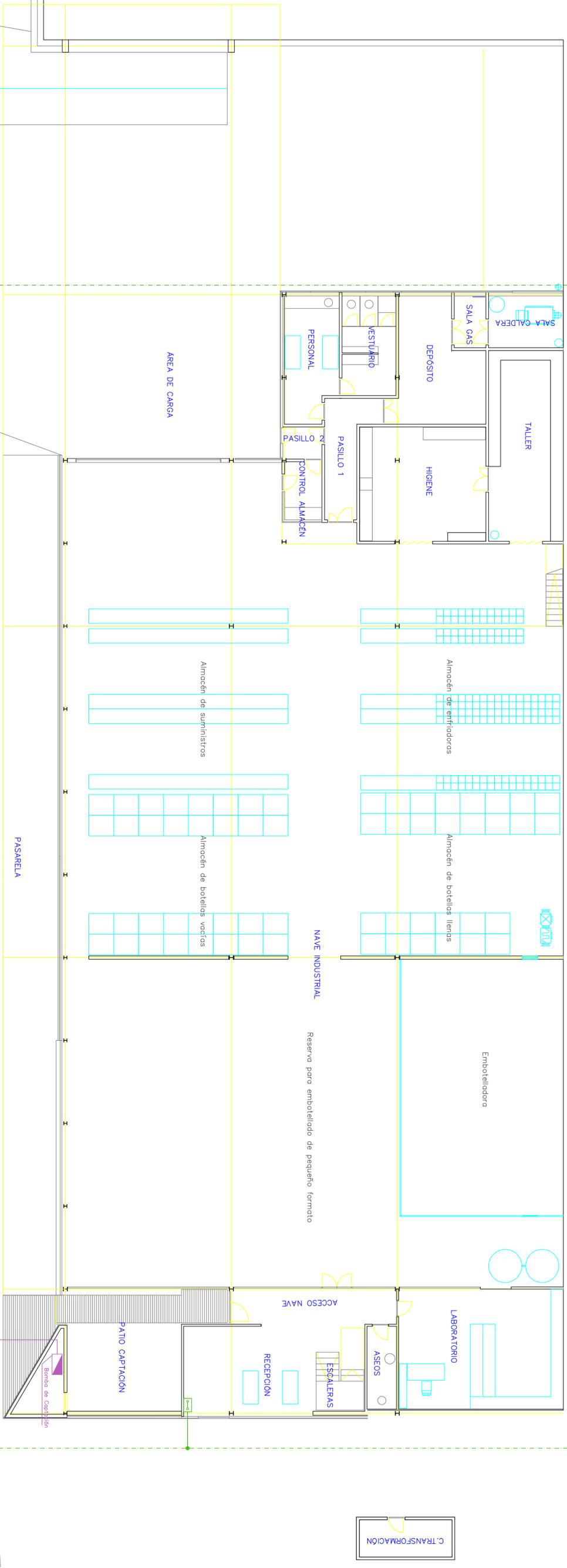




**LEYENDA CUADROS ELÉCTRICOS**

	Cuadro General de Protección y Medida.
	Cuadro Empalmadora.
	Cuadro de Grupo de presión y Servicios.
	Cuadro de Tomas de corriente.
	Bandeja perforables de malla de acero galvanizado de 400x35mm instalada a 6m de altura.
	Zanja 40x70mm con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra escorreda.
	Bandeja perforables de malla de acero galvanizado de 300x35mm instalada a 3m de altura.

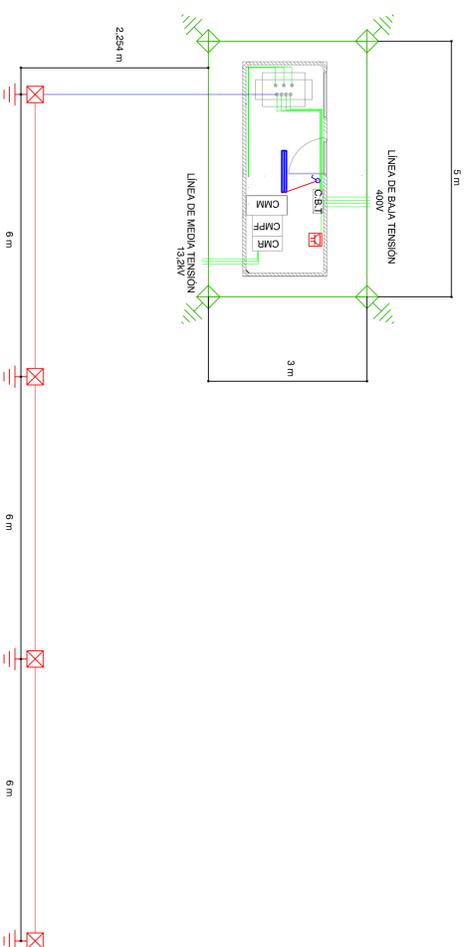
<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</p>
	<p>DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA</p>
<p>PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b></p>	<p>REALIZADO: <b>PÉREZ ZORRAQUAIN, BORJA</b></p>
<p>PLANO: <b>DISTRIBUCIÓN DE LOS CUADROS</b></p>	<p>FECHA: Octubre 2011</p>
<p>ESCALA: 1:100</p>	<p>N.º PLANO: 9</p>



LEYENDA DE LA PUESTA A TIERRA

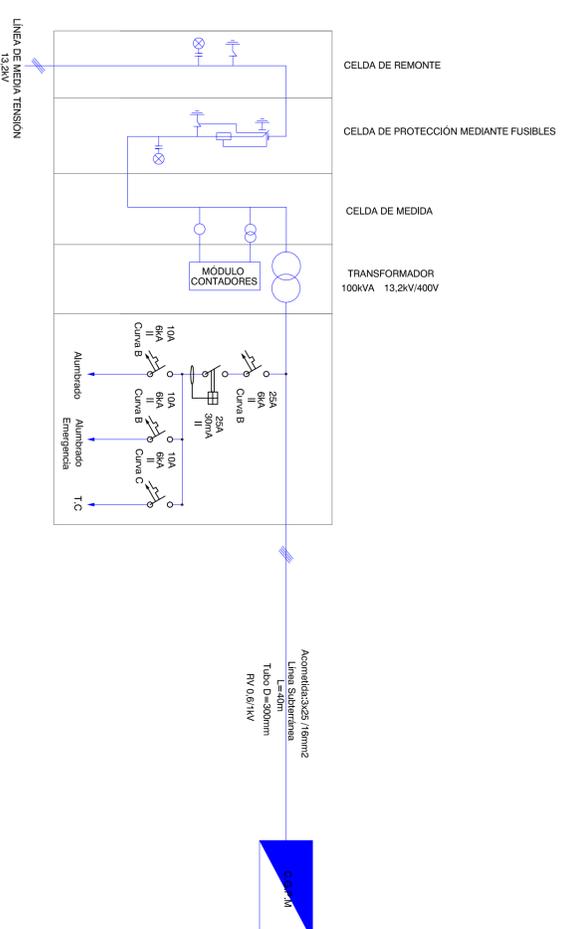
	Arqueta de registro.
	Pico de diámetro 14mm, longitud 2m y se encuentra a una profundidad de 0,8m.
	Caja de medición y seccionamiento de puesta a tierra.
	Conductor desnudo de cobre se sección 50 mm <sup>2</sup> a una profundidad de 0,8m.

 Universidad Pública de Navarra Departamento de Ingeniería Industrial E.	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO INDUSTRIAL E.
	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
PROYECTO: <b>INSTALACION ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACION</b>	REALIZADO: <b>PÉREZ ZORAQUAIN, BORJA</b>
PLANO: <b>PUESTA A TIERRA DE LA NAVE</b>	FECHA: Octubre 2011
ESCALA: <b>1:100</b>	N.º PLANO: <b>105</b>



LEYENDA CENTRO DE TRANSFORMACION

	Arqueto de registro.
	Pico de diametro 14mm, longitud 2m, y se encuentra a una profundidad de 0,5m.
	Conductor desnudo de cobre de sección 50 mm <sup>2</sup> .
	Conductor desnudo de cobre de sección 50 mm <sup>2</sup> .
	Conductor aislado (0,6/1kV) de cobre de sección 50 mm <sup>2</sup> .
	Interruptor sencillo colocado a 1,5m del suelo.
	Tomo de corriente estanca 16/32A IV (varios usos).
	Lámpara fluorescente estanca 2x36W adosado al techo.
	Cuadro eléctrico a 1,5m de altura desde el suelo.
	Celda de medida.
	Celda de protección mediante fusibles.
	Celda de remonte.

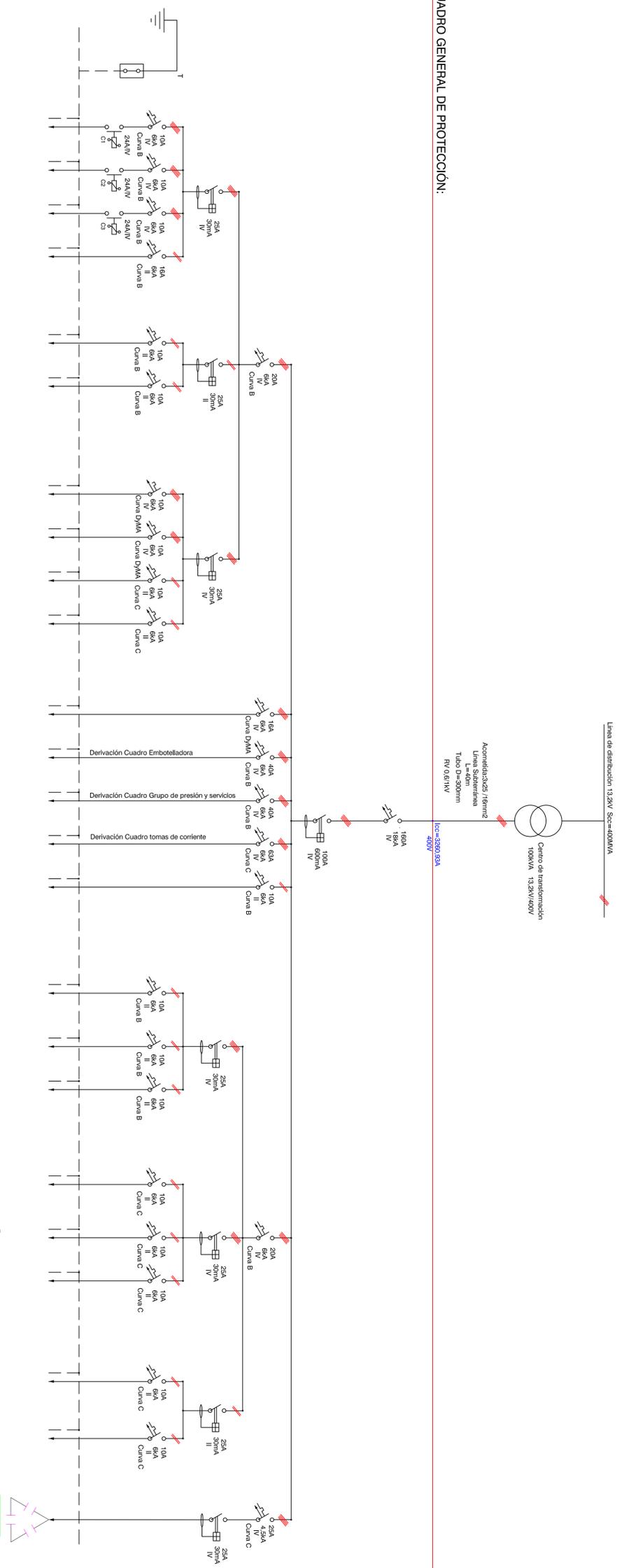


LEYENDA CELDAS DEL CENTRO DE TRANSFORMACION

	Seccionador de puesta a tierra.
	Detector capacitivo de tensión.
	Protección con fusible.
	3 Transformadores de intensidad 20A, 15VA, C.L. 0,5 y aislamiento 24kV.
	3 Transformadores de tensión 13200/110V, C.L. 0,5 y aislamiento 24kV.
	Interruptor Magnético térmico.
	Interruptor Diferencial.

<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</p>	<p>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA</p>
<p>PLANO: <b>CENTRO DE TRANSFORMACION</b></p>	<p>FECHA: Octubre 2011</p>	<p>ESCALA: N. PLANO: 1:100</p>

CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN:



RECEPTOR	POTENCIA ( w )	DESIGNACIÓN DEL CABLE
Al. Nave 1	2500	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> Bandeja
Al. Nave 2	1250	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> Bandeja
Al. Nave 3	2500	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> Bandeja
Al. Área carga	1600	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x4mm <sup>2</sup> +1G4mm <sup>2</sup> D=16mm. Empotrado en obra

Al. Patio Captac.	600	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> Bandeja
Al. Pasarela	1050	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x2,5mm <sup>2</sup> +1G2,5mm <sup>2</sup> D=16mm Empotrado en suelo.

Rampa Muelle	500	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> Bandeja
Puerta Mecánica	736	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> Bandeja
Filtro Estanque	500	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> Bandeja
Extracción	620	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> Bandeja

Bomba Captac.	6624	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> Bandeja
C.E.	19850	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x6/6mm <sup>2</sup> +1G6mm <sup>2</sup> Bandeja
C.P.S.	23532	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x16/10mm <sup>2</sup> +1G16mm <sup>2</sup> Bandeja
C.T.C.	35000	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x16/10mm <sup>2</sup> +1G16mm <sup>2</sup> Bandeja
Al. Emergencia 1ª Planta	104	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> Bandeja

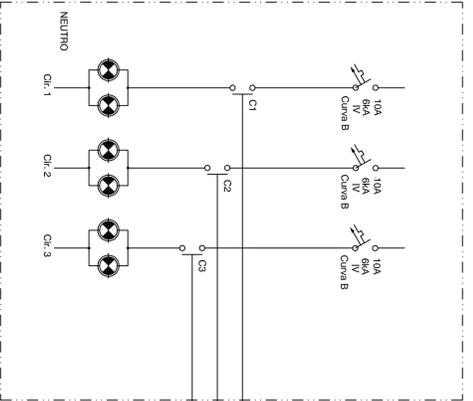
Al. Laboratorio	432	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> Bandeja
Al. Zona Común	792	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> D=16mm Empotrado en obra
Al. Planta 1ª	1276	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> D=16mm Empotrado en obra

T.C. Laboratorio	2200	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> Bandeja
T.C. Recepción	2200	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> D=16mm Empotrado en obra
T.C. Planta 1ª	2200	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> D=16mm Empotrado en obra

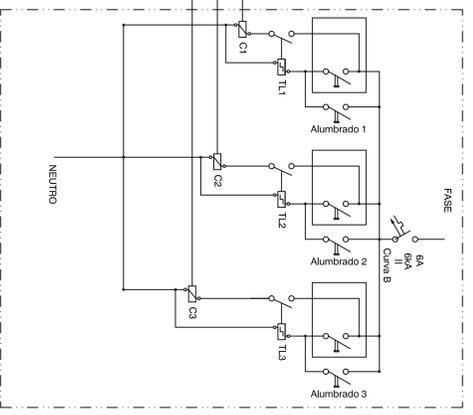
CPU Planta Baja	2200	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> D=16mm Empotrado en obra
CPU Planta 1ª	2200	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm <sup>2</sup> +1G1,5mm <sup>2</sup> D=16mm Empotrado en obra

Batería de condensadores		RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x4/4mm <sup>2</sup> Bandeja
--------------------------	--	--

CIRCUITO ALUMBRADO NAVE



ENCENDIDO DE ALUMBRADO NAVE



**LEYENDA UNIFILAR**

**INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO**  
 A = Intensidad nominal (Calibre).  
 K.A. = Poder de corte (Calibre).  
 C = Tipo de curva.  
 Cuneta B, C, Y/D/M/A = Tipo de curva.

**INTERRUPTOR DIFERENCIAL**  
 A = Intensidad nominal (Calibre).  
 m.A. = Sensibilidad (Calibre).  
 II o IV = Número de polos.

**RELE**

**CONTACTOR**

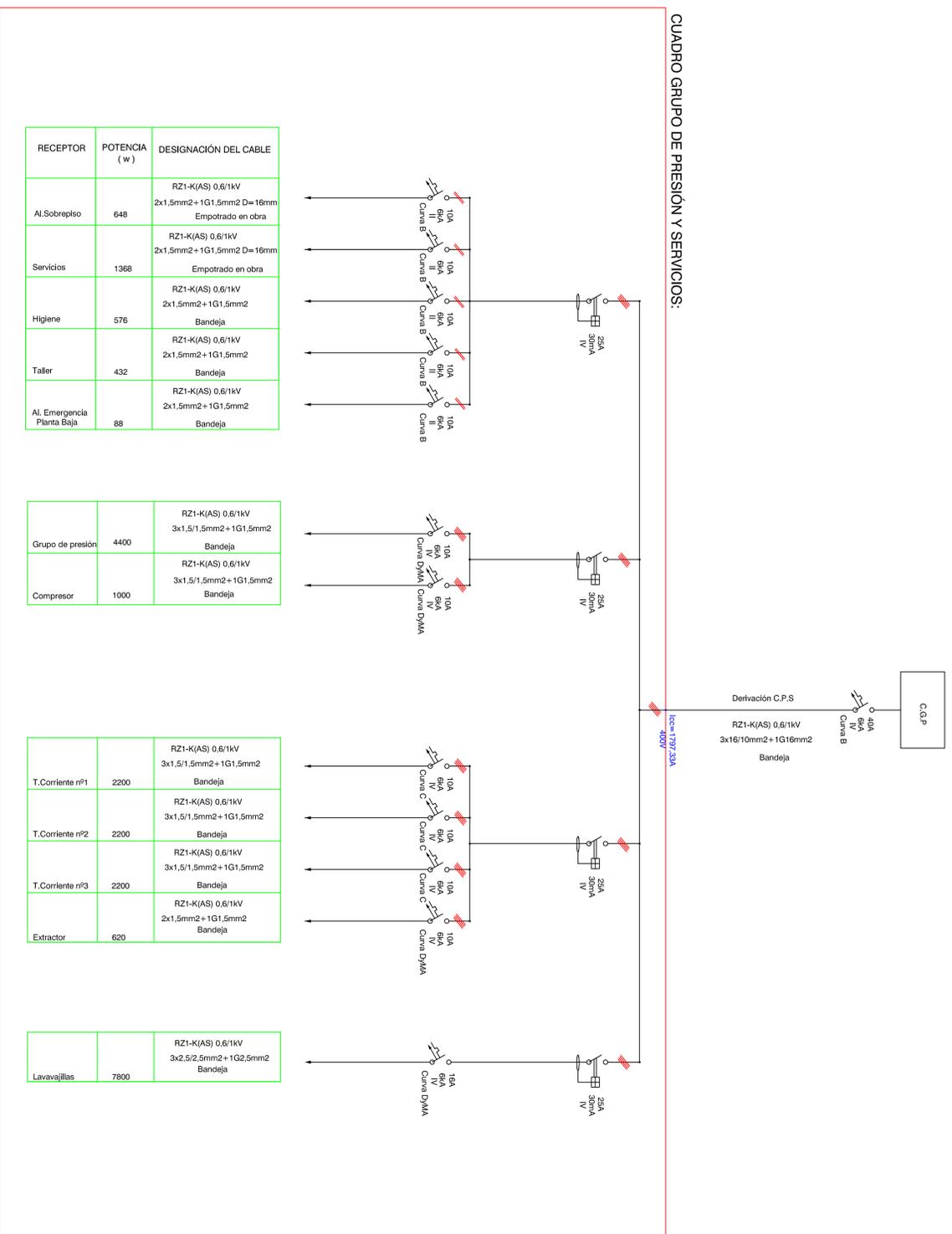
**BOBINA DEL RELE**

**PULSADOR**

<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</p>	<p>DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA</p>
<p>PLANO: <b>UNIFILAR DE LA C.G.P.M</b></p>	<p>FECHA: <b>12</b></p>	<p>ESCALA: <b>N. P. 12</b></p>



CUADRO GRUPO DE PRESIÓN Y SERVICIOS:



RECEPTOR	POTENCIA ( w )	DESIGNACIÓN DEL CABLE
Al. Sobreplso	648	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm2+1G1,5mm2 D=16mm Empotrado en obra
Servicios	1368	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm2+1G1,5mm2 D=16mm Empotrado en obra
Higiene	576	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm2+1G1,5mm2 Bandeja
Taller	432	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm2+1G1,5mm2 Bandeja
Al. Emergencia Planta Baja	88	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm2+1G1,5mm2 Bandeja

Grupo de presión	4400	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5mm2+1G1,5mm2 Bandeja
Compresor	1000	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5mm2+1G1,5mm2 Bandeja

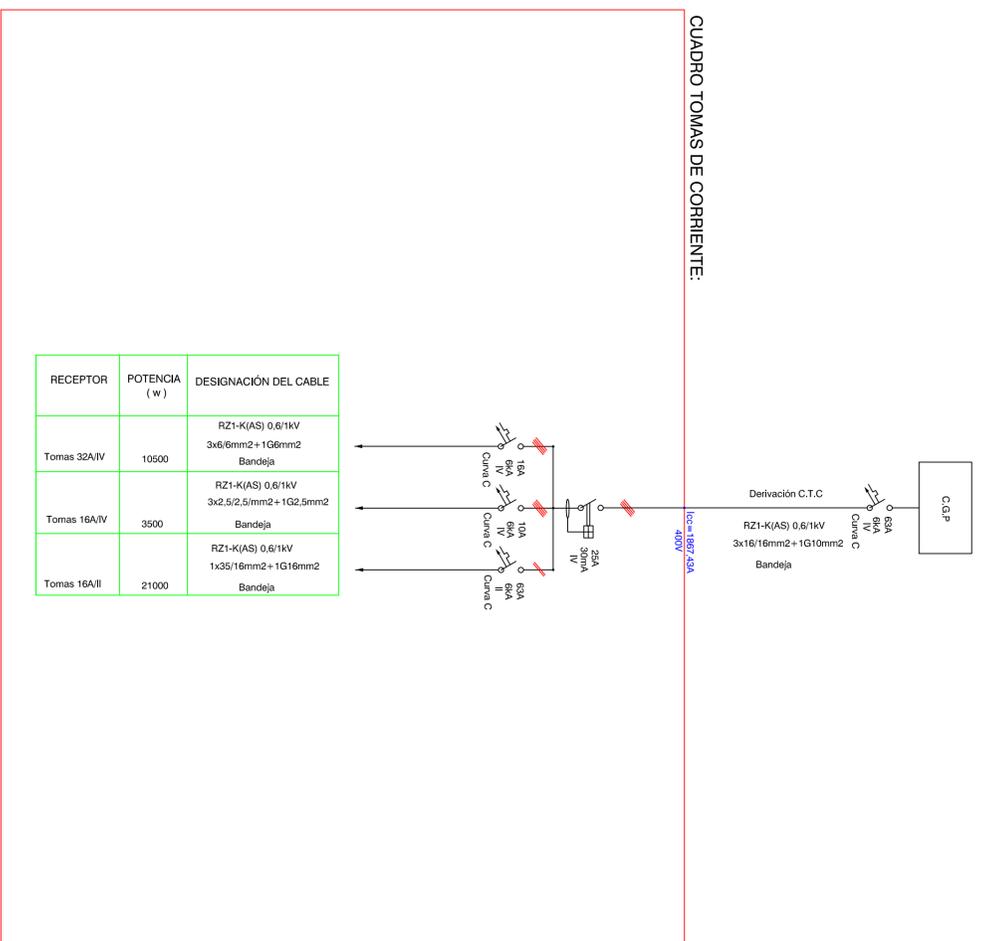
T. Corriente nº1	2200	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5mm2+1G1,5mm2 Bandeja
T. Corriente nº2	2200	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5mm2+1G1,5mm2 Bandeja
T. Corriente nº3	2200	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5mm2+1G1,5mm2 Bandeja
Extractor	620	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5mm2+1G1,5mm2 Bandeja

Lavavajillas	7800	RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x2,5/2,5mm2+1G2,5mm2 Bandeja
--------------	------	---

LEYENDA UNIFILAR

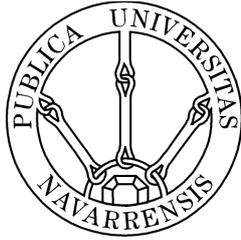


<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</p>	<p>DEPARTAMENTO: INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</p>
<p>PLANO: UNIFILAR DE LA C.P.S</p>	<p>FECHA: Octubre 2011</p>	<p>ESCALA: N. P.</p>



LEYENDA UNIFILAR	
	<b>INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO</b> A = Intensidad nominal (Calibre) II o IV = Número de polos Curva B, C y D/MKA = Tipo de curva.
	<b>INTERRUPTOR DIFERENCIAL</b> A = Intensidad nominal (Calibre) mA = Sensibilidad II o IV = Número de polos.

 Universidad Pública de Navarra Navarra Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO:
PLANO: <b>UNIFILAR DE LA C.T.C</b>		FIRMA: <b>PÉREZ ZORAQUAIN BORJA</b>
FECHA:	ESCALA:	N.º FOLIOS:
Octubre 2011		1º



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 4:

PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Borja Pérez Zoraquiain

Tutor: Félix Arróniz Fdez. de Gaceo

Pamplona, 6 de Octubre de 2011



<b>INDICE:</b>	<b>PLIEGO DE CONDICIONES</b>	<b>PÁGINAS</b>
	1. Objeto.	3
	2. Condiciones generales.	3-4
	2.1. Normas generales.	3
	2.2. Ámbito de aplicación.	3
	2.3. Conformidad y variación de las condiciones.	3
	2.4. Restricciones del contrato.	4
	2.5. Condiciones generales.	4
	3. Condiciones generales de ejecución.	4-6
	3.1. Datos de la obra.	4
	3.2. Obras que comprende.	5
	3.3. Mejoras y variación del proyecto.	5
	3.4. Personal.	6
	3.5. Abono de la obra.	6
	4. Condiciones particulares.	7
	4.1. Disposiciones aplicables.	7
	4.2. Contradicciones y omisión del proyecto.	7
	4.3. Prototipos.	7
	5. Normativa general.	8
	6. Redes subterráneas de baja tensión.	9-11
	6.1. Objetivo.	9
	6.2. Condiciones generales.	9
	6.3. Ejecución del trabajo.	9
	6.4. Trazado de zanjas.	9
	6.5. Tendido de conductores.	9
	6.6. Identificación del conductor.	11
	6.7. Cierre de zanjas.	11
	7. Receptores.	11-13
	7.1. Condiciones generales de la instalación.	11
	7.2. Receptores de alumbrado. Instalación	12
	7.3. Conexión de receptores.	12
	7.4. Receptores a motor. Instalación.	13
	7.5. Materiales auxiliares.	13
	8. Protección contra sobretensiones y sobretensiones.	13-14
	8.1. Protección de las instalaciones.	13
	8.2. Situación de los dispositivos de protección.	14
	8.3. Características de los dispositivos de protección.	14
	9. Protección contra contactos directos e indirectos.	15-16
	9.1. Protección contra contactos directos.	15
	9.2. Protección contra contactos indirectos.	15
	9.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.	16
	10. Alumbrados especiales.	17-18



	10.1. Alumbrado de emergencia.	17
	10.2. Alumbrado de señalización.	17
	10.3. Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales.	18
	10.4. Fuentes propias de energía.	18
	10.5. Instrucciones complementarias.	18
	11. Local.	18-20
	11.1. Prescripciones de carácter general.	18
	12. Mejoramiento del factor de potencia.	20
	13. Puestas a tierra.	20-21
	13.1. Generalidades.	20
	13.2. Ensayos.	21



## **1. OBJETO.**

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir al contratista el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas se especifican en el Proyecto.

El trabajo eléctrico consistirá en la instalación eléctrica completa de fuerza, alumbrado interior, alumbrado exterior, toma tierra y el centro de transformación de la nave industrial dedicada al embotellamiento de agua.

La nave industrial estará situada en el municipio de Arteta (Navarra).

## **2. CONDICIONES GENERALES.**

### **2.1. Normas generales.**

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional, autonómico como municipal, así como, todas las otras que se establezcan en la Memoria Descriptiva del mismo.

Se adaptarán además, a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los Reglamentos y Normas citadas.

### **2.2. 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.

### **2.3. Conformidad y variación de las condiciones.**

Se aplicarán estas condiciones para todas incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista, conoce estos pliegos, no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudiera introducir el autor del proyecto.



## 2.4. Restricciones del contrato.

Se consideraran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Primero: Muerte o incapacitación del contratista.
- Segunda: La quiebra del contratista.
- Tercera: Modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.
- Cuarta: Modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
- Quinta: La no iniciación de las obras en el plazo estimado cuando sea por causas ajenas a la propiedad.
- Sexta: La suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de suspensión sea mayor de seis meses.
- Séptima: Incumplimiento de las condiciones del contrato cuando implique mala fe.
- Octava: Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
- Novena: Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
- Décima: Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

## 2.5. Condiciones generales.

El contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en sucesivo se dicten. En particular deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 2402 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente pliego de condiciones.

## 3. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN.

### 3.1. Datos de la obra.

Se entregará al contratista una copia de la memoria, planos y pliego de condiciones, así como cuantos datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la memoria, presupuesto y anexos del proyecto.

El contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al director de la obra después de su utilización.



Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses después de la terminación de los trabajos, el contratista deberá actualizar diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al director de obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones, en los datos fijados en el proyecto, salvo por aprobación previa del director de obra.

### **3.2. Obras que comprende.**

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiere, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, considerando como 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.

### **3.3. Mejoras y variación del proyecto.**

No se considerarán como mejoras o variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por el director de obra y se haya convenido el precio del proceder a su ejecución.

Las obras delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del contratista.



### **3.4. Personal.**

El contratista no podrá utilizar personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores, personal idóneo, el cual deberá atender cuantas ordenes procedan de la dirección técnicas de las obras, estando a la expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido. El contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad a los vecinos o terceros en general.

El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

### **3.5. Abono de la obra.**

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden. Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuara de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

Cuando la propiedad o le director de la obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción sea en el curso de ejecución de la obra o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión necesaria. Los gastos de estas operaciones serán de cuenta del contratista, cuando se confirmen los vicios o defectos supuestos.



## **4. CONDICIONES PARTICULARES.**

### **4.1. Disposiciones aplicables.**

Antes de las disposiciones contenidas en este pliego de condiciones, serán de aplicación en todas las instalaciones lo siguiente:

- Todas las disposiciones generales vigentes para la contratación de obras públicas.
- Normas UNE del instituto de normalización Española y aplicándose ante la no existencia de dicha normativa, las especificaciones recogidas en las normas internacionales ISO; CIE; CEI o en su defecto DIN; UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía.

### **4.2. Contradicciones y omisión del proyecto.**

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y memoria, prevalecerá lo prescrito en esta última.

Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra en este pliego de condiciones, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si estuviesen correctamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.

### **4.3. Prototipos.**

Antes de comenzar la obra, el adjudicatario podrá someter a la aprobación de la Dirección de Obras un prototipo de alguno de los materiales de los que consta el proyecto, con los cuales podrá realizar los ensayos que estime oportunos.

Tanto los materiales como el importe de los ensayos, serán por cuenta del adjudicatario.



## 5. NORMATIVA GENERAL.

- 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.



## **6. REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN.**

### **6.1. Objetivo.**

Se determinan las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras en la instalación de redes subterráneas de distribución.

### **6.2. Condiciones generales.**

Se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la ejecución de las redes subterráneas de baja y media tensión.

Cualquier duda de cualquier tipo que pueda surgir de la interpretación del presente pliego durante el periodo de construcción, será resuelta por el director de Obra, cuya interpretación será aceptada íntegramente.

### **6.3. Ejecución del trabajo.**

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

### **6.4. Trazado de zanjas.**

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las tomas donde se dejarán las llaves para la contención del terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado. Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios, así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos. Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a colocar.

### **6.5. Tendido de conductores.**

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre en cuenta que el



radio de curvatura del cable sea superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.

En todo caso el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable. Cuando los cables se tienden a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja. También se puede tender mediante cabrestantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por 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.



## 6.6. Identificación del conductor.

Los cables deberán llevar marcas que indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características. Estas marcas serán grabadas de forma indeleble y se distanciarán entre sí unos 30 cm, tal y como se indica en las normas UNE-21123 y R.U3305.

## 6.7. Cierre de zanjas.

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación, debiendo realizarse los primeros 20 centímetros de forma manual.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El contratista será el responsable de los hundimientos que se produzcan y serán de su cuenta las posteriores reparaciones oportunas. La carga y el transporte a vertederos de las tierras sobrantes están incluidos en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

## 7. Receptores.

### 7.1. Condiciones generales de la instalación.

Los receptores que se instalen tendrán que cumplir los requisitos de correcta utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc...), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento.

Soportarán la influencia de agentes exteriores a que estén sometidos en servicio: polvo, humedad, gases, etc.

Los circuitos que formen parte de los receptores salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar las prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobreintensidades siendo de aplicación para ellos lo dispuesto en la instrucción ITC BT-22. Se adoptarán las características intensidad-tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.



## 7.2. Receptores de alumbrado. Instalación.

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ellos los conductores que llevan la corriente a las mismas. Las armaduras irán firmemente enganchadas a los techos mediante tirafondos atornillados o sistema similar. Si se emplea otro sistema de suspensión, este deberá ser firme y estar aislado totalmente de la armadura.

En caso de lámpara fluorescente se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleven una corrección del factor de potencia de por lo menos hasta 0,90.

Para la instalación de lámparas suspendidas en el exterior, se seguirá lo dispuesto a la ITC-BT-09 del RBT.

## 7.3. Conexión de receptores.

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación de alimentación. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la ITC-BT-43.

Se admitirá, cuando prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecte a un conjunto de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por intermedio de un conductor movable, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

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

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación, alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, la envolvente exterior del conductor no será de materia termoplástica.



La conexión de conductores móviles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente
- Cajas de conexión
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos móviles.

#### **7.4. Receptores a motor. Instalación.**

Los motores se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. No estarán nunca en contacto con materiales fácilmente combustibles, guardando las siguientes distancias de seguridad:

- 0,5 metros si la potencia del motor es igual o menor a 1 KW.
- 1 metro si la potencia nominal es superior a 1 KW.

Todos los motores de potencia superior a 0,25 CV, y todos los situados en los locales con riesgo de incendio o explosión, tendrán su instalación propia de protección. Esta constará de por lo menos un juego de fusibles cortacircuitos de acuerdo con las características del motor.

También se dotará al motor de un sistema de protección contra la falta de tensión mediante un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a éste.

#### **7.5. Materiales auxiliares.**

Toda la tornillería, así como arandelas, tuercas, contratueras, etc., que se utilizan como material auxiliar de la instalación eléctrica, serán de acero inoxidable. La pasta de sellado de tubos metálicos, cajas de derivación, etc., será por cuenta del contratista.

Todos los tubos protectores de PVC estarán sellados con espuma de poliuretano o producto equivalente.

## **8. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES.**

### **8.1. Protección de las instalaciones.**

- Protección contra sobrecargas.

El circuito estará protegido contra los efectos de las sobrecargas 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 sobrecargas 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.

- Protección contra sobrecargas.

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

El dispositivo de protección general puede estar constituido por un interruptor automático de corte omipolar o por un interruptor automático que corte únicamente los conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor neutro.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

## **8.2. Situación de los dispositivos de protección.**

Todos los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en la 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.

## **8.3. Características de los dispositivos de protección.**

Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentado el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.

Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger en su funcionamiento a las curvas intensidad-tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierra. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la



intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores automáticos, llevarán marcada su intensidad y tensión nominales, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse y el símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

## **9. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.**

### **9.1. Protección contra contactos directos.**

Para considerar satisfactoria la protección contra los contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

- a) Alejamiento de las partes activas de la instalación del lugar donde circulen las personas habitualmente con un mínimo de 2,5 metros hacia arriba, 1 metro abajo y 1 metro lateralmente.
- b) Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse en su función.
- c) Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1mA.

### **9.2. Protección contra contactos indirectos.**

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc. , que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección más adecuada.

Para instalaciones con tensiones superiores a 250 V con relación a tierra es necesario establecer sistemas de protección, cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos pueden ser de las clases siguientes:



### Clase A:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos.
- Empleo de pequeñas tensiones.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección; inaccesibilidad simultáneamente de elementos conductores y masas.
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección
- Conexiones equipotenciales.

### Clase B:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

La aplicación de los sistemas de protección de la Clase A no es generalmente posible, sin embargo se pueden aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.

### **9.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.**

Este sistema de protección consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

En instalaciones con el punto neutro unido directamente a tierra (como es el caso):

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a:
  - 24 voltios en locales conductores.
  - 50 voltios en los demás casos.
- Todas las masas de una instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Se utilizarán como dispositivos de corte automáticos sensibles a la corriente de defecto interruptores diferenciales. Los diferenciales provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.



El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en su tiempo conveniente a la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

## **10. ALUMBRADOS ESPECIALES.**

### **10.1. Alumbrado de emergencia.**

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del personal hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Este alumbrado se instalará en las salidas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Si hay un cuadro principal de distribución, en el local donde este se instale, así como sus accesos, estarán provistos de alumbrado de emergencia.

Deberá entrar en funcionamiento al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70% de su tensión nominal.

### **10.2. Alumbrado de señalización.**

Es el que se instala para funcionar de modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezcan con público. Deberá ser alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica. Deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización falle, o su tensión baje a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización pasará automáticamente al segundo suministro.

Cuando los locales o dependencias que deban iluminarse con este alumbrado, coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz de ambos alumbrados podrán ser los mismos.



### **10.3. Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales.**

- 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.

### **10.4. Fuentes propias de energía.**

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos automáticos autónomos o grupos electrógenos; la puesta en funcionamiento de unos y otros se producirá al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidores de la energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal. La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas.

### **10.5. Instrucciones complementarias.**

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales estarán protegidas por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en el local existen varios puntos de luz estos deberán ser alimentados por, al menos, dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

## **11. LOCAL.**

### **11.1. Prescripciones de carácter general.**

Las instalaciones en los locales a los que afectan las presentes prescripciones, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan:

- Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente o, igualmente, y el caso en que existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia lo justifique.



- El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocará junto o sobre él el dispositivo de mando y protección preceptivo según la instrucción MI BT 16. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará, de todas formas en dicho punto, un dispositivo de mando y protección. Del citado general saldrá las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios.
- 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 (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates...), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre en el cuadro general.
- 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.



## 12. MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA.

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencial inferior a 0,90 deberán ser compensadas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las dos formas siguientes:

- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor; es decir funcionen simultáneamente.
- Por la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior a un 10% del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.

Cuando se instales condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.

## 13. PUESTAS A TIERRA.

### 13.1. Generalidades.

En cada instalación se efectuará una red de tierra. El conjunto de líneas y tomas de tierra tendrán unas características tales, que las masas metálicas no podrán ponerse a una tensión superior a 24V, respecto de la tierra

Todas las carcasas de aparatos de alumbrado, así como enchufes..., dispondrán de su toma de tierra, conectada a una red general independiente de la de los centros de transformación y de acuerdo con el Reglamento de BT.

Las instalaciones de toma de tierra, seguirán las normas establecidas en el RBT y sus instrucciones complementarias.

Los materiales que compondrán la red de tierra estarán formados por placas, electrodos, terminales, cajas de pruebas con sus terminales de aislamiento y medición, etc...

Donde se prevea falta de humedad o terreno de poca resistencia se colocarán tubos de humidificación además de reforzar la red con aditivos químicos. La resistencia mínima a corregir no alcanzará los 4 ohmios.



### **13.2. Ensayos.**

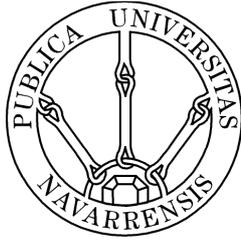
La recepción de los materiales se hará comprobando que cumplan las condiciones funcionales y de calidad fijadas en el RBT y en el resto de normativa vigente.

Cuando el material llegue a la obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de dichas normativas, su recepción se realizará comprobando únicamente sus características aparentes.

El tipo de ensayos a realizar, así como su número y las condiciones de no aceptación automática serán los fijados por la NTE-IEP/1973: “Instalaciones de electricidad: Puesta a Tierra”.

**Pamplona, Octubre 2011**

**Borja Pérez Zoraquiain**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL  
EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN”

DOCUMENTO 5:

PRESUPUESTO

Alumno: Borja Pérez Zoraquiain

Tutor: Félix Arróniz Fdez. de Gaceo

Pamplona, 6 de Octubre de 2011

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO I CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>				
<b>SUBCAPÍTULO 0 OBRA CIVIL</b>				
0.1.	u OBRA CIVIL			
	Excavación de foso para alojar el edificio prefabricado, apertura por medios mecánicos, en cualquier tipo de terreno de 3,28m de largo, 2,38m de ancho y una profundidad 0,56m, retirada productos de excavación y transporte a vertedero. Incluido accesorios y mano de obra.	1,00		
		1,00	812,50	812,50
	<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 0 OBRA CIVIL .....</b>			<b>812,50</b>

<b>SUBCAPÍTULO 0.1 CASETA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>				
0.1.0	u CASETA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN			
	Edificio de hormigón prefabricado colocado.Incluyendo el transporte. Marca: ORMAZABAL Modelo: PFU-3	1,00		
		1,00	6.250,00	6.250,00
	<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 0.1 CASETA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....</b>			<b>6.250,00</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>SUBCAPÍTULO 0.2 TRANSFORMADOR</b>				
0.2.	<b>TRANSFORMADOR</b> Transformador trifásico de 100kVA. Incluyendo transporte y montaje. 24kV/420V Conexionado: Dyn 11 Marca: ORMAZABAL Refrigeración: natural Aislamiento: aceite mineral.	1,00		
		1,00	4.715,00	4.715,00
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 0.2 TRANSFORMADOR .....</b>				<b>4.715,00</b>
<b>SUBCAPÍTULO 0.3 APARAMENTA MEDIA TENSIÓN</b>				
0.3.1	<b>u CELDA DE LÍNEA DE ENTRADA</b> Celda de línea de entrada CGM-CML-24. Incluso transporte y montaje. Marca: ORMAZABAL Celda dotada con un interruptor seccionador de tres posiciones, permite comunicar el em- barrado de conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar es- ta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de media tensión.	1,00		
		1,00	1.375,00	1.375,00
0.3.2	<b>u CELDA DE MEDIDA</b> Celda de medida CGM-CMM-24. Incluso transporte y montaje. Marca: ORMAZABAL	1,00		
		1,00	4.642,50	4.642,50
0.3.3	<b>u CELDA DE PROTECCIÓN</b> Celda de medida CGM-CMM-24. Incluso transporte y montaje. Marca: ORMAZABAL Incluye tres fusibles limitadores de 24kV y 63A.	1,00		
		1,00	4.257,50	4.257,50

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
			<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 0.3 APARAMENTA MEDIA TENSIÓN .....</b>	
				<b>10.275,00</b>
<b>SUBCAPÍTULO 0.4 APARAMENTA BAJA TENSIÓN</b>				
<b>0.4.1</b>	<b>u ARMARIO METÁLICO DE SUPERFICIE 12 MODULOS</b>			
	Armario Cofret metálico de distribución. Marca: MERLIN GERIN con puerta metálica de 12 módulos. Dimensiones: 310X344X90 30% reserva.			
		1,00		
		1,00	48,47	48,47
<b>0.4.2</b>	<b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 2P-25A</b>			
	Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado. Marca: MERLIN GERIN Modelo: C60H multi 9 Poder de corte: 6KA. Curva: C Polos: II Ia: 25A			
		1,00		
		1,00	112,06	112,06
<b>0.4.3</b>	<b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 2P-10A</b>			
	Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado. Marca: MERLIN GERIN Modelo: C60H multi 9 Poder de corte: 6KA. Curva: B y C Polos: II Ia: 16A			
		1,00		
		1,00	103,11	103,11

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
0.4.4	<p><b>u INTERRUPTOR DIFERENCIAL 2/25/30mA.</b></p> <p>Interruptor diferencial modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: ID MULTI 9            Senssibilidad: 30mA.            INSTANTANEO            Polos: II            Ia: 25A</p>	1,00		
		1,00	26,33	26,33
0.4.5	<p><b>m CABLE RZ1-K(AS) 0,6/1kV 1x2,5 mm2</b></p> <p>Metros de línea totalmente colocado compuesto por:</p> <p>Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS            Hilos: 1x2,5mm2            Marca: General Cable</p>	20,00		
		20,00	0,43	8,60
0.4.6	<p><b>m CABLE RZ1-K(AS) 0,6/1kV 1x1,5 mm2</b></p> <p>Metros de línea totalmente colocado compuesto por:</p> <p>Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS            Hilos: 1x1,5mm2            Marca: General Cable</p>	30,00		
		30,00	0,31	9,30
0.4.7	<p><b>m TUBO POLICLORURO DE VINILO CORRUGADO 16mm</b></p> <p>Metros de tubo de termoplástico PVC corrugado, de 16mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C totalmente colocado.</p>	4,00		
		4,00	0,20	0,80
0.4.8	<p><b>u EXTINTOR</b></p> <p>Extintor 6kg de CO2</p>	1,00		
		1,00	24,82	24,82

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
0.4.9	<p><b>u MÓDULO DE CONTADORES</b></p> <p>Módulo de contadores trifásico totalmente colocado.            Modelo: URIARTE UR-CPMT300E-T            Potencia: 198kW</p>	1,00		
		1,00	573,75	573,75
0.4.10	<p><b>u MANO DE OBRA</b></p> <p>Mano de obra de colocación y conexión de todos los componentes de la aparamente de baja tensión.</p>	1,00		
		1,00	250,00	250,00
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 0.4 APARAMENTA BAJA TENSIÓN .....</b>				<b>1.157,24</b>
<b>SUBCAPÍTULO 0.5 PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>				
0.5.1	<p><b>u TIERRA DE PROTECCIÓN</b></p> <p>Tierra de protección del centro de transformación realizada en anillo 5x6m a 0,5m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50mm<sup>2</sup> y 4 picas de acero recubierto de cobre de 14mm de diámetro y 6 metros de largo. Incluso línea de tierra interior formada por conductor de cobre desnudo de 50mm<sup>2</sup>. Incluso arquetas de registros y caja de seccionamiento. Incluso soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada.</p>	1,00		
		1,00	1.875,00	1.875,00
0.5.2	<p><b>u TIERRA DE SERVICIO</b></p> <p>Tierra de Servicio realizada en hilera con 18m de conductor de cobre desnudo de 50mm<sup>2</sup> uniendo 4 picas de 14 mm de diámetro y 2m de longitud separada 4m entre sí a 0,5m de profundidad, unido al centro de transformación por conductor de cobre de 50mm<sup>2</sup> RV-K 0,6/1kV. Incluso arquetas de registros y caja de seccionamiento. Totalmente instalada y conexionada.</p>	1,00		
		1,00	1.950,00	1.950,00
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 0.5 PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....</b>				<b>3.825,00</b>

**PRESUPUESTO Y MEDICIONES**  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE**  
**INDUSTRIAL**

<b>CÓDIGO</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE</b>
	<b>TOTAL CAPÍTULO I CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....</b>			<b>27.034,74</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO II INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>				
<b>SUBCAPÍTULO 2 ACOMETIDA</b>				
2.1	<b>m CABLE RV-K(AS) 0,6/1kV 3x25 mm<sup>2</sup> / 16mm<sup>2</sup>.</b> Metros de cable RV-K (AS) 0,6/1kV de 3x25 mm <sup>2</sup> / 1x16 mm <sup>2</sup> Cu. Marca: General Cable.	40,00		
		40,00	11,70	468,00
2.2	<b>m TUBO POLIETILENO RETICULADO (XLPE) 50 mm.</b> Metros de Tubo XLPE corrugado de doble pared, de 50mm de diámetro, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R de resistencia al aplastamiento 450N.	40,00		
		40,00	1,11	44,40
2.3	<b>u HORAS DE MANO DE OBRA</b> Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	10,00		
		10,00	25,00	250,00
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 2 ACOMETIDA .....</b>				<b>762,40</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE																																				
<b>SUBCAPÍTULO 3 PROTECCIONES</b>																																								
<b>APARTADO 3.1 CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN</b>																																								
<b>3.1.1</b>	<b>u ARMARIO (1830X595X250)mm.</b>																																							
	<p>Armario, totalmente colocado y conexionado, incluso pequeño material, embarrado de tierra, puesta a tierra de elementos metálicos del cuadro, canaletas, conductores con marcadores y punteras, material auxiliar, soportes de fijación, cerradura con llave y mano de obra incluidos.</p> <p>Marca: MERLIN GERIN            Serie: PRISMA PLUS G            Colocación: SUPERFICIE            Módulos: 240, 10 FILAS            Dimensiones:1830X595X250            Puerta: TRANSPARENTE            IP30</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>"Refr"</th> <th>"Cdad"</th> <th>"Designación"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"08204"</td> <td>"1"</td> <td>"ARMARIO"</td> </tr> <tr> <td>"08274"</td> <td>"1"</td> <td>"PASILLO LATERAL"</td> </tr> <tr> <td>"08817"</td> <td>"1"</td> <td>"UNIONES ENTRE CUERPOS"</td> </tr> <tr> <td>"08234"</td> <td>"1"</td> <td>"PUERTA TRANSPARENTE"</td> </tr> <tr> <td>"08282"</td> <td>"1"</td> <td>"PUERTA LATERAL PLENA"</td> </tr> <tr> <td>"03050"</td> <td>"1"</td> <td>"PLACA SOPORTE NSX160 CON VIGI"</td> </tr> <tr> <td>"03293"</td> <td>"1"</td> <td>"TAPA PERFORADA"</td> </tr> <tr> <td>"03203"</td> <td>"10"</td> <td>"VENTANA"</td> </tr> <tr> <td>"03803"</td> <td>"1"</td> <td>"VENTANA PLENA"</td> </tr> <tr> <td>"03001"</td> <td>"11"</td> <td>"CARRIL MODULAR"</td> </tr> <tr> <td>"04162"</td> <td>"4"</td> <td>"BARRAS DE EMBARRADO DE 1m INCLUSO SOPORTE DE 160A"</td> </tr> </tbody> </table>	"Refr"	"Cdad"	"Designación"	"08204"	"1"	"ARMARIO"	"08274"	"1"	"PASILLO LATERAL"	"08817"	"1"	"UNIONES ENTRE CUERPOS"	"08234"	"1"	"PUERTA TRANSPARENTE"	"08282"	"1"	"PUERTA LATERAL PLENA"	"03050"	"1"	"PLACA SOPORTE NSX160 CON VIGI"	"03293"	"1"	"TAPA PERFORADA"	"03203"	"10"	"VENTANA"	"03803"	"1"	"VENTANA PLENA"	"03001"	"11"	"CARRIL MODULAR"	"04162"	"4"	"BARRAS DE EMBARRADO DE 1m INCLUSO SOPORTE DE 160A"			
"Refr"	"Cdad"	"Designación"																																						
"08204"	"1"	"ARMARIO"																																						
"08274"	"1"	"PASILLO LATERAL"																																						
"08817"	"1"	"UNIONES ENTRE CUERPOS"																																						
"08234"	"1"	"PUERTA TRANSPARENTE"																																						
"08282"	"1"	"PUERTA LATERAL PLENA"																																						
"03050"	"1"	"PLACA SOPORTE NSX160 CON VIGI"																																						
"03293"	"1"	"TAPA PERFORADA"																																						
"03203"	"10"	"VENTANA"																																						
"03803"	"1"	"VENTANA PLENA"																																						
"03001"	"11"	"CARRIL MODULAR"																																						
"04162"	"4"	"BARRAS DE EMBARRADO DE 1m INCLUSO SOPORTE DE 160A"																																						
		1,00																																						
		1,00	2.206,43	2.206,43																																				
<b>3.1.2</b>	<b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 4 P-160A.</b>																																							
	<p>Interruptor con unidad de control electronica de cuadro totalmente colocado y conexionado, de las siguientes características:</p> <p>Marca: MERLIN GERIN.            Modelo: NSX160N.            Tension: 380/415V.            Poder de corte: 18KA.            Polos: IV            Ia: 160A</p>																																							
		1,00																																						
		1,00	372,68	372,68																																				

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.1.3	<p><b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 4 P-20A.</b></p> <p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: B            Polos: IV            Ia: 20A</p>	2,00		
		2,00	85,49	170,98
3.1.4	<p><b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 4 P-16A.</b></p> <p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: DyMA            Polos: IV            Ia: 16A</p>	1,00		
		1,00	83,14	83,14
3.1.5	<p><b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 4 P-40A.</b></p> <p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: B            Polos: IV            Ia: 40A</p>	2,00		
		2,00	109,71	219,42
3.1.6	<p><b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 4 P-63A.</b></p> <p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: C            Polos: IV            Ia: 63A</p>			

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
		1,00		
		1,00	248,75	248,75
<b>3.1.7</b>	<b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 4 P-25A.</b>			
	Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado. Marca: MERLIN GERIN Modelo: C60H multi 9 Poder de corte: 4,5KA. Curva: C Polos: IV Ia: 25A			
		1,00		
		1,00	88,65	88,65
<b>3.1.8</b>	<b>u INTERRUPTOR DIFERENCIAL 4/25/30mA.</b>			
	Interruptor diferencial modular de cuadro totalmente colocado y conexionado. Marca: MERLIN GERIN Modelo: ID MULTI 9 Sensibilidad: 30mA. INSTANTANEO Polos: IV Ia: 25A			
		4,00		
		4,00	119,57	478,28
<b>3.1.9</b>	<b>u INTERRUPTOR DIFERENCIAL 2/25/30mA.</b>			
	Interruptor diferencial modular de cuadro totalmente colocado y conexionado. Marca: MERLIN GERIN Modelo: ID MULTI 9 Sensibilidad: 30mA. INSTANTANEO Polos: II Ia: 25A			
		2,00		
		2,00	26,33	52,66

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.1.10	<p><b>u INTERRUPTOR DIFERENCIAL 4/100/600mA.</b></p> <p>Interruptor diferencial modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: ID MULTI 9            Sensibilidad: 600mA.            INSTANTANEO            Polos: IV            Ia: 100A</p>	1,00		
		1,00	312,54	312,54
3.1.11	<p><b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 4 P-10A.</b></p> <p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: B y DyMA            Polos: IV            Ia: 10A</p>	5,00		
		5,00	82,19	410,95
3.1.12	<p><b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 2 P-16A.</b></p> <p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: B            Polos: II            Ia: 16A</p>	1,00		
		1,00	24,06	24,06
3.1.13	<p><b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 2 P-10A.</b></p> <p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: B y C            Polos: II            Ia: 10A</p>			

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
		13,00		
		13,00	27,41	356,33
<b>3.1.14</b>	<b>h MANO DE OBRA</b>			
	Mano de obra de colocación y conexionado de los aparatos de protección del cuadro eléctrico. Se incluirán los elementos necesarios para el desarrollo del trabajo a realizar. Totalmente colocado y conexionado.			
		1,00		
		1,00	312,50	312,50
<b>TOTAL APARTADO 3.1 CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN .....</b>				<b>5.337,37</b>

### APARTADO 3.2 CUADRO EMBOTELLADORA

<b>3.2.1</b>	<b>u INTERRUPTOR DIFERENCIAL 4/25/300mA.</b>			
	Interruptor diferencial modular de cuadro totalmente colocado y conexionado. Marca: MERLIN GERIN Modelo: ID MULTI 9 Sensibilidad: 300mA. INSTANTANEO Polos: IV Ia: 25A			
		1,00		
		1,00	123,26	123,26
<b>3.2.2</b>	<b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 4 P-16A.</b>			
	Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado. Marca: MERLIN GERIN Modelo: C60H multi 9 Poder de corte: 6KA. Curva: DyMA y C Polos: IV Ia: 16A			
		2,00		
		2,00	88,65	177,30

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.2.3	<p><b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 2 P-10A.</b></p> <p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: DyMA            Polos: II            Ia: 10A</p>	1,00		
		1,00	27,41	27,41
3.2.4	<p><b>h MANO DE OBRA</b></p> <p>Mano de obra de colocación y conexionado de los aparatos de protección del cuadro eléctrico. Se incluirán los elementos necesarios para el desarrollo del trabajo a realizar. Totalmente colocado y conexionado.</p>	1,00		
		1,00	37,50	37,50
<b>TOTAL APARTADO 3.2 CUADRO EMBOTELLADORA .....</b>				<b>365,47</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>APARTADO 3.3 CUADRO GRUPO PRESIÓN Y SERVICIOS</b>				
<b>3.3.1</b>	<b>u INTERRUPTOR DIFERENCIAL 4/25/30mA.</b>			
	<p>Interruptor diferencial modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: ID MULTI 9            Sensibilidad: 30mA.            INSTANTANEO            Polos: IV            Ia: 25A</p>			
		4,00		
		4,00	119,57	478,28
<b>3.3.2</b>	<b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 2 P-10A.</b>			
	<p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: B y DyMA            Polos: II            Ia: 10A</p>			
		5,00		
		5,00	27,41	137,05
<b>3.3.3</b>	<b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 4 P-10A.</b>			
	<p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: DyMA y C            Polos: IV            Ia: 10A</p>			
		6,00		
		6,00	82,19	493,14

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.3.4	<p><b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 4 P-16A.</b></p> <p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: DyMA            Polos: IV            Ia: 16A</p>	1,00		
		1,00	83,14	83,14
3.3.5	<p><b>h MANO DE OBRA</b></p> <p>Mano de obra de colocación y conexionado de los aparatos de protección del cuadro eléctrico. Se incluirán los elementos necesarios para el desarrollo del trabajo a realizar. Totalmente colocado y conexionado.</p>	1,00		
		1,00	125,00	125,00
<b>TOTAL APARTADO 3.3 CUADRO</b>				<b>1.316,61</b>
<b>GRUPO PRESIÓN Y SERVICIOS .....</b>				

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>APARTADO 3.4 CUADRO TOMAS DE CORRIENTE</b>				
<b>3.4.1</b>	<b>u INTERRUPTOR DIFERENCIAL 4/63/30mA.</b>			
	<p>Interruptor diferencial modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: ID MULTI 9            Sensibilidad: 30mA.            INSTANTANEO            Polos: IV            Ia: 63A</p>			
		1,00		
		1,00	283,62	283,62
<b>3.4.2</b>	<b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 4 P-16A.</b>			
	<p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: C            Polos: IV            Ia: 16A</p>			
		1,00		
		1,00	85,49	85,49
<b>3.4.3</b>	<b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 4 P-10A.</b>			
	<p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: C            Polos: IV            Ia: 10A</p>			
		1,00		
		1,00	82,19	82,19

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.4.4	<p><b>u INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO 2 P-63A.</b></p> <p>Interruptor magnetotermico modular de cuadro totalmente colocado y conexionado.            Marca: MERLIN GERIN            Modelo: C60H multi 9            Poder de corte: 6KA.            Curva: C            Polos: II            Ia: 63A</p>	1,00		
		1,00	52,13	52,13
3.4.5	<p><b>h MANO DE OBRA</b></p> <p>Mano de obra de colocación y conexionado de los aparatos de protección del cuadro eléctrico. Se incluirán los elementos necesarios para el desarrollo del trabajo a realizar. Totalmente colocado y conexionado.</p>	1,00		
		1,00	37,50	37,50
<b>TOTAL APARTADO 3.4 CUADRO</b>				<b>540,93</b>
<b>TOMAS DE CORRIENTE .....</b>				
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 3 PROTECCIONES .....</b>				<b>7.560,38</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>SUBCAPÍTULO 4 CONDUCTORES, CABLES Y CANALIZACIONES</b>				
<b>APARTADO 4.1 CONDUCTORES</b>				
<b>4.1.1</b>	<b>m DERIVACIÓN INDIVIDUAL CUADRO EMBOTELLADORA</b>			
	Derivación individual colocado y conexionado, compuesto por: Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS Hilos: 3x6/6mm <sup>2</sup> + 1G6mm <sup>2</sup> Marca: General Cable			
		32,00		
		32,00	5,12	163,84
<b>4.1.2</b>	<b>m DERIVACIÓN INDIVIDUAL CUADRO GRUPO PRESIÓN Y SERVICIOS</b>			
	Derivación individual colocado y conexionado, compuesto por: Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS Hilos: 3x10/10mm <sup>2</sup> + 1G10mm <sup>2</sup> Marca: General Cable			
		73,00		
		73,00	8,41	613,93
<b>4.1.3</b>	<b>m DERIVACIÓN INDIVIDUAL CUADRO TOMAS DE CORRIENTE</b>			
	Derivación individual colocado y conexionado, compuesto por: Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS Hilos: 3x16/10mm <sup>2</sup> + 1G16mm <sup>2</sup> Marca: General Cable			
		68,00		
		68,00	12,45	846,60
<b>4.1.4</b>	<b>m CABLE RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x1,5/1,5 mm<sup>2</sup> + 1G1,5mm<sup>2</sup></b>			
	Metros de línea totalmente colocado compuesto por:  Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS Hilos: 3x1,5/1,5mm <sup>2</sup> + 1G1,5mm <sup>2</sup> Marca: General Cable			
		574,00		
		574,00	2,68	1.538,32

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.1.5	<p><b>m CABLE RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x6/6 mm2 + 1G6mm2</b></p> <p>Metros de línea totalmente colocado compuesto por:</p> <p>Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS Hilos: 3x6//6mm2 + 1G6mm2 Marca: General Cable</p>	76,00		
		76,00	5,12	389,12
4.1.6	<p><b>m CABLE RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x10/10 mm2 + 1G10mm2</b></p> <p>Metros de línea totalmente colocado compuesto por:</p> <p>Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS Hilos: 3x10/10mm2 + 1G10mm2 Marca: General Cable</p>	105,00		
		105,00	8,41	883,05
4.1.7	<p><b>m CABLE RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x16/10 mm2 + 1G16mm2</b></p> <p>Metros de línea totalmente colocado compuesto por:</p> <p>Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS Hilos: 3x16/10mm2 + 1G16mm2 Marca: General Cable</p>	68,00		
		68,00	12,45	846,60
4.1.8	<p><b>m CABLE RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x35 mm2 + 1G16mm2</b></p> <p>Metros de línea totalmente colocado compuesto por:</p> <p>Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS Hilos: 2x35mm2 + 1G16mm2 Marca: General Cable</p>	12,00		
		12,00	16,29	195,48

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.1.9	<p><b>m CABLE RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x4/4 mm<sup>2</sup> + 1G4mm<sup>2</sup></b></p> <p>Metros de línea totalmente colocado compuesto por:</p> <p>Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS  Hilos: 3x4/4mm<sup>2</sup> + 1G4mm<sup>2</sup>  Marca: General Cable</p>	11,00		
		11,00	4,30	47,30
4.1.10	<p><b>m CABLE RZ1-K(AS) 0,6/1kV 3x2,5/2,5 mm<sup>2</sup> + 1G2,5mm<sup>2</sup></b></p> <p>Metros de línea totalmente colocado compuesto por:</p> <p>Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS  Hilos: 3x2,5/2,5mm<sup>2</sup> + 1G2,5mm<sup>2</sup>  Marca: General Cable</p>	91,00		
		91,00	3,30	300,30
4.1.11	<p><b>m CABLE RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x1,5 mm<sup>2</sup> + 1G1,5mm<sup>2</sup></b></p> <p>Metros de línea totalmente colocado compuesto por:</p> <p>Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS  Hilos: 2x1,5mm<sup>2</sup> + 1G1,5mm<sup>2</sup>  Marca: General Cable</p>	968,00		
		968,00	2,15	2.081,20
4.1.12	<p><b>m CABLE RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x2,5 mm<sup>2</sup> + 1G2,5mm<sup>2</sup></b></p> <p>Metros de línea totalmente colocado compuesto por:</p> <p>Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS  Hilos: 2x2,5mm<sup>2</sup> + 1G2,5mm<sup>2</sup>  Marca: General Cable</p>	82,00		
		82,00	2,53	207,46

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.1.13	<p><b>m CABLE RZ1-K(AS) 0,6/1kV 2x4 mm2 + 1G4mm2</b></p> <p>Metros de línea totalmente colocado compuesto por:</p> <p>Cableado: Cobre RZ1-K(AS) 0,6/1KV 0 HALOGENOS  Hilos: 2x4mm2 + 1G4mm2  Marca: General Cable</p>	110,00		
		110,00	3,09	339,90
<b>TOTAL APARTADO 4.1</b>				<b>8.453,10</b>
<b>CONDUCTORES .....</b>				
<b>APARTADO 4.2 TUBOS</b>				
4.2.1	<p><b>m TUBO POLICLORURO DE VINILO CORRUGADO 16mm</b></p> <p>Metros de tubo de termoplástico PVC corrugado, de 16mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C totalmente colocado.</p>	491,00		
		491,00	0,95	466,45
4.2.2	<p><b>m TUBO POLICLORURO DE VINILO RÍGIDO 25mm</b></p> <p>Metros de tubo de termoplástico PVC rígido, de 25mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C totalmente colocado.</p>	22,00		
		22,00	5,14	113,08
<b>TOTAL APARTADO 4.2 TUBOS .....</b>				<b>579,53</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>APARTADO 4.3 BANDEJAS PERFORADAS</b>				
4.3.1	<b>m BANDEJA METÁLICA 400x60 mm REJIBAND</b> Metros de bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 400x60mm, in - cluso p/p de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de colocación.	113,00		
		113,00	22,17	2.505,21
4.3.2	<b>m BANDEJA METÁLICA 300x60 mm REJIBAND</b> Metros de bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 300x60mm, in - cluso p/p de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de colocación.	79,00		
		79,00	17,66	1.395,14
<b>TOTAL APARTADO 4.3 BANDEJAS PERFORADAS .....</b>				<b>3.900,35</b>
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 4 CONDUCTORES, CABLES Y CANALIZACIONES .....</b>				<b>12.932,98</b>
<b>SUBCAPÍTULO 5 PUESTA A TIERRA</b>				
5.1	<b>u TAPA DE REGISTRO PARA TOMA DE TIERRA POLYESTER</b> Tapa de registro para la toma a tierra totalmente colocada. Marca: URIARTE Modelo: TRP-230 Dimensiones: 250x250x60 mm. Maerial: POLYESTER	8,00		
		8,00	15,54	124,32
5.2	<b>u PICAS DE TIERRA DE 2 m DE ACERO-COBRE</b> Pica de tierra de 2 m de longitud de ACERO-COBRE. Incluida la parte de soldadura alumi - notérmica CADWEL a la red de tierra, otros accesorios y mano de obra.	8,00		
		8,00	14,46	115,68
5.3	<b>m CABLE DESNUDO DE 50mm2 DE COBRE</b> Red de tierra constituida por cable de cobre rígido desnudo de 50 mm2 de sección colo - cado.			

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
		181,72		
		181,72	5,39	979,47
<b>5.4</b>	<b>u CAJA DE SECCIONAMIENTO DE TIERRA</b>			
	Caja de seccionamiento a tierra totalmente colocada. Marca: URIARTE Modelo: CST-50 Dimensiones: 270x135x130 mm. Para cables de 50mm de diametro			
		1,00		
		1,00	21,18	21,18
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 5 PUESTA A TIERRA .....</b>				<b>1.240,65</b>
<b>SUBCAPÍTULO 6 ALUMBRADO</b>				
<b>APARTADO 6.1 ALUMBRADO INTERIOR</b>				
<b>6.1.1</b>	<b>u LÁMPARA FLUORESCENTE ESTANCA 2x36W</b>			
	Luminaria fluorescente estancia de 2x36W incluyendo los tubos fluorescentes 36W/840, totalmente colocado y conexionado. Marca: PHILIPS Modelo: TCW215 2xTLD36W HFP			
		49,00		
		49,00	69,50	3.405,50
<b>6.1.2</b>	<b>u LÁMPARA FLUORESCENTE ESTANCA 1x58W</b>			
	Luminaria fluorescente estancia de 1x58W incluyendo los tubos fluorescentes 58W/840, totalmente colocado y conexionado. Marca: PHILIPS Modelo: TCW215 1xTLD58W HFP			
		32,00		
		32,00	45,09	1.442,88
<b>6.1.3</b>	<b>u LÁMPARA DE DESCARGA SON 1x250W</b>			
	Luminaria de descarga de de alta presión incluyendo lámpara de vapor de sodio, totalmente colocado y conexionado. Marca: PHILIPS Modelo: HPK-150-SON 250W			
		25,00		
		25,00	214,78	5.369,50

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
6.1.4	<b>u LÁMPARA DE DESCARGA SON 1x150W</b> Luminaria de descarga de de alta presión incluyendo lámpara de vapor de sodio, totalmen - te colocado y conexionado. Marca: PHILIPS Modelo: HPK-150-SON 150W	4,00		
		4,00	239,78	959,12
6.1.5	<b>u DOWN LIGHT 2x18W</b> Down Light 2x18W incluyendo lámpara PL-C18W, totalmente colocado y conexionado. Marca: PHILIPS Modelo: EUROPA 2 FBS-120- 2xPL-C/4P-18W/840 HFP	1,00		
		1,00	71,61	71,61
<b>TOTAL APARTADO 6.1 ALUMBRADO INTERIOR .....</b>				<b>11.248,61</b>
<b>APARTADO 6.2 ALUMBRADO EXTERIOR</b>				
6.2.1	<b>u PROYECTORES SON-T 1x400W</b> Proyector exterior de descarga incluyendo lámpara de vapor de sodio, totalmente coloca - do y conexionado. Marca: PHILIPS Modelo: SNF-300 1xSON-T400W	4,00		
		4,00	566,81	2.267,24
6.2.2	<b>u BALIZAS PHILIPS 1x150W</b> Luminaria empotrada en suelo incluyendo lámpara halogena, totalmente colocada y cone - xionada. Marca: PHILIPS Modelo: BBG-300	7,00		
		7,00	242,82	1.699,74
<b>TOTAL APARTADO 6.2 ALUMBRADO EXTERIOR .....</b>				<b>3.966,98</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>APARTADO 6.3 ALUMBRADO DE EMERGENCIA</b>				
<b>6.3.1</b>	<b>u EMERGENCIAS LEGRAND B66 100 lm</b>			
	Luminaria de emergencia y señalización de 100 lumenes y 1 hora de autonomía, totalmente colocado y conexionado. Marca: LEGRAND Modelo: B66-6625 21			
		10,00		
		10,00	53,56	535,60
<b>6.3.2</b>	<b>u EMERGENCIAS LEGRAND B66 250 lm</b>			
	Luminaria de emergencia y señalización de 250 lumenes y 1 hora de autonomía, totalmente colocado y conexionado. Marca: LEGRAND Modelo: B66-6625 23			
		8,00		
		8,00	67,28	538,24
<b>6.3.3</b>	<b>u EMERGENCIAS LEGRAND B66 800 lm</b>			
	Luminaria de emergencia y señalización de 800 lumenes y 1 hora de autonomía, totalmente colocado y conexionado. Marca: LEGRAND Modelo: B66-6625 27			
		2,00		
		2,00	465,30	930,60
<b>TOTAL APARTADO 6.3 ALUMBRADO DE EMERGENCIA .....</b>				<b>2.004,44</b>
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 6 ALUMBRADO .....</b>				<b>17.220,03</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>SUBCAPÍTULO 7 MECANISMOS</b>				
7.1	<b>u INTERRUPTOR SENCILLO</b> Interruptor unipolar totalmente colocado y conexionado. Marca: NIESSEN Modelo: ARCO blanco alpino	19,00		
		19,00	13,26	251,94
7.2	<b>u CONMUTADOR</b> Conmutador unipolar totalmente colocado y conexionado. Marca: NIESSEN Modelo: ARCO blanco alpino	14,00		
		14,00	13,85	193,90
7.3	<b>u CRUZAMIENTO</b> Conmutador de cruzamiento unipolar totalmente colocado y conexionado. Marca: NIESSEN Modelo: ARCO blanco alpino	3,00		
		3,00	19,16	57,48
7.4	<b>u BOTONERA ENCENDIDO NAVE</b> Botonera de 3 pulsadores para el encendido de la nave, totalmente colocado y conexionado. Marca: NIESSEN Modelo: ARCO blanco alpino	2,00		
		2,00	82,56	165,12
7.5	<b>u BASE DE ENCHUFE 10/16A</b> Toma de corriente II+T 10/16A, totalmente colocado y conexionado. Marca: NIESSEN Modelo: ARCO blanco alpino	45,00		
		45,00	12,89	580,05
7.6	<b>u BASE DE ENCHUFE LAVAVAJILLA</b> Toma de corriente III+N+T 20A, totalmente colocado y conexionado. Marca: NIESSEN Modelo: ARCO blanco alpino			

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
		1,00		
		1,00	32,89	32,89
<b>7.7</b>	<b>u BASE DE ENCHUFE ORDENADOR</b>			
	Toma de corriente II+T 10/16A, totalmente colocado y conexionado. Marca: NIESSEN Modelo: ARCO blanco alpino			
		8,00		
		8,00	12,89	103,12
<b>7.8</b>	<b>u SALIDA DE CABLE ORDENADOR</b>			
	Salida de cable para el ordenador, totalmente colocado y conexionado. Marca: NIESSEN Modelo: ARCO blanco alpino			
		8,00		
		8,00	14,39	115,12
<b>7.9</b>	<b>u BASE DE TELEFONO</b>			
	Toma de telefono, totalmente colocado y conexionado. Marca: NIESSEN Modelo: ARCO blanco alpino			
		8,00		
		8,00	15,50	124,00
<b>7.10</b>	<b>u BASE DE TELEVISIÓN</b>			
	Toma de televisión, totalmente colocado y conexionado. Marca: NIESSEN Modelo: ARCO blanco alpino			
		3,00		
		3,00	14,08	42,24
<b>7.11</b>	<b>u S.A.I DE 2kVA</b>			
	S.A.I monofásica de 2kVA con autonomía de 10 minutos, tecnología ON-LINE doble conversión PWM, totalmente colocado y instalado. Marca: SALICRU			
		4,00		
		4,00	387,50	1.550,00

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE NAVE INDUSTRIAL

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
				<b>3.215,86</b>
	<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 7 MECANISMOS .....</b>			
<b>SUBCAPÍTULO 8 COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA</b>				
8.1	<b>u BATERIA DE CONDENSADORES</b>			
	Batería de condensadores automática, 30kVAr. Incluido conexionado y puesta en marcha. Marca: LEGRAND Modelo: M30040, 400v			
		1,00		
		1,00	2.750,00	2.750,00
				<b>2.750,00</b>
	<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 8 COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA .....</b>			
				<b>45.682,30</b>
	<b>TOTAL CAPÍTULO II INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....</b>			
				<b>72.717,04 €</b>
	<b>IMPORTE TOTAL SIN IVA .....</b>			



## RESUMEN DEL PRESUPUESTO:

ORDEN	DESCRIPCION	PRECIO (€)
Capítulo I	Centro de transformación.	27034,74
Capítulo II	Instalación Eléctrica.	45682,30
	<b>Presupuesto de ejecución material:</b>	<b>72717,04</b>
	Gastos generales (5%).	3635,85
	Beneficio industrial (10%).	7271,70
	<b>Presupuesto de ejecución por contrata sin I.V.A:</b>	<b>83624,60</b>
	I.V.A (18%).	15052,43
	<b>Presupuesto de ejecución por contrata con I.V.A:</b>	<b>98677,02</b>
	Redacción del proyecto (4%).	3344,98
	Dirección del proyecto (4%).	3344,98
	I.V.A. Honorarios (18%).	1204,19
	<b>PRESUPUESTO TOTAL:</b>	<b>106571,19</b>

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

**“CIENTO SEIS MIL QUINIENTOS SETENTA Y UNO CON DIECINUEVE EUROS”**

Pamplona, Octubre 2011

Borja Pérez Zoraquiain