

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Alumno: José Javier de Antonio Goñi

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Abril de 2011



MEMORIA



ÍNDICE

1.1. Introducción.....	6
1.1.1. Objeto del proyecto	6
1.1.2. Situación	6
1.1.3. Descripción general	6
1.1.4. Normativa	8
1.2. Esquema de distribución.....	9
1.2.1. Introducción.....	9
1.2.2. Tipos de esquemas de distribución.....	9
1.2.3. Esquema de distribución escogido	11
1.3. Iluminación	12
1.3.1. Introducción.....	12
1.3.2. Conceptos luminotécnicos.....	12
1.3.3. Sistemas de iluminación	14
1.3.4. Lámparas	15
1.3.5. Aparatos de alumbrado.....	24
1.3.6. Clasificación de las luminarias	27
1.3.7. Niveles de iluminación recomendados	29
1.3.8. Cálculo del alumbrado interior	30
1.3.9. Solución adoptada	35
1.3.10. Cálculo del alumbrado exterior	39
1.3.11. Solución adoptada	39
1.3.12. Características de las lámpara y luminarias escogidas	40
1.3.13. Alumbrado especiales: de emergencia y señalización.....	40
1.3.14. Elección del sistema de alumbrado especial	42
1.4. Tipos de receptores.....	49
1.4.1. Introducción.....	49
1.4.2. Motores	49
1.4.3. Receptores para alumbrado	50
1.4.4. Tomas de corriente	50
1.4.4.1. Introducción.....	50
1.4.4.2. Tipos de Tomas	50
1.4.4.3. Situación Tomas de Corriente	50
1.4.5. Interruptores	52
1.5. Previsión de cargas	52



1.6. Instalación de enlace	52
1.6.1. Introducción.....	52
1.6.2. Solución adoptada	52
1.7. Conductores y cables eléctricos.....	54
1.7.1. Introducción.....	54
1.7.2. Tipos de conductores	54
1.7.3. Sección del conductor.....	57
1.7.4. Canalizaciones	59
1.7.5. Normas para la elección de cables y tubos	61
1.7.6. Códigos de colores	62
1.7.7. Soluciones adoptadas.....	63
1.7.7.1. Conductores	63
1.7.7.2. Características de los tipos de conductores	63
1.7.7.3. Canalizaciones	63
1.7.7.4. Conducciones de las líneas	64
1.8. Cuadros eléctricos	68
1.8.1. Interconexión de las distintas partes de la instalación.....	68
1.8.2. Ubicación.....	69
1.8.3. Composición.....	69
1.8.4. Características de los cuadros de distribución.....	70
1.8.5. Características de los circuitos	71
1.9. Protecciones de baja tensión.....	71
1.9.1 Introducción.....	71
1.9.2 Dispositivos de protección.....	72
1.9.3 Protección de la instalación	73
1.9.3.1 Protección contra sobrecargas	74
1.9.3.2 Protección contra cortocircuitos	75
1.9.3.3 Cálculo de las intensidades de cortocircuito.....	77
1.9.3.4 Coordinación de protecciones.....	82
1.9.4 Protección de las personas	82
1.9.4.1 Protección contra contactos directos	83
1.9.4.2 Protección contra contactos indirectos	84
1.9.5 Solución adoptada.....	85
1.10. Puesta a tierra	91
1.10.1 Introducción.....	91
1.10.2 Características de la puesta a tierra.....	91
1.10.3 Componentes de la puesta a tierra.....	92
1.10.4 Elementos a conectar a tierra.....	95



1.10.5 Solución adoptada.....	96
1.11 Potencia a compensar.....	96
1.11.1 Compensación de energía reactiva	96
1.11.2 Formas de compensación de energía reactiva	97
1.11.2.1 Compensación global	97
1.11.2.2 Compensación parcial	98
1.11.2.3 Compensación individual	99
1.11.3 Tipos de compensación de energía reactiva	99
1.11.3.1 Compensación fija	99
1.11.3.2 Compensación automática.....	100
1.11.4 Compensación elegida.....	100
1.11.5 Justificación de la compensación de energía reactiva	101
1.12 Centro de transformación.....	102
1.12.1 Introducción.....	102
1.12.2 Reglamentación y disposiciones oficiales	102
1.12.3 Clasificación de los centros de transformación Mt/Bt.....	103
1.12.3.1 Por la ubicación	103
1.12.3.1.1 Interiores	103
1.12.3.1.2 Exteriores	103
1.12.3.2 Por la acometida	104
1.12.3.2.1 Alimentados por línea aérea.....	104
1.12.3.2.2 Alimentados por cable subterráneo	104
1.12.3.3 Por el emplazamiento	104
1.12.3.3.1 Interiores	104
1.12.3.3.2 Intemperie	105
1.12.4 Tipos de centro de transformación	105
1.12.4.1 De red pública.....	105
1.12.4.2 De abonado	105
1.12.5 Situación y emplazamiento.....	106
1.12.6 Características generales del centro de transformación.....	106
1.12.7 Características de las celdas	107
1.12.8 Descripción de la instalación.....	107
1.12.8.1 Obra civil	107
1.12.8.1.1 Local.....	107
1.12.8.1.2 Características constructivas	107
1.12.9 Instalación eléctrica	111
1.12.9.1 Introducción.....	111
1.12.9.2 Características de la red de alimentación	111
1.12.9.3 Características de la aparamenta en media tensión	111



1.12.9.4 Características descriptivas de las celdas y transformadores de media tensión.....	114
1.12.9.5 Cuadro de baja tensión del centro de transformación.....	117
1.12.10 Instalación de puesta a tierra	119
1.12.10.1 Introducción.....	119
1.12.10.2 Investigación de las características del suelo	120
1.12.10.3 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto	120
1.12.10.4 Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra.....	121
1.12.10.4.1 Tierra de protección	121
1.12.10.4.2 Tierra de servicio.....	121
1.12.11 Distancias	121
1.12.12 Aparatos de media tensión.....	121
1.12.13 Aislamiento.....	122
1.12.14 Instalaciones secundarias en el centro de transformación	122
1.12.14.1 Alumbrado	122
1.12.14.2 Ventilación	122
1.12.14.3 Elementos y medidas de seguridad.....	123
1.13 Conclusión final	123



1.1. Introducción

1.1.1. Objeto del proyecto

El objeto del proyecto es el diseño, cálculo y descripción del montaje, maquinaria y materiales que son necesarios para el suministro de energía eléctrica a los diferentes receptores de fuerza y alumbrado de una nave industrial situada en el término municipal de Barbatain, en la provincia de Navarra.

El suministro eléctrico demandado a la empresa distribuidora IBERDROLA S.A. será de media tensión por lo cual se precisa la instauración de un centro de transformación. Dicho centro de transformación debe ser capaz de soportar la carga existente de la nave industrial, teniendo en cuenta las prescripciones oficiales.

Se estudiarán las necesidades eléctricas de la empresa en función de las cuales se proyectará la instalación eléctrica, reuniendo las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la autorización administrativa para su puesta en marcha, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicho proyecto.

1.1.2. Situación

El proyecto se sitúa en la parcela 17 del Polígono Comarca II, dentro del término municipal de Barbatain, en la provincia de Navarra. Linda al norte con la calle C del polígono, al este, con la calle A, al oeste con la calle B y al sur con las parcelas 10,14 y 10,15 edificadas con anterioridad. El acceso a la parcela es a través de la calle c del polígono.

1.1.3. Descripción de la nave

La nave consta de planta baja que albergará: almacén de entrada y salida, aseos de hombre y mujer en cada almacén, oficina de recepción de materiales, oficina de expedición, sala de inyección, aseos de hombre y mujer, sala de reuniones, departamento de compras y producción, molienda, taller de mantenimiento, almacén de moldes, vestuarios de hombre y mujeres, recepción y comedor.

La planta primera estará destinada principalmente para las oficinas.

La superficie total construida es de 5966,16 y la distribución de la nave queda de la siguiente manera:

PLANTA BAJA

- Almacén de entrada: 1361 m².
- Oficina recepción de materiales: 14,4 m².
- Aseo hombre: 7,05 m².
- Aseo mujeres: 7,05 m².
- Almacén de salida: 1361 m².



- Oficina expedición de materiales: 14,4 m².
- Aseo hombre: 7,05 m².
- Aseo mujeres: 7,05 m².
- Molienda: 150 m².
- Taller de mantenimiento: 447 m².
- Almacén de moldes: 300 m².
- Sala de inyección: 1422,7 m².
- Sala de Reuniones: 33,6 m².
- Aseo mujer: 7,05 m².
- Aseo hombres: 7,05 m².
- Departamento de compras y producción: 14,4 m².
- Vestuario de hombres: 54 m².
- Vestuario de mujeres: 54 m².
- Recepción: 24 m².
- Área planta baja escaleras: 92,8 m².
- Comedor: 108 m².

PRIMERA PLANTA

- Departamento de contabilidad: 14,4 m².
- Departamento de control gestión: 14,4 m².
- Aseo mujeres: 7,05 m².
- Aseo hombres: 7,05 m².
- Pasillo: 16,24 m².
- Departamento de I+D: 29 m².
- Departamento de calidad y medio ambiente: 14,4 m².
- Departamento de mejora continua: 19,2 m².
- Sala de reuniones: 33,6 m².
- Departamento de informática: 29 m².
- Seguridad laboral: 14,4 m².
- Departamento de RRHH: 14,4 m².
- Departamento de compras y gestión industrial: 14,4 m².
- Pasillo: 16,24 m².
- Zona escaleras: 52,07 m².
- Archivo: 11,5 m².
- Dirección: 11,5 m².

EXTERIOR

- Centro de transformación: 10,4 m².



1.1.4. Normativa

La realización del proyecto y la ejecución de las instalaciones se efectuarán de acuerdo con la normativa vigente, la cual se detalla a continuación:

- Reglamento electrotécnico para Baja Tensión, que fue aprobado por el consejo de Ministros, reflejado en el Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002 y publicado en el BOE N° 224 de fecha 18 de septiembre de 2002.
- Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre.
- 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. Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre.
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica. Real Decreto de 12 de Marzo de 1954.
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía. Decreto 3151/1968 de 28 de Noviembre.
- Reglamento sobre Acometidas Eléctricas. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía. Real Decreto 2949/1982 de 15 de Octubre.
- Normas Tecnológicas de la Edificación, Instalaciones: IEB: Baja tensión; IEI: Alumbrado interior; IEP: Puesta a tierra.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Anexo IV: Reglamento de iluminación en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre. Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.
- NBE-CPI/96: condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios, aprobada por el Real Decreto 2177/1996, de 4 de octubre, y publicada en el BOE el día 29 de octubre de 1996.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “Iberdrola distribución eléctrica S.A.”
- Ley de prevención de riesgos laborales. Real Decreto 31/1995, de 8 de noviembre.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de riesgos laborales. Real Decreto 1267/1997 sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción



1.2. Esquema de distribución

1.2.1. Introducción

Será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparamenta encargada de tales funciones. Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, Y de las masas de la instalación receptora, por otro. Y se clasifican mediante un código de dos letras.

La primera letra (T o I) considera la situación del neutro respecto a tierra en el origen de la instalación. La letra T indica una conexión directa del neutro a tierra. La letra I indica, bien conexión del neutro a tierra a través de una impedancia elevada (1.000 a 2.000 Ω), bien aislamiento de las partes activas respecto a tierra. La segunda letra (T o N) considera la situación de las masas respecto a tierra. La letra T indica que las masas están conectadas directamente a tierra. La letra N indica que las masas están conectadas al neutro.

1.2.2. Tipos de esquemas de distribución

- ESQUEMA TN:

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

Una puesta a tierra múltiple, en puntos repartidos con regularidad, puede ser necesaria para asegurarse de que el potencial del conductor de protección se mantiene, en caso de fallo lo más próximo posible al de tierra. Por la misma razón, se recomienda conectar el conductor de protección de tierra en el punto de entrada de cada de edificio o establecimiento.

La impedancia del bucle de fallo es baja (no pasa por tierra). Si se produce un fallo de aislamiento, éste se transforma en cortocircuito y deberá ser eliminado por los dispositivos de protección contra sobreintensidades. En caso de fallo en cualquier lugar de la instalación, que afecte a un conductor de fase, al conductor de protección o a una masa, el corte automático de la alimentación deberá producirse en el tiempo prescrito de corte t , respetando la condición siguiente:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

Donde:



Z_S : impedancia del bucle de fallo incluyendo la línea de alimentación, el conductor de protección y la fuente (bobina del transformador).

I_a : corriente de funcionamiento del dispositivo de protección en el tiempo prescrito en la tabla I.

U_0 : tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.

Tabla I	
Tensión nominal U_0 (V)	Tiempo de corte (s)
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Se distinguen tres tipos de esquemas TN según la disposición relativa del conductor neutro y del conductor de protección:

- Esquema TN-S: el conductor neutro y el de protección son distintos en todo el esquema.
- Esquema TN-C: las funciones de neutro y de protección están combinadas en un solo conductor en todo el esquema.
- Esquema TN-C-S: las funciones de neutro y de protección están combinadas en un solo conductor en una parte del esquema.

▪ ESQUEMA TT:

En el esquema TT el neutro o compensador se conecta directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación. Ambas tierras deben estar lo suficientemente separadas para evitar los riesgos de transferencia de potenciales entre ellas. Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben estar interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. Si varios dispositivos de protección van montados en serie, esta prescripción se aplica por separado a las masas protegidas por cada dispositivo.

El punto neutro de cada generador o transformador, o si no existe, un conductor de fase de cada de generador o transformador, debe ponerse a tierra.

La corriente de fallo está fuertemente limitada por la impedancia de las tomas de tierra, pero puede generar una tensión de contacto peligrosa. La corriente de fallo es generalmente demasiado débil como para requerir protecciones contra sobrecorrientes, por lo que se eliminara preferentemente mediante un dispositivo de corriente diferencial residual.

En caso de fallo del aislamiento de un receptor, la corriente de fallo circula por el circuito llamado bucle de fallo, constituido por la impedancia del fallo en la masa del receptor, la conexión de dicha masa al conductor de protección, el propio



conductor de protección y su puesta a tierra; el bucle se cierra con las bobinas del transformador y el circuito de alimentación.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$RA \times I_a = U$$

Donde:

RA: es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

Ia: es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el instrumento de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.

U: es la tensión de contacto límite convencional (50V, 24V u otras, según los casos). En el esquema TT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

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

▪ ESQUEMA IT:

En el esquema IT, la alimentación de la instalación está aislada de tierra, o conectada a ella con una impedancia Z elevada. Esta conexión se lleva a cabo generalmente en el punto neutro o en un punto neutro artificial. En caso de fallo de aislamiento, la impedancia del bucle de fallo es elevada (viene determinada por la capacidad de la instalación con respecto a tierra o por la impedancia Z).

En el primer fallo, el incremento de potencial de las masas permanece limitado y sin peligro. La interrupción no es necesaria y la continuidad está asegurada, pero debe buscarse y eliminarse el fallo para lograr un servicio competente. Con ese objeto, un controlador permanente de aislamiento (CPA) vigila el estado de aislamiento de la instalación. Si al primer fallo no eliminado se añade un segundo, se transforma en cortocircuito, el cual deberá ser eliminado por los dispositivos de protección contra sobreintensidades pertinentes.

1.2.3. Esquema de distribución escogido

El esquema de distribución elegido para distribuir las líneas que alimentan todas las máquinas de la nave industrial, es el esquema TT. Las ventajas que este esquema tiene en lo que respecta a su mantenimiento y ampliaciones futuras aconsejan su empleo en este proyecto.



1.3. Iluminación

1.3.1. Introducción

La iluminación es uno de los requerimientos ambientales más importantes de los interiores, tanto que la visibilidad en un espacio es una condición esencial a la hora de realizar cualquier tipo de tareas de manera adecuada, segura y confortable.

El objetivo de una iluminación es producir un adecuado ambiente visual. Un ambiente es adecuado si asegura el confort visual y si cumple con los requerimientos para las tareas visuales según la función del local. Una buena iluminación requiere igual atención en la cantidad como en la calidad de luz. Un espacio interior cumple con esos requerimientos si sus partes pueden verse bien sin ninguna dificultad y si una tarea visual dada puede ser realizada sin esfuerzo.

En un principio se detallan los principales conceptos luminotécnicos y un resumen de las bases teóricas que van a fundamentar los cálculos realizados.

1.3.2. Conceptos luminotécnicos

Para la realización del proyecto en lo que se refiere a iluminación se han de tener en cuenta unos conceptos básicos sobre luminotecnia, los cuales son los siguientes:

- *Flujo radiante*: Potencia emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad del flujo radiante es el vatio [W].
- *Flujo luminoso*: Magnitud que deriva del flujo radiante al evaluar su acción sobre el observador. El flujo luminoso Φ es la energía luminosa emitida por unidad de tiempo. La unidad de flujo luminoso es el lumen [lm]. Aunque el tiempo no se indica en la unidad de flujo luminoso, queda implícito en ella dicho concepto.
- *Energía radiante*: Energía emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad de la energía radiante es el julio [J].
- *Intensidad luminosa*: Se define como la cantidad de flujo luminoso, propagándose en una dirección dada, que emerge, atraviesa o incide sobre una superficie por unidad de ángulo sólido. Su símbolo es la letra I y su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es la candela [Cd].
- *Iluminancia*: Se denomina iluminancia (E) a la densidad del flujo luminoso recibido por unidad de superficie. Su unidad de iluminación es el lux [lx] que equivale 1 lumen por metro cuadrado.



- *Iluminancia media [Em]*: Corresponde al promedio de valores de iluminancia medidos o calculados sobre un área determinada.
- *Luminancia*: Es la relación entre la intensidad luminosa reflejada por cualquier superficie en una dirección determinada y el área proyectada, vista desde esa dirección. La unidad de luminancia es [Cd/m^2].
- *Luminancia media*: Es la luminancia promedio, expresada en [Cd/m^2], medido en una zona comprendida entre 60 y 100 m frente a la posición del observador.
- *Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa*: El rendimiento luminoso es el cociente entre el flujo luminoso que emite la fuente luminosa y el flujo que emitiría si toda su potencia se transformase en emisión luminosa de 555 nm. En la práctica se define el rendimiento luminoso como el cociente entre el flujo luminoso emitido por la fuente de luz y la potencia eléctrica de dicha fuente. La unidad del rendimiento luminoso se expresa en lúmenes por vatio [lm/W]. Desde el punto de vista de aprovechamiento energético, una lámpara será tanto más eficiente cuanto mayor cantidad de lúmenes produzca por cada vatio eléctrico; en este aspecto debe tenerse siempre en cuenta que muchas lámparas requieren equipos auxiliares que han de valorarse a la hora de calcular el rendimiento luminoso, debiéndose considerar los [lm/W] producidos incluyendo el consumo de los equipos auxiliares. Se muestran a continuación valores indicativos del rendimiento luminoso de algunos tipos de lámpara son:
 - Incandescente estándar: (6 – 20) lm/W .
 - Incandescente con halógenos: (18 – 22) lm/W .
 - Con halógenos metálicos: (65 - 85) lm/W .
 - Fluorescente: (40-100) lm/W .
 - De vapor de mercurio: (30 – 105) lm/W .
 - De sodio a alta presión: (80 – 130) lm/W .
 - De sodio a baja presión: (160 - 180) lm/W .
- *Temperatura de color*: La Temperatura de color de una fuente de luz se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un Cuerpo Negro calentado a una temperatura determinada. Por este motivo esta temperatura de color generalmente se expresa en kelvin, a pesar de no reflejar expresamente una medida de temperatura.

Apariencia	Temperatura [K]
Cálida	< 3300
Intermedia	3300 - 5000
Fría	> 5000
Luz del día	6500



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 reproducir los colores. Se mide con el concepto de índice de reproducción cromática Ra (índice de rendimiento de color). Se expresa con un número comprendido entre 0 y 100. una fuente de luz con Ra=100, muestra todos los colores correctamente. Cuanto menor es el índice, peor es la reproducción cromática. La calidad de la reproducción cromática depende de la compensación espectral de la luz. Para estimar la calidad de reproducción cromática de una fuente de luz, se establece la siguiente escala de valores:
 - Ra < 50: rendimiento bajo.
 - 50 < Ra < 80: rendimiento moderado.
 - 80 < Ra < 90: rendimiento bueno.
 - 90 < Ra < 100: rendimiento excelente.

- *Índice de deslumbramiento:* El deslumbramiento se puede producir cuando existen fuentes de luz cuya luminancia es excesiva en relación con la luminancia general existente en el interior del local (deslumbramiento directo, producido por luz solar o artificial), o bien, cuando las fuentes de luz se reflejan sobre superficies pulidas (deslumbramiento por reflejos o deslumbramiento indirecto). El deslumbramiento directo de lámparas se elimina con la utilización de luminarias que redistribuyan el flujo de las mismas de forma idónea para la actividad a realizar. El deslumbramiento debido a la luz natural se puede controlar mediante la distribución idónea de las mesas y utilización de sistemas de apantallamiento con regulación en ventanas y claraboyas. El deslumbramiento reflejado, al estar influido por el color y el acabado de las superficies que aparecen en el campo de visión del observador, se controlará si las superficies del local y del mobiliario disponen de un acabado mate que evite los reflejos molestos.

1.3.3. Sistemas de iluminación

Los sistemas de iluminación básicos son tres: alumbrado general, alumbrado general localizado y alumbrado localizado. Su selección depende de las condiciones y necesidades de las tareas que se realizaran en el lugar.



Alumbrado general: Los sistemas de alumbrado general tienen el objetivo de garantizar un determinado nivel de iluminación homogéneo a todos los puestos situados en un mismo plano en el local. Estos sistemas están dirigidos a locales donde el nivel de iluminación recomendado es el mismo para todos o casi todos los puestos de trabajo. Las luminarias deben estar homogéneamente en el techo: empotradas en él, adosadas, o colgadas a determinada altura.

Alumbrado general localizado: Los sistemas de alumbrado general localizado no tienen el objetivo de garantizar un nivel de iluminación uniforme para todo el local, sino de iluminar, con el mismo o con diferentes niveles de iluminación, el local por zonas, en las cuales están situados los medios de producción de manera no uniforme. Es decir, las luminarias se sitúan en el techo, empotradas, adosadas, o colgadas a determinada altura, siempre localizadas sobre las zonas de interés.

Alumbrado localizado: Los sistemas de alumbrado localizado siempre están asociados a uno de los dos sistemas anteriores. Su objetivo es suministrar, mediante una luminaria situada en el propio puesto de trabajo, la cantidad de luz necesaria para que, agregada a la aportada por un sistema general o general localizado, complete el nivel de iluminación requerido por la tarea que se realiza en ese puesto. Su ventaja radia en lo económico que resulta situar una luminaria cercana al puesto, que evita la instalación de sistemas en el techo de manera general excesivamente potentes. Tal es el caso de la luminaria que instalan en las mesas de los dibujantes. Otras veces, la instalación de luminarias suplementarias en los puestos de trabajo tiene el objetivo de ofrecer otra calidad de iluminación y no solo de más cantidad. Este es el caso de la luminaria de lámpara incandescente que se sitúa en las máquinas herramientas para lograr una iluminación rutilante y poder observar los defectos de las piezas que se están fabricando. Un aspecto que hay que cuidar cuando se emplea este sistema es que la relación entre las luminancias de la tarea visual y el fondo no sea muy elevado pues en caso contrario se podría producir deslumbramiento molesto.

1.3.4. Lámparas

Las lámparas empleadas tanto en iluminación de interiores como en el de exteriores abarcan casi todos los tipos existentes en el mercado (incandescentes, halógenas, fluorescentes, etc.). Las lámparas escogidas, por lo tanto, serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento, etc.) mejor se adapte a las necesidades y características de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, ámbito de uso, potencia de la instalación...).



Los tipos de lámparas más utilizados según el ámbito de uso se detallan a continuación:

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Domestico	<ul style="list-style-type: none"> - Incandescente. - Fluorescente. - Halógenas de baja potencia. - Fluorescentes compactas.
Oficinas	<ul style="list-style-type: none"> - Alumbrado general: fluorescentes. - Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión.
Comercial (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> - Incandescentes. - Halógenas. - Fluorescentes. - Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos.
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> - Todos los tipos. - Luminarias situadas a baja altura (≤ 6 m): fluorescentes. - Luminarias situadas a gran altura (> 6 m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores, - Alumbrado localizado: incandescentes.
Deportivo	<ul style="list-style-type: none"> - Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes. - Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, de vapor de sodio a alta presión y halogenuros metálicos.

A continuación se describen las características más importantes de cada tipo de lámpara:

- *Lámparas incandescentes*: El fundamento de la inca es conseguir luz por medio de la agitación térmica de los átomos del material con el que está hecho el filamento. El filamento se comporta como un radiador térmico con una emisividad espectral cercana a la unidad.

Las características principales de este tipo de lámpara son:

- El rendimiento luminoso es muy bajo (6 – 20 lm/W), porque gran parte de la energía se transforma en calor.
- El índice de rendimiento de color es 100.
- La temperatura de color es de 2700 K.



- Se fabrican en un margen de potencias de 15 a 2000 W, aunque el abanico de las más utilizadas se encuentra entre 25 y 200 W.
- La duración media es de 1000 horas.

Los componentes de este tipo de lámparas son:

- **Filamento:** Se realizan generalmente de wolframio. Su duración está condicionada por el fenómeno de la evaporización. A medida que se calienta, emite partículas que van estrechándolo produciéndose finalmente la rotura. Con objeto de frenar la volatilización, se rellena la ampolla con un gas inerte a determinada presión, generalmente mezcla de argón (90%) y nitrógeno (10%). El empleo del gas tiene como inconveniente una mayor pérdida de calor en vacío, por lo que para reducir estas pérdidas se usan filamentos en espiral que presenta el máximo de superficie de irradiación con el mínimo de superficie.
 - **Ampolla:** Tiene por objeto aislar el filamento del medio ambiente y permitir la evacuación del calor emitido por aquel. En general, son de vidrio blando soplado.
 - **Casquillo:** Su misión es conectar la lámpara a la red de alimentación. Existen distintos tipos de casquillo como por ejemplo: casquillo rosca Edison, casquillo bayoneta...
- *Lámparas halógenas:* Esencialmente son lámparas incandescentes, a las que se añade al gas de la ampolla una débil cantidad de un elemento químico de la familia de los halógenos (flúor, cloro, bromo, yodo) con objeto de crear una reacción química, un ciclo de regeneración del wolframio; así, se evita el problema que presentan las incandescentes convencionales, que pierden parte de su flujo luminoso con el paso del tiempo, como se ha comentado anteriormente. Las ventajas principales de este tipo de lámparas frente a las incandescentes estándar son:
- Tienen una vida media útil que varía de entre 2000 y 4000 horas.
 - Mejor eficacia luminosa.
 - Factor de conservación más elevado en torno al 95% debido a la acción limpiadora que el yodo lleva a cabo en la pared de la ampolla.
 - Dimensiones más reducidas.
 - Temperatura de color superior y estable a lo largo de su vida útil. La temperatura de color varía entre los 2800 y 3200 K. Por tanto reproduce mejor los colores fríos del espectro.
 - Son lámparas compactas, de alta luminancia, que se adaptan de forma óptima a diversos sistemas ópticos para controlar los haces de luz.

Los componentes de este tipo de lámparas son:



- **Filamento:** Se emplea el wolframio. Su proceso de fabricación es más delicado ya que debe quedar perfectamente rígido en la pequeña ampolla y debe tener gran pureza porque cualquier resto contaminante reacciona con el halógeno y se deposita en la ampolla.
 - **Ampolla:** Puede ser de cuarzo o de vidrio duro capaz de soportar las altas temperaturas requeridas en el ciclo del halógeno.
 - **Gas de llenado:** Las reducidas dimensiones de estas lámparas permiten utilizar gases inertes que mejoran la eficacia de la lámpara como el kriptón y el xenón, aunque en algunos casos se sigue empleando el argón.
 - **Halógeno:** Estos elementos químicos se caracterizan por ser químicamente muy agresivos, es decir, se combinan con facilidad con otros elementos.
 - **Casquillo:** Se emplean los tipos cerámicos, Edison, de espigas y de bayoneta.
- *Lámparas fluorescentes:* Constan de un tubo de vidrio lleno de gas inerte y una pequeña cantidad de mercurio, inicialmente en forma líquida, y en cada uno de sus extremos va alojado un electrodo sellado herméticamente. Su funcionamiento se basa en la descarga de vapor de mercurio a baja presión. No pueden funcionar mediante conexión directa a la red, necesitan un dispositivo llamado balasto, el cual limite el flujo de la corriente eléctrica a través de ella y que también proporcione el pico de tensión necesario para el encendido de la lámpara.
- Las características principales de este tipo de lámparas son:
- Con un periodo de funcionamiento de 3 horas por encendido, la duración útil de las lámparas se estima entre 5000 y 7000 horas, según los tipos. Para un tiempo de 6 horas, esta aumenta en un 25% y su fuera de 12 horas llegaría a aumentar en un 50%.
 - Los tonos de color varían en función de las sustancias fluorescentes empleadas. Actualmente varían entre los 2700 y 8000 K.
- *Lámparas fluorescentes compactas:* Es un tipo de lámpara fluorescente que se puede usar con casquillos estándar con rosca Edison estándar y están concebidas para sustituir a las lámparas incandescentes.
- Las características principales de este tipo de lámparas son:
- Consumen tan solo un 25% de la energía de una lámpara incandescente.
 - Tienen una vida media útil de 5000 horas.
 - Temperatura de color 2700 K, muy próxima a la de la lámpara incandescente.



- Muy buen rendimiento cromático y se fabrican una gran variedad de potencias.
- *Lámparas de vapor de mercurio:* El funcionamiento de este tipo de lámparas es el siguiente: se conecta la lámpara a través del balasto, se aplica una diferencia de potencial entre los electrodos principal y auxiliar o de arranque, lo que hace que entre ellos y a través del argón contenido en el bulbo de descarga, salte un pequeño arco. El calor generado vaporiza el mercurio permitiendo el establecimiento del arco entre los dos electrodos principales a través de la atmosfera de vapor de mercurio.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- La luz de estas lámparas muy mala reproducción cromática por lo que la ampolla se recubre de sustancias que aprovechan las radiaciones ultravioleta y, por el efecto fluorescente, emiten radiaciones rojas que completan su distribución espectral.
- El rendimiento es muy superior a las lámparas incandescentes varía entre 40 y 60 lm/W.
- Tienen una temperatura de color que varía entre los 3800 y los 4500 K.
- Rendimiento de color que varía entre 40 y 45.
- El encendido no es instantáneo, precisan de un cierto tiempo (4 minutos) para que la lámpara alcance su máxima emisión. Además durante el periodo de arranque absorben una corriente de 150% del valor nominal.
- El reencendido tampoco es instantáneo (5 minutos) debiéndose esperar a que se condense el mercurio para cebar de nuevo el arco.
- La vida media es del orden de las 25000 horas.

Los componentes de este tipo de lámparas son:

- **Tubo de descarga:** Se emplea cuarzo debido a las altas temperaturas a que funciona para conseguir la presión del vapor. Esta provisto de dos electrodos principales y uno o dos auxiliares y, en su interior se encuentra una determinada cantidad de argón y unas gotas de mercurio.
- **Ampolla:** La ampolla exterior sirve para proteger el tubo de descarga y permitir el equilibrio necesario para un correcto funcionamiento.
- **Casquillo:** Generalmente es de rosca tipo Edison.
- *Lámparas de halogenuros metálicos:* Su constitución es similar a las de vapor de mercurio de alta presión, conteniendo halogenuros (indio, talio, etc.) que mejoran la eficacia y el rendimiento de color. No producen apenas radiaciones ultravioletas por lo que se construyen normalmente transparentes y con ampollas cilíndricas. Las condiciones de funcionamiento son similares a las de vapor de



mercurio. Este tipo de lámparas tiene una gran variedad de aplicaciones tanto en interior como en exterior.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- Debido a los halogenuros necesitan tensiones de encendido de 1,5 a 5 kV, producidas por el correspondiente cebador.
- Algunos tipos permiten el reencendido inmediato en caliente mediante el empleo de arrancadores, que producen picos de tensión de 35 a 60 kV.
- Tienen una temperatura de color de 6000 K.
- Elevado rendimiento luminoso entre 70 y 90 lm/W.
- Buena reproducción cromática.

- *Lámparas de vapor de sodio a baja presión:* En estas lámparas la descarga eléctrica se produce a través del metal sodio a baja presión. Al conectar la lámpara se produce una descarga a través del neón cuyo calor generado produce la vaporización progresiva del sodio, pasándose a efectuar la descarga a través del mismo.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- La tensión de encendido varía según el tipo de 500 a 1500 V, por lo que su conexión a la red se debe realizar a través de un autotransformador.
- El tiempo de encendido es de 15 minutos, y el reencendido necesita de 3 a 7 minutos.
- Emiten una luz monocromática cercana al amarillo y al naranja.
- La vida media es de 6000 horas.
- Son las de mayor eficiencia luminosa, superior a los 180 lm/W.
- Se emplean cuando se precisa gran cantidad de luz sin importar demasiado si calidad.

- *Lámparas de vapor de sodio a alta presión:* Desarrolladas con el objeto de mejorar el tono y la reproducción de la luz, ya que su distribución espectral permite distinguir todos los colores de la radiación visible.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- Tienen un rendimiento luminoso elevado que varía entre los 80 y 130 lm/W.
- La tensión de encendido varía entre 3 y 5 kV, por lo que es necesario un elemento extra llamado ignitor, que es una especie de cebador.
- El tiempo de encendido es corto y el tiempo de reencendido dura menos de un minuto.
- La temperatura de color es de 2200 K.
- El índice de reproducción cromática es 27.
- La vida media es de 9000 horas.



- Se emplean en alumbrado público, industrial en naves altas, campos de fútbol y polideportivos.
- *Lámparas de inducción:* Consiste en incidir un campo electromagnético en una atmosfera gaseosa, por medio de una bobina a alta frecuencia, de manera que el campo producido sea capaz de excitar los átomos de mercurio de un plasma de gas. La radiación obtenida es ultravioleta por lo que hay que recubrir la ampolla de la lámpara con una sustancia fluorescente que la transforme en visible.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- El rendimiento luminoso es de 70 lm/W.
- La vida útil es de 60000 horas.
- Se emplean en lugares de difícil acceso para las sustituciones y aplicaciones de largos periodos de funcionamiento.

A continuación se muestran tres tablas como resumen de las ventajas, desventajas y características principales de cada una de las diferentes lámparas, para realizar una comparación de manera más sencilla y así escoger las más apropiada para nuestro proyecto.

CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS						
Tipo de lámpara	Potencia [W]		Flujo [lm]		Eficacia [lm/W]	
Incandescente	15	100	90	18800	6	18,8
Halógenas	60	2000	900	49000	15	24,5
Fluorescentes estándar	18	58	1350	5200	75	93
Fluorescentes compactas	18	55	1200	4800	66.7	87.3
Vapor de mercurio	50	1000	1800	58500	40	59
Halogenuros metálicos	250	400	17000	30600	71	77
Sodio baja presión	18	180	1800	32300	103	179
Sodio alta presión	70	1000	5600	125000	80	130
Inducción	55	85	3500	6000	64	71

CARACTERÍSTICAS CROMÁTICAS Y DURACIÓN						
Tipo de lámpara	Apariencia de color	Temperatura de color [K]	Ra	Vida útil [h]	Perdida de flujo (%)	Supervivencia (%)
Incandescente	Blanco cálido	2600-2800	100	1000	20	100
Halógenas	Blanco	3000	100	2000	20	100
Fluorescentes estándar	Diferentes blancos	2600-6500	50-95	10000	16	50
Fluorescentes compactas	Blanco cálido	2700	80	6000-9000	15-17	72
Vapor de mercurio	Blanco	3800-4500	40-45	25000	21	86



Halogenuros metálicos	Blanco frio	6000	65-95	9000	23	72
Sodio baja presión	Amarillo	1800	No aplicable	6000	12	87
Sodio alta presión	Blanco amarillo	2200	27	9000	15	80
Inducción	Diferentes blancos	2700-4000	80	60000	30	80

TIPO DE LAMPARA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	USO RECOMENDADO
Incandescente	<ul style="list-style-type: none"> - Buena reproducción cromática - Encendido instantáneo - Variedad de potencias - Bajo coste de adquisición - Facilidad de instalación - Apariencia de color cálido 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducida eficacia luminosa - Corta duración - Elevada emisión de calor 	<ul style="list-style-type: none"> - Alumbrado interior - Alumbrado de acentuación - Casos especiales de muy buena reproducción cromática.
Halógenas	<ul style="list-style-type: none"> - Buena reproducción cromática - Encendido instantáneo - Variedad de tipos - Coste de adquisición - Facilidad de instalación - Elevada intensidad luminosa - Apariencia de color cálida 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducida eficacia luminosa - Corta duración - Elevada emisión de calor 	<ul style="list-style-type: none"> - Alumbrado interior - Reduce decoloración (filtro UV) - En bajo voltaje, con equipos electrónicos - Con reflector dicroico (luz fría) con reflector aluminio (menor carga térmica)
Fluorescentes estándar	<ul style="list-style-type: none"> - Buena eficacia luminosa - Larga duración - Bajo coste de adquisición - Variedad de apariencias de color - Distribución luminosa adecuada para utilización de 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad de control de temperatura de color en las reposiciones - Sin equipos electrónicos puede dar problemas, retardo de estabilización, etc. - Dificultad de lograr contrastes e iluminación de 	<ul style="list-style-type: none"> - Alumbrado interior - Con equipos electrónicos: - Bajo consumo - Aumenta la duración - Menor depreciación - Ausencia de interferencias



	<ul style="list-style-type: none"> - interiores - Posibilidad de buena reproducción de colores - Mínima emisión de calor 	<ul style="list-style-type: none"> - acentuación - Forma y tamaño, para algunas aplicaciones 	
Fluorescentes compactas	<ul style="list-style-type: none"> - Buena eficacia luminosa - Larga duración - Facilidad de aplicación en iluminación compactas - Mínima emisión de calor - Variedad de tipos - Posibilidad de buena reproducción cromática 	<ul style="list-style-type: none"> - Variaciones de flujo con la temperatura - Coste de adquisición medio-alto - Retardo en alcanzar máximo flujo (> 2 minutos) - Acortamiento vida por mínimo de encendidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Sustitución de lámparas incandescentes - Consumo para flujos equivalentes es un 20 % y duran 10 veces más
Vapor de mercurio	<ul style="list-style-type: none"> - Eficacia luminosa - Larga duración - Flujo luminoso unitario importante en potencias altas - Variedad de potencias posibilidad de utilizar a doble nivel 	<ul style="list-style-type: none"> - En ocasiones alta radiación UV - Flujo luminoso no instantáneo - Depreciación del flujo importante 	<ul style="list-style-type: none"> - Alumbrado exterior e industrial - En aplicaciones especiales con filtros UV - Lámparas de color mejorado
Halogenuros metálicos	<ul style="list-style-type: none"> - Buena eficacia luminosa - Duración media - Flujo luminoso unitario importante en potencias altas - Variedad de potencias - Casos de reducidas dimensiones 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta depreciación del flujo - Sensibilidad a variaciones de tensión - Requiere equipos especiales para arranque en caliente - Dificultad de control de apariencias de color en reposición - Flujo luminoso no instantáneo - Poca estabilidad de color 	<ul style="list-style-type: none"> - En alumbrado deportivo o monumental - Con equipo especial para encendido en caliente
Sodio baja presión	<ul style="list-style-type: none"> - Excelente eficacia luminosa 	<ul style="list-style-type: none"> - Muy mala reproducción 	<ul style="list-style-type: none"> - En alumbrado de seguridad



	<ul style="list-style-type: none"> - Larga duración - Reencendidos instantáneos en caliente 	<ul style="list-style-type: none"> - cromática - Flujo luminoso no instantáneo - Sensibilidad a subestaciones 	<ul style="list-style-type: none"> - En alumbrado de túneles
Sodio alta presión	<ul style="list-style-type: none"> - Muy buena eficacia luminosa - Larga duración - Aceptable rendimiento de color en tipos especiales - Poca depreciación de flujo - Posibilidad de reducción de flujo 	<ul style="list-style-type: none"> - Mala reproducción cromática en versión estándar - Estabilización no instantánea - En potencias pequeñas gran sensibilidad a sobretensión <p>Equipos especiales para reencendido en caliente</p>	<ul style="list-style-type: none"> - En alumbrado exterior - En alumbrado interior industrial - En alumbrado de túneles

1.3.5. Aparatos de alumbrado

Las luminarias son los aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los elementos necesarios para fijarlas, protegerlas y conectarlas al circuito de alimentación, y en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación. De manera general consta de los siguientes componentes:

- **Armadura o carcasa:** Es el elemento físico mínimo que sirve de soporte y delimita el volumen de la luminaria conteniendo todos sus elementos.
- **Equipo eléctrico:** Sería adecuado a los distintos tipos de fuentes de luz artificial y en función de la siguiente clasificación:
 - o Incandescentes normales sin elementos auxiliares.
 - o Halógenas de alto voltaje a la tensión normal de la red, o de bajo voltaje con transformador o fuente electrónica.
 - o Fluorescentes con reactancias o balastos, condensadores e ignitores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.
 - o De descarga con reactancias o balastos, condensadores e ignitores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.
- **Reflectores:** Son determinadas superficies en el interior de la luminaria que modelan la forma y dirección del flujo de la lámpara. La mayoría de las luminarias convencionales van provistas de un reflector de una u otra forma con objeto de crear una distribución adecuada de la luz. Pero



debemos de tener en cuenta, que un reflector solo controla parte de la luz emitida. En función de cómo se emita la radiación luminosa pueden ser:

- Simétrico o asimétrico.
 - Concentrador o difusor.
 - Frio (con reflector dicróico) o normal.
 - Dispensor: Este tipo de reflector se utiliza en alumbrado de exhibición y en algunos tipos de proyectores, donde sea particularmente importante una distribución de luz bien definida pero uniforme.
 - Difusor: Este tipo de reflector se utiliza en iluminación interior, en general para proporcionar niveles de luminancias bastantes uniformes.
 - Especular (con escasa dispersión luminosa) o no especular (con dispersión de flujo). La reflexión especular es aquella situación en la que se cumplen las leyes de la reflexión. Estas leyes establecen que los rayos incidentes, reflejados y la normal a la superficie se encuentran en el mismo plano, y que el ángulo de reflexión es igual al de incidencia. Existen varios tipos de reflectores especulares:
 - Circular: Se emplea en sistemas de proyección y luces puntuales de estudio, con el objetivo de aumentar la intensidad de la luz focalizada por el sistema de lentes.
 - Parabólico: La propiedad fundamental del espejo reflector de sección transversal parabólica consiste, en que una fuente de luz puntual, situada en su foco, dará lugar a un haz paralelo de rayos reflejados. Los reflectores parabólicos se emplean mucho en alumbrado interior por proyección.
 - Elíptico: Los reflectores elípticos tienen como propiedad de que si una fuente de luz se coloca sobre uno de sus focos, todos los rayos reflejados pasan por el segundo foco a foco conjugado. Estos reflectores se utilizan en alumbrado arquitectónico.
 - Hiperbólico: El reflector de sección hiperbólica produce un haz divergente, pero por ser poco profundo resulta difícil de apantallar.
- **Difusores:** Elemento de cierre o recubrimiento de la luminaria en la dirección de la radiación luminosa. Los tipos más usuales son:



- Opal liso (blanca) o prismática (metacrilato traslucido).
 - Lamas o reticular (con influencia directa sobre el ángulo de apantallamiento).
 - Especular o no especular (con propiedades similares a los reflectores).
- **Filtros:** En posible combinación con los difusores sirven para potenciar o mitigar determinadas características de la radiación luminosa.

Las principales características que se suelen exigir a una luminaria son las siguientes:

Características ópticas:

- Tener una repartición luminosa adaptada a su utilización.
- La luminancia tiene que ser menor o igual que un valor determinado en una dirección de observación. Es decir, que deslumbre poco.
- Tener un rendimiento luminoso elevado.

Características eléctricas y mecánicas:

- Construcción eléctrica que permita su uso sin riesgo de descargas.
- Equipo eléctrico adecuado que permita su colocación y mantenimiento de forma sencilla.
- Calentamiento compatible con su constitución y su utilización.
- Resistencia mecánica suficiente.
- Que este fabricado en un material adaptado a su utilización y entorno.
- Facilidad de montaje y limpieza.
- Proteger eficazmente las lámparas y el equipo eléctrico contra el polvo, la humedad y otros agentes atmosféricos.

Otros conceptos luminotécnicos a tener en cuenta al calcular la iluminación son los siguientes:

- *Coefficiente de utilización:* El coeficiente de utilización es la relación ente el flujo de la zona a iluminar y el flujo luminoso instalado por metro cuadrado. Este valor está íntimamente relacionado con el índice del local, es decir con las características geométricas del local. También dependerá en gran medida del color y la textura de las paredes, sobre todo en locales pequeños.

En un local amplio la luz que emite la luminaria es aprovechada en su totalidad (C_u alto), mientras que en el pequeño, al incidir la luz sobre las paredes se produce una absorción, mayor o menor según el color y la textura de las superficies y la luminaria pierde parte de su rendimiento por esa razón



(C_u bajo). Esta situación se produce también cuando el local es exageradamente alto con respecto a la superficie.

- *Factor de mantenimiento:* El factor de mantenimiento de la luminaria tiene en cuenta la disminución del flujo luminoso de la luminaria a consecuencia del ensuciamiento de esta última. Viene a ser la relación entre el rendimiento de una luminaria al momento de la limpieza y el valor inicial. Depende de la forma de construcción de la luminaria y de la posibilidad de ensuciamiento que conlleva, es decir, dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local.

La estimación de este coeficiente debe hacerse teniendo en cuenta diversos factores relativos a la instalación, tales como el tipo de luminaria, grado de polvo y suciedad existente en la nave a iluminar, tipo de lámparas utilizadas, número de limpiezas anuales y frecuencia en la reposición de las lámparas defectuosas.

Para una limpieza anual de las luminarias se puede tomar los siguientes valores:

Ambiente	Factor de mantenimiento
Limpio	0,8
Sucio	0,6

1.3.6. Clasificación de las luminarias

Las luminarias pueden clasificarse de muchas maneras aunque lo más común es utilizar criterios ópticos, mecánicos o eléctricos.

Clasificación según las características ópticas de la lámpara

Una primera manera de clasificar las luminarias es según el porcentaje del flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que ilumine hacia el techo o al suelo. Según esta clasificación se distinguen seis clases.

- **Alumbrado directo:** Es el que presenta mejor rendimiento luminoso en el plano horizontal. La mayoría (90-100 %) del flujo está dirigido hacia la zona a iluminar. Se consigue colocando un material reflector por encima de la lámpara. Se recurre a él siempre que se necesitan altos niveles de iluminación. El principal problema es la proyección de sombras fuertes y duras sobre el plano del trabajo; la iluminación general de paredes y espacio en general es deficiente, y los techos quedan oscuros. Este tipo es totalmente necesario en locales de gran altura.



- **Alumbrado semidirecto:** Es aconsejable para locales de altura reducida y con techos claros para aprovechar la luz reflejada. Tiene peor rendimiento que el sistema anterior, aunque la componente indirecta reduce en parte los contrastes que produce la directa. Puede ser empleado en oficinas y colegios, ya que la mayor parte del flujo luminoso (60-90 %) incide sobre la superficie del trabajo, y las paredes y techos quedan moderadamente iluminados.
- **Alumbrado directo- indirecto y difuso:** Si el flujo se reparte al cincuenta por ciento entre procedencia directa e indirecta hablamos de iluminación difusa. El riesgo de deslumbramiento es bajo y no hay sombras, lo que le da un aspecto monótono a la sala y sin relieve a los objetos iluminados. Para evitar las pérdidas por absorción de la luz en techo y paredes es recomendable pintarlas con colores claros o mejor blancos.
- **Alumbrado semindirecto:** En este caso poca parte (10-40 %) del flujo va a la superficie a iluminar, el resto (60-90 %) va a la superficie contraria. Así se consigue una iluminación suave y agradable, con buena uniformidad, resta plasticidad al ambiente pero puede ser interesante en determinadas tareas (por ejemplo, en locales “limpios” como laboratorios, clínicas, etc.). Produce efectos tranquilizantes en el ánimo observador y se evitan deslumbramientos.
- **Alumbrado indirecto:** En la iluminación indirecta casi toda la luz va a la superficie contraria a iluminar (90-100 %). De esta manera se consigue una iluminación de calidad muy parecida a la luz natural, por lo que es recomendable para cualquier tarea, pero dado su bajo rendimiento, se utiliza en pocas ocasiones. Se puede utilizar cuando no son necesarios altos niveles de iluminación, y por los efectos que produce es adecuado para salas de espera, locales de recepción, etc. Los techos y paredes tienen una gran importancia, debiendo ser claros y limpios, tener un acabado mate para que no se reflejen las fuentes de luz, y será necesaria una frecuente renovación del techo para mantener las condiciones originales.

Clasificación según las características mecánicas de la lámpara

Las luminarias se clasifican según el grado de protección contra el polvo, los líquidos y los golpes. En estas clasificaciones, según las normas nacionales (UNE 20324) e internacionales, las luminarias se designan por las letras IP seguidas de tres dígitos. El primer número va de 0 (sin protección) a 6 (máxima protección) e indica la protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos en la luminaria. Además, simultáneamente garantiza la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas. El segundo va de 0 a 8 e indica el grado de protección contra la penetración de líquidos y sus efectos perjudiciales. A medida que aumenta su valor la cantidad de agua que se necesita para acceder al interior de la envolvente es mayor. Por último, el tercero da el grado de resistencia a los choques.



Clasificación según las características eléctricas de la lámpara

Las luminarias deben asegurar la protección de las personas contra los contactos eléctricos. Según el grado de protección eléctrica que ofrezcan las luminarias se dividen en cuatro clases (0, I, II, III).

- **Clase 0:** Luminarias en las que la protección contra los choques eléctricos recae exclusivamente sobre el aislamiento principal; descansando la protección, en caso de fallos de aislamiento principal, sobre el medio circulante. La luminaria tiene aislamiento normal sin toma de tierra.
- **Clase I:** Luminarias en las que la protección contra los choques eléctricos recae exclusivamente sobre el aislamiento principal y un conductor de protección conectado a tierra, que debe conectarse al borne marcado.
- **Clase II:** Luminarias en las que la protección contra los contactos eléctricos no recae exclusivamente sobre el aislamiento principal, sino que comprende medidas suplementarias, tales como el doble aislamiento o el aislamiento reforzado. Estas luminarias no incorporan toma de tierra.
- **Clase III:** Luminarias en las que la protección contra los contactos eléctricos, se realiza alimentando las luminarias a una muy baja tensión de seguridad entre 40 y 50 voltios (MBTS).

1.3.7. Niveles de iluminación recomendados

Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él. En general podemos distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes.

En el primer caso tenemos las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria...) con iluminancias entre 50 y 200 lux. En el segundo caso tenemos las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 y 1000 lux. Por último están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1000 lux) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local.

Las iluminancias recomendadas según la actividad que va a ser desarrollada y el tipo de local se recogen en la siguiente tabla:



Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
Centros docentes			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
Industria (en general)			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

1.3.8. Cálculo del alumbrado interior

A la hora de realizar el cálculo del alumbrado interior se deben tener en cuenta varios factores:

- Precisar las dimensiones del local y la altura del plano de trabajo, la cual en el presente proyecto será de 1 m.
- Determinar el nivel de iluminancia media (E_m) para cada parte del local, dependiendo de la tarea a realizar en el mismo, los cuales se han precisado en el apartado anterior.



- Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente...) más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar.
- Escoger el sistema de alumbrado que mejor se adapte a nuestras necesidades y las luminarias correspondientes.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.

Tipo de local	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2 \cdot (h' - 1)}{3}$ Óptimo: $h = \frac{4 \cdot (h' - 1)}{5}$
Locales con iluminación indirecta	$d' = \frac{1 \cdot (h' - 1)}{4}$ $d' = \frac{3 \cdot (h' - 1)}{4}$

Donde:

d': Altura entre el techo y las luminarias.

h : Altura entre el plano de trabajo y las luminarias.

h': Altura del local.

- Determinar el índice del local k, que depende de la geometría del mismo.

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

Donde:

a: Anchura del local.

b: Longitud del local.

h: Altura entre el plano de trabajo y las luminarias.

- Determinar el factor de reflexión tanto del techo, como de las paredes y del suelo. Usaremos los factores que se muestran en la siguiente tabla:

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5



	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

- Determinar el coeficiente de utilización, a partir de los factores de reflexión y el índice del local cuyos valores se pueden obtener de las tablas facilitadas por los fabricantes de los distintos tipos de luminaria. En las tablas encontraremos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Estas son las tablas utilizadas en el presente proyecto:

Tipo de lámparas: Fluorescente empotrado (factores de reflexión: 70%,50%)

Índice local	Factor de utilización
0,6	0,45
0,8	0,48
1	0,52
1,25	0,55
1,50	0,58
2	0,60
2,5	0,65
3	0,66
4	0,67
5	0,68

Tipo de lámparas: Fluorescente descubierto (regleta) (factores de reflexión: 70%,50%)

Índice local	Factor de utilización
0,6	0,32
0,8	0,40
1	0,44
1,25	0,48
1,5	0,52
2	0,57
2,5	0,62
3	0,65
4	0,69
5	0,71

Tipo de lámparas: luminaria industrial abierta (factores de reflexión: 70%,50%)

Índice local	Factor de utilización
0,6	0,38



0,8	0,47
1	0,51
1,25	0,55
1,50	0,58
2	0,63
2,5	0,68
3	0,70
4	0,73
5	0,74

- Determinar los factores de mantenimiento de las luminarias, cuyos valores han sido mencionados al final del apartado 3.5 de la presente memoria.
- Determinar el número de lúmenes totales necesarios. El número de lúmenes se calcula multiplicando el nivel de iluminación que hemos decidido para nuestro local por las dimensiones (largo y ancho) de éste y dividiendo por los coeficientes de utilización y mantenimiento.

$$N^{\circ}_{\text{lumenes}} = \frac{E_m \times S}{f_u \times f_m}$$

Donde:

S: Superficie del local.

f_u : Coeficiente de utilización.

f_m : Coeficiente de mantenimiento.

E_m : Nivel de iluminación [lux].

- Determinar el número de luminarias necesarias para obtener el nivel de iluminación requerido. El número de luminarias necesarias es el resultado que sale de dividir el número de lúmenes totales que necesitamos para iluminar nuestra área de trabajo por el número de lúmenes que nos proporciona el tipo de luminarias que hemos escogido.

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lumenes}}}{n \times \Phi}$$

Donde:

Φ : Flujo luminoso de la lámpara [lúmenes].

n: Numero de lámparas por luminaria.

- Determinar la distribución de las luminarias a lo largo del local a iluminar. La colocación de las luminarias depende de la arquitectura general y dimensiones del edificio, tipo de luminaria, etc. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas:



$$N^{\circ}_{ancho} = \sqrt{\frac{N^{\circ}_{luminarias}}{b}} \times a$$

$$N^{\circ}_{longitud} = N^{\circ}_{ancho} \times \left(\frac{b}{a}\right)$$

Donde:

a: Anchura del local.

b: Longitud del local.

La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo.

Lógicamente, mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará aunque será menor el nivel de iluminancia que llegará al plano de trabajo tal y tal como dice la ley inversa de los cuadrados. De la misma manera, vemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia).

Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias las podemos resumir como sigue:

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
Intensiva	> 10 m	$e \approx 1.2 h$
Extensiva	6 - 10 m	$e \approx 1.5 h$
Semiextensiva	4 - 6 m	
Extensiva	$\approx 4 m$	$e \approx 1.6 h$
Distancia entre pared y luminaria		$e/2$

Si después de calcular la posición de las luminarias nos encontramos que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa obtenida no es del todo uniforme. Esto puede deberse a que la potencia de las lámparas escogida sea excesiva. En estos casos conviene recalculer la instalación, utilizando lámparas menos potentes, más luminarias o emplear luminarias con menos lámparas.

- Comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas.



$$E_m = \frac{C_u \times C_m \times N^{\circ}_{\text{luminarias}} \times n \times \Phi}{a \times b} \geq E_{\text{tablas}}$$

1.3.9. Solución adoptada

TALLER MANTENIMIENTO

Solución:

- 15 lamparas PHILIPS mod. MASTER HPI-T Plus 400W/643 E40 HCR.
- 15 luminarias DISANO mod. 1215 Photon extensivo JM-E 400 .

Potencia: 6000 W

OFICINAS 1

Solución

- 6 MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV.
- 3 luminarias Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia=348W

ASEOS

Solución

- 2 Fluorescentes Lámpara fluorescente Philips TL-D Super 80, 36 W, de philips
- 1 Luminarias estancas Philips PACIFIC TCW 215 2 x TL-D 36 W

Potencia = 72

OFICINAS 2

Solución

- 12 Fluorescentes MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV;
- 6 luminarias Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia=696W

*OFICINA 3***Solución**

-6 Fluorescentes . MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV.

- 3 luminarias Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia = 348W

*OFICINA 4***Solución**

- 8 Fluorescentes MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV

- 4 luminarias : Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia =464W

INYECCION

Solución 53 lamparas PHILIPS MASTER HPI Plus 400W/745 BU E40 1SL

53 luminarias PHILIPS Cabana HPK150 1xHPI-P400WBU/ 745 CON P-WB +GPK150 R.

Potencia: 21200W

MOLIENDA

Solución 6 lamparas PHILIPS mod. MASTER HPI-T Plus 400W/643 E40 HCR.

6 luminarias DISANO mod. 1215 Photon extensivo JM-E 400 .

Potencia: 2400

ALMACEN DE MOLDES

Solución: 12 lámparas PHILIPS mod. MASTER HPI-T Plus 400W/643 E40 HCR.

12 luminarias DISANO mod. 1215 Photon extensivo JM-E 400 .

Potencia: 4800

ALMACEN

Solución 56 lamparas PHILIPS MASTER HPI Plus 400W/745 BU E40 1SL



56 luminarias PHILIPS Cabana HPK150 1xHPI-P400WBU/ 745 CON P-WB +GPK150 R.

Potencia: 22400

PASILLO

Solución

- 4 Lámpara fluorescente Philips TL-D Super 80, 36 W, de philips.
- 2 Luminarias estancas Philips PACIFIC TCW 215 2 x TL-D 36 W.

Potencia = 144W

ZONA ESCALERAS

Solución

- 8 Lámpara fluorescente Philips TL-D Super 80, 36 W, de philips
- 4Luminarias estancas Philips PACIFIC TCW 215 2 x TL-D 36 W.

Potencia = 288W

ZONA ESCALERAS PLANTA BAJA

Solución

- 12 Lámpara fluorescente Philips TL-D Super 80, 36 W, de philips
- 6 Luminarias estancas Philips PACIFIC TCW 215 2 x TL-D 36 W.

Potencia = 432W

VESTUARIOS

Solución

- 6 Fluorescentes MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV
- 3 Luminarias : Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia=348w

COMEDOR



Solución

- 20 Fluorescentes MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV
- 10 Luminarias : Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia = 1160 w

RECEPCION

Solución

- 6 Fluorescentes MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV
- 3 Luminarias : Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia=348w

OFICINA 5

Solución

- 10 Fluorescentes MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV
- 5 Luminarias : Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia=580W



1.3.10. Cálculo del alumbrado exterior

Además del cálculo de número de lámparas necesarias para el alumbrado exterior, también se debe calcular el ángulo que ha de tener el proyector, a través de la siguiente formula.

$$H = \frac{D}{\tan \alpha}$$

Donde:

H = Altura a la que se coloca la luminaria (metros).

D = Distancia que se quiere iluminar (metros).

α = Angulo del proyector (metros).

Para calcular la iluminación exterior se han supuesto 3 zona diferentes, correspondientes a la fachadas principal

1.3.11. Solución adoptada

ZONA 1

-6 lámparas de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W/645 E40 SLV;

-6 luminarias: Philips; Modelo: Tempo; Ref: MWF331 HPI-TP250W K S;

Potencia: 1500W.

ZONA 2

-6 lámparas de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W/645 E40 SLV;

-6 luminarias: Philips; Modelo: Tempo; Ref: MWF331 HPI-TP250W K S;

Potencia: 1500W.

ZONA 3

-3 lámparas de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W/645 E40 SLV;

-3 luminarias: Philips; Modelo: Tempo; Ref: MWF331 HPI-TP250W K S;



Potencia: 750W.

1.3.12. Características de las lámparas y luminarias escogidas

Las características de las luminarias y lámparas utilizadas en el presente proyecto, se pueden consultar en los catálogos de los distintos fabricantes.

1.3.13. Alumbrados especiales: de emergencia y señalización.

Según la ITC-BT 28, las instalaciones destinadas a alumbrados especiales tienen por objeto asegurar, aún 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 (quirófanos, etc.).

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 línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en la misma dependencia existiesen varios puntos de luz de alumbrado especial, estos deben ser repartidos al menos entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

Se distinguen dos tipos de alumbrado especial: de emergencia y de señalización.

- Alumbrado de señalización

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 personas. Deberá estar alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementario o procedente de fuente propia de energía eléctrica admitida.

Deberá proporcionar una iluminación mínima de un lux en el eje de los pasos principales. 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.

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. Además, 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.

- Alumbrado de emergencia



El alumbrado de emergencia debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil de las personas hacia el exterior. Solamente puede ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuentes 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 un lux. Además, 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, la iluminación de emergencia será como mínimo de 5 lux. 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 con una instalación de alumbrado de emergencia las zonas siguientes:

- 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 la 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 calcular el nivel de iluminación, se considera nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos. Hay que considerar un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso por suciedad y envejecimiento de las lámparas.



Como regla practica para distribución de las luminarias de emergencia, se determinaras que:

- La iluminancia mínima será de 5 lux.
- El flujo luminoso mínimo será de 30 lúmenes.
- La separación mínima será de h ; siendo h la altura de ubicación comprendida entre 2 y 2,5 metros.

Criterio de ubicación de las luminarias de emergencia

- En todas la puertas de las salidas de emergencia.
- Cerca de las escaleras para que todos los escalones queden iluminados.
- Cerca de los cambios de nivel del suelo.
- Para iluminar todas las salidas obligatorias y señales de seguridad.
- Cerca de todos los cambios de dirección.
- Cerca de todas las intersecciones en los pasillos.
- Cerca de los equipos de extinción de fuego así como de puntos de alarma.
- En el exterior de los edificios junto a las salidas.
- Cerca de los puestos de socorro.
- En ascensores y montacargas.
- En todos los aseos y servicios.
- Salas de generadores de motores y salas de control.

1.3.14. Elección del sistema de alumbrado especial

El alumbrado de emergencia se puede clasificar en función de la fuente de alimentación de las luminarias, de la siguiente manera:

- *Luminarias autónomas:* Se caracteriza porque el suministro de energía eléctrica se efectúa en la propia luminaria o a un metro de distancia de la misma como máximo. La alimentación autónoma no precisa ocupar determinados sitios de la edificación para instalar alimentaciones centrales, no requiere por lo tanto equipos centralizados a medida e impide que la rotura de cables invalide el uso de los aparatos autónomos de iluminación. Los aparatos autónomos para el alumbrado de emergencia pueden ser de tipo permanente o no permanente.



- *Luminarias centralizadas*: Se caracteriza porque la fuente de suministro de energía eléctrica se emplaza a más de un metro de distancia de las luminarias.

La alimentación centralizada es mucho más económica cuando se resuelve el alumbrado de emergencia de grandes superficies, también tiene un mantenimiento mucho más barato y sencillo de efectuar ya que las luminarias centralizadas son mucho más prácticas y funcionales que las luminarias de alimentación autónoma. Las luminarias de alimentación centralizada, pueden ser de tipo permanente o no permanente.

También se pueden clasificar en función del tipo de luminaria utilizada, como:

- *Luminarias permanentes*: son luminarias alimentadas con energía eléctrica permanentemente. De manera que se efectúa al unísono un doble alumbrado, un alumbrado normal y un alumbrado de emergencia. Como las luminarias permanentes siempre están encendidas, se puede comprobar en todo momento que la línea de suministro funciona correctamente. Cuando falla el suministro de energía eléctrica del alumbrado normal, las lámparas son abastecidas con energía eléctrica del sistema de emergencia, dichas lámparas están calientes, lo cual propicia el mantenimiento del flujo luminoso sin disminución alguna en el tránsito de un suministro al otro, sobre todo cuando se utilizan lámparas fluorescentes. Se recomienda el empleo de luminarias permanentes, en lugares donde sea necesario asegurar una iluminación ininterrumpida (garajes, ascensores, aulas, etc.). Hay que tener en cuenta, que el uso ininterrumpido de lámparas obliga a su reposición en menor tiempo (de 4 a 11 meses, cuando se utilizan lámparas fluorescentes), que cuando se emplean otros sistemas. Si no se realiza un adecuado programa de mantenimiento, entre la 3.000 a 8.000 horas de vida de las lámparas (tubos fluorescentes), estas pueden quedar inutilizadas, propiciando la ausencia de alumbrado de emergencia durante el tiempo en que se procede a su renovación.
- *Luminarias no permanentes*: son luminarias que solo se activan cuando falla la alimentación del alumbrado normal. Las luminarias no permanentes son muy sencillas, solo se activan cuando el suministro de energía eléctrica de la iluminación normal, se interrumpe o disminuye por debajo del 70% de su valor nominal.
- *Luminarias combinadas*: son luminarias que disponen de dos o más lámparas que permiten alimentar parte de ellas con energía eléctrica para el alumbrado de emergencia y la otra parte conectadas al suministro del alumbrado normal, de manera que parte de las lámparas permanecen encendidas en todo



momento mientras hay suministro de energía eléctrica al alumbrado normal y la otra parte solo se encienden cuando falla dicho suministro eléctrico del alumbrado normal. Las luminarias combinadas se pueden utilizar para señalar de un modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de locales. Las luminarias combinadas, pueden ser encendidas o apagadas, a voluntad, cuando el suministro eléctrico se hace con la iluminación normal, esta disponibilidad es muy útil cuando se pretende evitar consumos innecesarios. También existen luminarias combinadas, en las que no es posible regular este encendido o apagado a voluntad ya que permanecen permanentemente encendidas. Cuando se agota la lámpara suministrada con energía eléctrica del alumbrado normal, siempre queda la opción de que funcione la lámpara conectada al sistema eléctrico de emergencia.

Justificación de los tipos de lámparas y luminarias empleadas.

En el mercado actual existen aparatos que proporcionan en un mismo soporte, los alumbrados de emergencia y señalización. Como esta solución está permitida, es la que se utilizara en el presente proyecto.

En concreto, se utilizaran luminarias de la marca LEGRAND. Estas luminarias disponen de varias referencias las cuales varían en cuanto a lúmenes proporcionados (de 45 a 800), autonomía (1 ó 3 horas), potencia de las lámparas (de 6 a 13 W), índices de protección y tipo de acumuladores de carga.

Las características principales de estas lámparas se pueden consultar en el catalogo del fabricante.

Las lámparas se colocaran a diferentes alturas dependiendo del local en donde se vayan a instalar.

Así en el área de oficinas, se colocaran justo encima de los marcos de las puertas o similar, a una altura de 2,5 metros.

En los locales con grandes alturas como es el caso de los almacenes, molienda, inyección y taller de mantenimiento, las lámparas se colocaran a una altura superior a las anteriores ya que tienen que iluminar un área mayor. En estos locales las luminarias se colocaran a una altura de 3,50 metros.

A continuación, se detalla el número de luminarias de emergencia que se van a colocar en las distintas estancias de la nave industrial, así como la marca y el modelo escogido:



OFICINAS 1

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. C3 61510. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución: 1 luminaria.

-Potencia: 6 W.

OFICINAS 2

- Tipo de lampara: lampara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. C3 61514. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución:1 luminaria.

-Potencia: 6 W.

OFICINAS 3

- Tipo de lampara: lampara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. C3 61508. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución: 1 luminaria.

-Potencia: 6 W.

OFICINAS 4

- Tipo de lampara: lampara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. C3 61510. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución: 1 luminaria.

-Potencia: 6 W.

OFICINAS 5

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. C3 61512. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución: 1 luminaria.

-Potencia: 6 W.

WC

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lampara 6W.

-Solución: 1 luminaria.



-Potencia: 6 W.

VESTUARIOS

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lampara 6W.

-Solución:3 luminaria.

-Potencia:18 W.

RECEPCIÓN

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lampara 6W.

-Solución:2 luminaria.

-Potencia:12 W.

MOLIENDA

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61562. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución:5 luminaria.

-Potencia:30 W.

TALLER DE MANTENIMIENTO

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61563. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución:8 luminaria.

-Potencia:48 W.

INYECCIÓN

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61563. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución: 24 luminaria.

-Potencia: 144 W.



ALMACEN DE MOLDES

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61563. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución: 5 luminaria.

-Potencia: 30 W.

ALMACEN

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61563. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución: 21 luminaria.

-Potencia: 126 W.

PASILLO

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución: 1 luminaria.

-Potencia: 6 W.

ZONA DE ESCALERAS

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución: 3 luminaria.

-Potencia: 18 W.

ZONA ESCALERAS PLANTA BAJA

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución: 6 luminaria.-Potencia: 36 W.

Potencia: 36 W.

ASEO

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lámpara 6W.



-Solución: 1 luminaria.

-Potencia: 6 W.

COMEDOR

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución: 6 luminaria.

-Potencia: 36 W.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lámpara 6W.

-Solución: 1luminaria.

-Potencia: 6 W.



1.4. Tipos de receptores

1.4.1. Introducción

Los aparatos receptores para conseguir un buen funcionamiento deberán cumplir unos requisitos conformes a una correcta instalación, utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberían 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.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor móvil. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar.

1.4.2. Motores

Según indica el Reglamento Electrotécnico de 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 no inferior al 125 % de la intensidad a plena carga del motor en cuestión.
- *Varios conductores:* Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deberán estar dimensionados para una intensidad no menor a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga de todos los demás.



1.4.3. Receptores de alumbrado

Según indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en su Instrucción 44, las instalaciones que contengan lámparas de descarga, deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Los circuitos de alimentación de lámparas o tubos de descarga estarán provistos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.
- 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 de fase.
- Será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

1.4.4. Tomas de corriente

1.4.4.1. Introducción

Se han colocado tomas trifásicas y monofásicas en toda la nave.
Las tomas de corriente utilizadas en el presente proyecto son de la marca Eunea.

1.4.4.2. Tipos de tomas de corriente

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

- Tomas de corriente monofásicas de 16 A a 230 V. (2p + T).
- Tomas de corriente trifásicas de 16 A a 400 V. (3p + T).

1.4.4.3. Situación de las tomas de corriente

Las tomas de corriente irán fijadas a las paredes por sus medios convencionales a una altura de 40 cm, excepto en servicios que irán fijadas a una altura de 1m.

Nº y situación de tomas de corriente monofásicas y trifásicas:



Zona	Nº de tomas de corriente monofásicas	Nº de tomas de corriente trifásicas
	16 A	16 A
Al. entrada	8	6
Of. Recepción de materiales	5	0
Aseo	2	0
Aseo	2	0
Molienda	8	2
Taller de mantenimiento	8	6
Almacén de moldes	12	2
Sala inyección	12	4
Sala de reuniones	10	0
Aseo	2	0
Aseo	2	0
Departamento de compras	10	0
Al. salida	8	6
Of. de expedición	5	0
Aseo	2	0
Aseo	2	0
Vestuario hombres	6	0
Vestuario mujeres	6	0
Recepción	4	0
Área escaleras planta baja	2	0
Comedor	12	0
D. Contabilidad	5	0
D. control gestión	5	0
Aseo	2	0
Aseo	2	0
Dirección	5	0
Archivo	5	0
D. compras y gestión industrial	5	0
D.RRHH	5	0
Seguridad laboral	5	0
D. I+D	10	0
D. calidad y medio ambiente	5	0
D:mejora continua	5	0
Sala de reuniones	10	0
D. informática	10	0
C. de transformación	2	0
TOTAL	197	26



1.4.5 Interruptores

Los interruptores escogidos en el presente proyecto y los cuales se utilizan para el encendido y apagado del alumbrado, son de la marca Eunea.

La manera de actuar de estos, queda indicado en el documento planos.

1.5. Previsión de cargas

CUADRO	POTENCIA (W)
Taller	51898
Almacén Entrada	39326
Almacén Salida	48826
Molienda	37480
Inyección	142913
Of. Inyección	13312
Almacén de Moldes	19880
Of. Almacén de Entrada	6410
Of. Almacén de Salida	6410
Primera Planta	61608
Planta baja Of.	16006

1.6. Instalación de enlace

1.6.1. Introducción

Se define la instalación de enlace, como el conjunto de conductores y elementos de tipo eléctrico, que establecen la conexión entre la red de distribución pública y las instalaciones interiores.

En este caso la instalación de enlace va desde el centro de distribución de IBERDROLA S.A. situado en el polígono industrial Comarca 2 de Barbatáin hasta el cuadro general de distribución.

1.6.2. Solución adoptada

La línea de enlace partirá del centro de transformación del polígono industrial Comarca 2, propiedad de la compañía suministradora IBERDROLA S.A.



Según el condicionado técnico facilitado por IBERDROLA, S.A., la modificación del centro de transformación de A.T. se realizará por su servicio técnico.

Del centro de transformación de IBERDROLA, S.A. saldrá una línea subterránea hasta el centro de transformación de la propiedad, situado en el lateral de la nave industrial, tal y como se indica en los planos.

Naturaleza del conductor: Aluminio

Designación UNE: DHZ1-12/20 kV

Sección: 50 mm²

Tensión nominal: 13,2 kV

Tensión prueba-5 min: 30 kV

Nivel de aislamiento a impulsos: 125 kV

Aislamiento: EPR

Diámetro exterior: 26,2 mm

Intensidad admisible en régimen permanente, 1 terno a 1 m de profundidad a 25°C: 150 A.

Longitud del conductor: 90 m

Para el tendido de los conductores se realizará una zanja de 0.70 m .

En el fondo de la cual se colocarán dos tubos de PVC rígido de 110 mm de diámetro exterior y 0,6 mm de espesor, según determina ITC-BT-21 en la tabla número 9. En el interior de uno de ellos se alojarán los conductores, quedando el otro de reserva.

Los tubos estarán perfectamente asentados sobre un lecho de hormigón y cubiertos por el mismo material con una capa de 8 cm de espesor. Encima de dicha capa se colocará una cinta de señalización de polietileno y se rellenará la zanja con zahorra debidamente compactada.

El cable a utilizar para cada una de las fases será de una sola pieza, y contará en sus extremos con botellas terminales, aptas para el servicio correspondiente al punto de instalación.

Al realizar el tendido de los conductores, se dejará un pequeño bucle tanteo en la arqueta junto al apoyo metálico, como en la de llegada al centro de transformación. Esto evitará tener que empalmar el cable en caso de fallo de una botella terminal.

Al objeto de facilitar el tendido y posterior mantenimiento de los conductores, se colocarán arquetas de registro, provistas de marcos y tapa de hierro fundido.

Para la elección de los cables tal y como define esta misma instrucción se deberá tener en cuenta que los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida y cumplirán con las normas UNE 21.123 y UNE 2111002.

Para el cálculo de la sección de los cables se tendrá en cuenta la potencia prevista por el usuario, cumpliendo el criterio de intensidades admisibles, teniendo



en cuenta lo que se indica en lo dispuesto en ITC-BT-07 para cables aislados en el interior de tubos enterrados.

1.7. Conductores y cables eléctricos

1.7.1. Introducción

La conducción eléctrica se va a realizar desde el centro de transformación a los distintos receptores de la instalación. La instalación es de baja tensión y por tanto, se emplearan tensiones normalizadas como indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Se empleara unas tensiones nominales en corriente alterna de 230 V entre fase y neutro, y 400 V entre fases, para las redes trifásicas de cuatro conductores.

Los conductores de corriente eléctrica se deberán calcular 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 de Baja Tensión.

1.7.2. Tipos de conductores

Se llaman conductores eléctricos a los materiales que puestos en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie. Los mejores conductores eléctricos son los metales y sus aleaciones. Existen otros materiales, no metálicos, que también poseen la propiedad de conducir la electricidad. Para el transporte de la energía eléctrica, así como para cualquier instalación de uso doméstico o industrial, el metal empleado universalmente es el cobre en forma de cables de uno o varios hilos. Alternativamente se emplea el aluminio, metal que si bien tiene una conductividad eléctrica del orden del 60 % de la del cobre es, sin embargo, un material mucho más ligero, lo que favorece su empleo en líneas de transmisión de energía eléctrica en las redes de alta tensión. Para aplicaciones especiales se utiliza como conductor el oro.

Partes que componen un conductor eléctrico

En los conductores se pueden diferenciar claramente tres partes:

- El alma o elemento conductor.
- El aislamiento.
- Las cubiertas protectoras.



Alma o elemento conductor: Se fabrica en cobre o aluminio y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centro de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, viviendas, centros comerciales, etc.). Dependiendo de la forma cómo esté constituida el alma se pueden clasificar los conductores eléctricos de la siguiente manera:

- *Alambre:* Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor. Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en conductos o directamente sobre aisladores.
- *Cable:* Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de reducida sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

También se pueden clasificar según el número de conductores:

- *Monoconductor:* Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislamiento y con o sin cubierta protectora.
- *Multiconductor:* Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislamiento y con una o más cubiertas protectoras comunes.

Aislamiento: El objetivo del aislamiento en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas, con objetos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, el aislamiento debe evitar que conductores de distinta tensión puedan hacer contacto entre sí.

Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Los diferentes tipos de aislamiento de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para el aislamiento de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el polietileno reticulado o XLPE, la goma y el caucho.



Cubiertas protectoras: El objetivo fundamental de esta parte en un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc. Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina armadura. Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina pantalla.

Conductores Activos

Son los destinados a la transmisión de la energía eléctrica. Esta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor neutro en corriente alterna. Los conductores serán de cobre o de aluminio, y serán siempre aislados, exceptuando cuando vayan montados sobre aisladores, tal y como establece el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, es su instrucción número 19.

Conductor Neutro

Según la ITC-BT 19, en las instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será mínimo igual a la de las fases.

Para hallar la sección de los neutros en los tramos subterráneos se utiliza la tabla 7.1 de la ITC-BT 07. A cada sección de fase y tipo de conductor (aluminio o cobre) le corresponde una sección de neutro.

Conductores de Protección

Estos conductores sirven para conectar las masas de la instalación con la puesta a tierra. Es decir, son conductores que en condiciones normales no soportan tensión. Los conductores de protección tendrán una sección mínima, en función de la sección de los conductores de fase de la instalación como se establece a continuación:

Secciones de los conductores de fase (mm²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm²)
$S \leq 16$	S
$16 \leq S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Se respetará siempre un mínimo de 2.5mm² si disponen de protección mecánica y de 4mm² si no la tienen.

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

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.

1.7.3. Sección del conductor

En primer lugar se ha de calcular cual va a ser la sección adecuada que ha de tener el conductor a lo largo de la instalación. Esta sección a de cumplir lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Los factores que influyen y que por lo tanto se han de tener en cuenta a la hora de calcular la sección de los conductores son los siguientes:

- Calentamiento de los conductores.
- Caída de tensión.

Calentamiento de los conductores

La temperatura hace que la resistencia de un conductor varíe, por ejemplo, cuanto más caliente está, mas se opone el conductor al paso de la electricidad. Los conductores se calientan por efecto de la propia corriente que por el circula, lo cual se debe a la resistencia del conductor, obviamente, cuanto más elevada es la corriente, mayor será el calentamiento y por lo tanto, mayor pérdida de energía en forma de calor.

Cuando, al mismo tiempo, la suma de las perdidas térmicas producidas es igual a las perdidas disipadas en el medio ambiental, se establece un estado de equilibrio y la temperatura del núcleo toma un valor constante. Este no debe sobrepasar un valor fijado por la resistencia del aislante escogido y, eventualmente, por la resistencia de los otros materiales constitutivos, para asegurar al cable un tiempo útil de vida normal. Según la ley de Joule, la cantidad de calorías recibidas en un segundo son:

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

Lo que sucede es que el calentamiento aumenta en relación con el cuadrado de la variación de corriente. Por consiguiente, si se aumenta la corriente al doble, el calentamiento será 4 veces mayor. Cuando circula mayor corriente por un conductor, no solamente calentara el conductor, habrá también un aumento en su resistencia, como consecuencia, habrá un aumento adicional de temperatura. 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):

$$\Delta T = (I/I_n)^2 \times \Delta T_n$$

Siendo:

- ΔT : Incremento admisible de la temperatura.
- ΔT_n : Incremento de la temperatura en condiciones normales.
- I_n : Intensidad nominal en condiciones normales.
- I : Intensidad admisible.

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:

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

Esta evacuación del calor se puede producir de dos formas:

- Por convección y radiación si el conductor está colocado al aire.
- Por conducción si el conductor está en contacto con otros elementos.

Si la intensidad que atraviesa el conductor aumenta, produciéndose por consiguiente un aumento de la temperatura, llegará a un punto en el que el calor producido no pueda evacuarse, por lo que la temperatura seguirá aumentando. Si esta temperatura es elevada existirá el peligro de que los materiales aislantes se deterioren, incluso se lleguen a quemar, ocasionando cortocircuitos, incluso incendios.

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 mencionados anteriormente.

Se denomina intensidad máxima admisible en régimen permanente de un conductor, al valor de la intensidad que provoca, para un entorno determinado, el recalentamiento del núcleo de los conductores al valor máximo permitido.

Estas intensidades máximas permitidas vienen recogidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en su instrucción 19. En ella se muestran las



intensidades máximas admisibles de los conductores, en función de la sección, tipo de instalación, número de conductores y naturaleza de aislamiento.

Caída de tensión

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transporta por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y el extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud por ejemplo en derivaciones individuales que alimenten a los últimos pisos en un edificio de cierta altura.

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 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

Para el caso de instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior tiene el origen en la salida del transformador y que las caídas de tensión admisibles son del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para el resto de usos.

1.7.4. Canalizaciones

Las canalizaciones eléctricas son los elementos utilizados para conducir los conductores eléctricos entre las diferentes partes de la instalación eléctrica. Las instalaciones eléctricas persiguen proveer de resguardo, seguridad a los conductores a la vez de propiciar un camino adecuado por donde colocar los conductores.

En general, las canalizaciones se pueden agrupar en cuatro grandes apartados:

- Canalizaciones fijas: Son aquellas en las que es preciso desconectar la instalación para su modificación, lo que requiere trabajos de desmontaje. Estas canalizaciones alimentan aparatos fijos. Un ejemplo sería la instalación de un edificio.
- Canalizaciones semifijas: El desplazamiento de los equipos se efectuara después de dejarlos sin tensión, aunque permanezcan acoplados a la red. Es el caso de algunos equipos de extracción de minería o de obras públicas.
- Canalizaciones semimóviles: Permiten el desplazamiento ocasional de los equipos bajo tensión durante su funcionamiento. Alimentan aparatos semimóviles, tales como lámparas de pie o maquinas de oficina.



- Canalizaciones móviles: Permiten el desplazamiento de los equipos en tensión durante su funcionamiento. Alimentan aparatos móviles. Por ejemplo, grúas, ascensores, montacargas, equipos de máquinas de extracción de minería, cabezales de trabajo de equipos industriales, herramientas portátiles, etc.

Evidentemente, la naturaleza de la canalización determina el tipo de cable adecuado al servicio de que se trate.

En el presente proyecto se ha de utilizar 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.

Cuando las canalizaciones pasen a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizara 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 utilizaran tubos no obturados, etc.

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

Tubos protectores

En el mercado actual existen muchas clases de tubos. Dependiendo de las actividades que se desarrollen en cada zona y del lugar por donde vayan a ser colocados se podrán elegir algunas de estas opciones: tubos metálicos rígidos blindados, tubos metálicos rígidos blindados con aislamiento interior, tubos aislantes rígidos normales curvables, tubos aislantes flexible normal, tubo PVC rígido, etc.

A la hora de calcular el diámetro mínimo de los tubos protectores que contienen a las diversas líneas de la instalación se debe tener en cuenta el número, tipo y sección de los conductores, así como el tipo de instalación. Para ello, en la instrucción complementaria ITC-BT 21, se establecen una serie de tablas con los diámetros mínimos de los tubos protectores, en función de los factores antes citados.

Los tubos deberán soportar como mínimo sin deformación alguna, 60 grados centígrados para los tubos aislantes constituidos por PVC o polietileno y 70 grados centígrados para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Canalización bajo tubos protectores

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



- 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 originaran reducciones de sección admisibles.
- 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.
- Las conexiones entre conductores se realizaran en el interior de cajas apropiadas de material aislante.

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

- Los tubos se fijaran a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas. La distancia entre estas será, como máximo, de 0,5 metros.
- Es conveniente disponer de tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,5 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.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o “T” apropiados.

La elección definitiva de los tubos con sus diámetros correspondientes esta especificada en el documento cálculos del presente proyecto, mientras que su emplazamiento y forma de colocación esta especificada en el documento planos.

1.7.5. Normas para la elección de cables y tubos

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

Además de tener cuenta todo lo expuesto anteriormente, se harán las siguientes consideraciones para la elección del tubo protector de los conductores:

- Los diámetros de los tubos se eligen de acuerdo a las tablas que aparecen en la instrucción 21 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. En estas tablas viene expresado el diámetro interior 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 más de cinco conductores por tubo o para conductores de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, la sección inferior de este, ha de ser como mínimo, igual a tres 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 no estarán separados entre sí más de 25 metros. Las conexiones entre los conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante.

1.7.6. Códigos de colores

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente inidentificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizara por los colores que presenten sus aislamientos. Al conductor de protección se le identificara por el color verde-amarillo. El conductor neutro se identificara por el color azul. Todos los conductores de fase, o en su caso,



aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón o negro. Cuando se considere necesario identificar tres fases, se utilizará también el color gris.

1.7.7. Soluciones adoptadas

1.7.7.1. Conductores

Según las características de los elementos a alimentar, así como su ubicación etc. Se han de utilizar distintos tipos de conductores. El material del conductor será en todos casos de cobre.

Acometida

La canalización de la acometida se hará enterrada a una profundidad de 0,7 metros. El conductor utilizado para la distribución de la energía desde el centro de transformación, hasta el cuadro general de distribución será el siguiente:

- Marca: Pirelli; Modelo: Retenax Flex; Ref: RV-K; Tensión nominal 0,6/1KV.

Instalación interior

- Marca: Pirelli; Modelo: Afumex 1000V; Ref: RZ1-K; Tensión nominal 0,6/1KV.

Alumbrado emergencia

- Marca: Pirelli; Modelo: Afumex Firs 1000V; Ref: SZ1-K ó RZ1-K; Tensión nominal 0,6/1KV.

Alumbrado de exterior

- Marca: Pirelli; Modelo: Polirret Feriex; Ref: RZ; Tensión nominal 0,6/1KV.

1.7.7.2. Características de los tipos de conductores escogidos

Todas las características relativas a los conductores elegidos se pueden obtener a través de los catálogos o páginas web de los fabricantes de los mismos.

1.7.7.3. Canalizaciones

Líneas generales:

La canalización de las líneas generales de la nave se realizará a través de bandeja perforada de chapa de acero galvanizado 400x100. Las líneas partirán desde el cuadro general de distribución en el interior de tubos metálicos hasta llegar a la altura de la



bandeja, que estará a 6 metros del suelo, y a partir de aquí las líneas se llevarán a los diferentes cuadros auxiliares de nuestra nave a través de la bandeja. Cuando las líneas lleguen a donde están situados los cuadros auxiliares, se bajarán mediante tubos metálicos.

Líneas secundarias:

La canalización de las líneas que alimentan la maquinaria, se realizara partiendo desde el cuadro secundario correspondiente, subiendo los conductores en el interior de tubos metálicos grapados contra la pared hasta la altura de la bandeja, y se llevaran colgados en el interior de los tubos, hasta llegar a la altura de cada máquina, que será cuando se vuelva a bajar los conductores.

La canalización de las líneas que alimentan los aparatos de alumbrado se realizaran a través de tubos metálicos.

La canalización de las dos plantas de la zona de las oficinas, se realizara a través de tubos de PVC.

1.7.7.4. Conducciones de las líneas

Las líneas que parten de cada uno de los cuadros secundarios para alimentar los diferentes receptores son las siguientes:

CUADRO GENERAL

- Circuito 1:C.Almacen de salida.
- Circuito 2:C.Of.Almacén de salida.
- Circuito 3:C.Molienda.
- Circuito 4:C.Taller.
- Circuito 5:C.Almacén de Moldes.
- Circuito 6:C.Of.Inyección.
- Circuito 7:C.Inyección.
- Circuito 8:C.Almacen de Entrada.
- Circuito 9:C.Of.Almacen de Entrada.
- Circuito10:C.Planta Baja.
- Circuito 11:C.Primer Planta.
- Circuito 12:Bateria de Condensadores.

CUADRO ALMACEN DE SALIDA

- Circuito 1: Tomas Monofásicas.
- Circuito 2: Tomas Trifásicas.
- Circuito 3: Compresor.
- Circuito 4: Puerta Muelle.
- Circuito 5: Emergencia.
- Circuito 6: Alumbrado.
- Circuito 7: Alumbrado.



- Circuito 8: Alumbrado.
- Circuito 9: Alumbrado.
- Circuito10: Alumbrado.
- Circuito 11: Alumbrado.
- Circuito 12: Alumbrado Exterior.
- Circuito 13: Alumbrado Exterior.
- Circuito 14: Alumbrado Exterior.

CUADRO OF ALMACEN DE SALIDA

- Circuito 1: Aseos H Iluminación.
- Circuito 2: Aseos M Iluminación.
- Circuito 3: Of. Expedición Iluminación.
- Circuito 4: Emergencia.
- Circuito 5: Tomas Of. Expedición.
- Circuito 6: Aseos M Tomas.
- Circuito 7: Aseos H Tomas.
- Circuito 8: Aire Acondicionado.

CUADRO MOLIENDA

- Circuito 1: Molino 1.
- Circuito 2: Molino 2.
- Circuito 3: Emergencia.
- Circuito 4: Alumbrado.
- Circuito 5: Alumbrado.
- Circuito 6: Alumbrado.
- Circuito 7: Puerta Automático.
- Circuito 8: Tomas Monofásicas.
- Circuito 9: Tomas Trifásicas.

CUADRO TALLER

- Circuito 1: Puerta Automática.
- Circuito 2: Puente Grua.
- Circuito 3: Emergencia.
- Circuito 4: Alumbrado.
- Circuito 5: Alumbrado.
- Circuito 6: Alumbrado.
- Circuito 7: Torno 1.
- Circuito 8: Torno 2.
- Circuito 9: Fresadora.
- Circuito10: Fresadora.
- Circuito 11: Tomas Monofásicas.
- Circuito 12: Tomas Trifásicas.

CUADRO ALMACÉN DE MOLDES

- Circuito 1: Alumbrado.
- Circuito 2: Alumbrado.
- Circuito 3: Alumbrado.



- Circuito 4: Emergencia.
- Circuito 5: Puerta Automática.
- Circuito 6: Tomas Monofásicas.
- Circuito 7: Tomas Trifásicas.

CUADRO OFICINAS INYECCIÓN

- Circuito 1: Sala de Reuniones.
- Circuito 2: Aseo.
- Circuito 3: Aseo.
- Circuito 4: D.de Compras.
- Circuito 5: Emergencia.
- Circuito 6: D.de Compras Tomas.
- Circuito 7: Sala de Reuniones.
- Circuito 8: Aseo M Tomas.
- Circuito 9: Aseo H Tomas.
- Circuito10: Aire Acondicionado.
- Circuito 11: Aire Acondicionado.

CUADRO INYECCIÓN

- Circuito 1: Tomas Monofásicas.
- Circuito 2: Tomas Trifásicas.
- Circuito 3: Emergencia.
- Circuito 4: Alumbrado.
- Circuito 5: Alumbrado.
- Circuito 6: Alumbrado.
- Circuito 7: Alumbrado.
- Circuito 8: Alumbrado.
- Circuito 9: Alumbrado.
- Circuito10: Alumbrado.
- Circuito 11: Alumbrado.
- Circuito 12: Alumbrado.
- Circuito 13: Fuerza Maquinas Inyección.
- Circuito 14: Fuerza Maquinas Inyección.
- Circuito 15: Fuerza Maquinas Inyección.
- Circuito 16: Puerta Automática.
- Circuito 17: Puerta Automática.

CUADRO AMACEN DE ENTRADA

- Circuito 1: Tomas Monofásicas.
- Circuito 2: Tomas Trifásicas.
- Circuito 3: Puerta Muelle.
- Circuito 4: Emergencia.
- Circuito 5: Alumbrado.
- Circuito 6: Alumbrado.
- Circuito 7: Alumbrado.
- Circuito 8: Alumbrado.
- Circuito 9: Alumbrado.
- Circuito10: Alumbrado.



- Circuito 11: Alumbrado Exterior.
- Circuito 12: Alumbrado Exterior.
- Circuito 13: Alumbrado Exterior.

CUADRO OF. AMACEN DE ENTRADA

- Circuito 1: Aseos H Iluminación.
- Circuito 2: Aseos M Iluminación.
- Circuito 3: Of. Recepción de Materiales Iluminación.
- Circuito 4: Emergencia.
- Circuito 5: Tomas Of. Recepción de Materiales.
- Circuito 6: Aseos M Tomas.
- Circuito 7: Aseos H Tomas.
- Circuito 8: Aire Acondicionado.

CUADRO PLANTA BAJA

- Circuito 1: Zona escaleras.
- Circuito 2: Recepción.
- Circuito 3: Vestuarios Hombres.
- Circuito 4: Vestuarios Mujeres.
- Circuito 5: Comedor.
- Circuito 6: Emergencia.
- Circuito 7: Iluminación Exterior.
- Circuito 8: Iluminación Exterior.
- Circuito 9: Iluminación Exterior.
- Circuito 10: Comedor Tomas.
- Circuito 11: Recepción Tomas.
- Circuito 12: Planta Baja Escalera Tomas.
- Circuito 13: Vestuario M Tomas.
- Circuito 14: Vestuario H Tomas.

CUADRO PRIMERA PLANTA

- Circuito 1: D.I+D.
- Circuito 2: D .Calidad y Medio Ambiente.
- Circuito 3: D. Contabilidad.
- Circuito 4: D. Control Gestión.
- Circuito 5: Aseos M.
- Circuito 6: Aseos H.
- Circuito 7: Pasillo.
- Circuito 8: D. Mejora Continua.
- Circuito 9: Sala de Reuniones.
- Circuito 10: Informática.
- Circuito 11: D. Seguridad Laboral.
- Circuito 12: D. RRHH.
- Circuito 13: D. Compras y Gestión Industrial.
- Circuito 14: Archivo.
- Circuito 15: Dirección.
- Circuito 16: Pasillo.
- Circuito 17: Zona Escaleras.
- Circuito 18: Emergencia.



- Circuito 19: Aire Acondicionado.
- Circuito 20: Aire Acondicionado.
- Circuito 21: Aire Acondicionado.
- Circuito 22: Aire Acondicionado.
- Circuito 23 Aire Acondicionado.
- Circuito 24: Aire Acondicionado.
- Circuito 25: Aire Acondicionado.
- Circuito 26: Aire Acondicionado.
- Circuito 27: Aire Acondicionado.
- Circuito 28: Aire Acondicionado.
- Circuito 29: Aire Acondicionado.
- Circuito 30: Aire Acondicionado.
- Circuito 31: Tomas D.I+D.
- Circuito 32: Tomas D .Calidad y Medio Ambiente.
- Circuito 33: Tomas D. Contabilidad.
- Circuito 34: Tomas D. Control Gestión.
- Circuito 35: Tomas Aseos H.
- Circuito 36: Tomas Aseos M.
- Circuito 37: Tomas D. Mejora Continua.
- Circuito 38: Tomas Sala de Reuniones.
- Circuito 39: Tomas Informática.
- Circuito 40: Tomas D. Seguridad Laboral.
- Circuito 41 Tomas D. RRHH.
- Circuito 42: Tomas D. Compras y Gestión Industrial.
- Circuito 43: Tomas Dirección.
- Circuito 44: Tomas Archivo.

1.8. Cuadros eléctricos

1.8.1. Interconexión de las distintas partes de la instalación

El cuadro eléctrico es el punto de paso de la corriente eléctrica y en el que se deben instalar los dispositivos generales e individuales de mando y protección de una instalación eléctrica.

La instalación debe subdividirse convenientemente, de forma que una avería en algún punto de la misma solo afecte a un sector limitado de ella. Este hecho se consigue mediante la colocación de dispositivos de protección coordinados y diseñados de forma que se asegure la selectividad necesaria de la instalación. En este sentido se recomienda un sistema de cuadros que incluya:

- Un cuadro general de distribución, del que partirán las líneas que distribuyen la energía hasta los cuadros secundarios.



- Una serie de cuadros secundarios de distribución, derivados de los anteriores. De estos cuadros secundarios, si fuese necesario, podrán derivarse a su vez otros cuadros.

1.8.2. Ubicación

El cuadro general de distribución deberá instalarse en una zona de servicio a la que no tenga acceso al público, y se colocaran junto o sobre él, los dispositivos de mando y protección que se establecen en el apartado siguiente.

Los cuadros secundarios, se instalaran en lugares a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro de incendio o de pánico (como salas de público), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas resistentes al fuego, preferentemente en vestíbulos y pasillos, nunca en el interior de consultas.

Todos los cuadros deberán disponer de los correspondientes cierres de seguridad que impidan que personas ajenas al equipo de mantenimiento pudieran manipular en su interior.

1.8.3. Composición

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se ubicaran en el interior de los cuadros eléctricos de donde partirán los circuitos interiores, y constaran como mínimo de los siguientes elementos:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento y que este dotado de elemento de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Este interruptor será independiente, si existe, del interruptor de control de potencia. Este interruptor servirá de protección general con los situados aguas abajo, con los que deberá estar coordinado para que exista la correspondiente selectividad. Este interruptor deberá llevar asociada una protección diferencial, destinada a la protección contra contactos indirectos. Con esta protección en el origen de la instalación se consigue proteger mediante diferenciales toda la instalación y al mismo tiempo conseguir una elevada continuidad de servicio, pues permite actuar ante un fallo fase-masa en los niveles superiores de distribución, o como protección de los usuarios si alguno de los diferenciales ubicados aguas abajo (en los cuadros secundarios, por ejemplo) quedara fuera de servicio de forma accidental o intencionada. Este diferencial en el origen de la instalación, se encontrará en serie con diferenciales instalados aguas abajo



por lo que deberá establecerse la adecuada selectividad y con retardo de tiempo.

- Las líneas que partiendo de estos cuadros alimenten otro cuadros secundarios deberán disponer de dispositivos de corte omnipolar destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones.
- Si además de estos cuadros parten líneas para la alimentación directa de alguna cargas, cada uno de los circuito deberá contar con los siguientes dispositivos:
 - Dispositivos de corte omnipolar destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
 - Un interruptor diferencial, destinado a la protección contra contactos indirectos en los mencionados circuitos, que deberá establecerse con la correspondiente selectividad respecto a la protección diferencial dispuesta en la cabecera de la instalación.

Cuadros secundarios

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento y que este dotado de elemento de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Interruptores diferenciales destinados a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, y selectivos respecto a la protección diferencial colocada aguas arriba.
- Dispositivos de corte omnipolar destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los diferente circuitos.
- Dispositivos de protección contra sobretensiones.

1.8.4. Características de los cuadro de distribución

Las dimensiones del cuadro que se elija para la ubicación de toda la paramenta necesaria para la protección, control y maniobra de los circuitos que partirán de él, axial como del nivel de segregación que se pretenda aplicar, debe ser superior a la dimensiones obtenidas en su cálculo, posibilitando de esta forma posibles ampliaciones en la instalación.

Las envolventes de los cuadros se ajustaran a la normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.493-3, con un grado de protección mínimo IP30 según UNE 20.324 y de protección mecánica mínima IK07 según UNE 50.102.

La elección de los cuadros debe realizarse de modo que se permita la sustitución de cualquiera de sus componentes en el mismo tiempo posible, evitando siempre la necesidad de desmontar otros no implicados en la sustitución.



Cada cuadro deberá incluir además un sinóptico con el esquema unifilar correspondiente.

1.8.5. Características de los circuitos

De los cuadros generales saldrán las líneas que alimentan directamente aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución que conectaran los cuadros secundarios de distribución, de los que partirán los distintos circuitos alimentadores.

Todos los circuitos deben quedar identificados en sus puntos extremos, así como en las cajas mediante etiquetas donde vendrá indicado, de manera clara, indeleble y permanente, su destino, cuadro de procedencia e interruptor que le protege.

Además para distribución de los circuitos interiores se deberá seguir la pauta marcada en los siguientes puntos:

- Se deben instalar uno o varios interruptores diferenciales, garantizando la protección con sensibilidad máxima de 30 mA en todos los circuitos que estén al acceso de personas (en aquellos otros en los que no sea posible el contacto indirecto, por ejemplo, tramos enterrados, tramos entre cuadros inaccesibles, etc., o en aquellos en los que la continuidad del suministro sea fundamental, podrá admitirse el empleo de diferenciales de sensibilidad 300 mA o superior).
- En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público en general (por ejemplo, vestíbulos, pasillos, corredores, salas de espera y salas de juntas), el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar, deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas. Cada una de estas líneas estarán protegidas en su origen contra sobrecargas, cortocircuitos y contra contactos indirectos.
- Los circuitos para el alumbrado de seguridad, en el caso que alimenten aparatos autónomos, podrán estar conectados al circuito de alumbrado normal, debiendo existir un interruptor manual que permita la desconexión del alumbrado normal sin desconectar el alumbrado de emergencia.

1.9. Protecciones en baja tensión

1.9.1. Introducción

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

Existen muchos tipos de protecciones, que pueden hacer a una instalación eléctrica completamente segura ante cualquier contingencia, pero hay tres que deben



usarse en todo tipo de instalación: de alumbrado, domésticas, de fuerza, redes de distribución, circuitos auxiliares, etc., ya sea de baja o alta tensión.

En las instalaciones de baja tensión, y de acuerdo con las instrucciones 22, 23 y 24 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, debemos considerar las siguientes protecciones:

- Protección de la instalación:
 - Contra sobrecargas.
 - Contra cortocircuitos.

- Protección de las personas:
 - Contra contactos directos.
 - Contra contactos indirectos.

1.9.2. Dispositivos de protección eléctrica

Los dispositivos utilizados en el presente proyecto son una combinación entre interruptores diferenciales e interruptores automáticos y magnetotérmicos.

- *Interruptor diferencial*: El interruptor diferencial es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento entre los conductores y tierra o masa de los aparatos. Es un interruptor que tiene la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente de entrada y salida en un circuito. Cuando esta diferencia supera un valor determinado (sensibilidad), para el que está calibrado (30 mA, 300 mA, etc.), el dispositivo abre el circuito, interrumpiendo el paso de la corriente a la instalación que protege. En esencia, el interruptor diferencial consta de dos bobinas, colocadas en serie con los conductores que producen campos magnéticos opuestos y un núcleo o armadura que mediante un dispositivo mecánico puede accionar unos contactos. Cuando las corrientes de entrada y salida no son iguales, los flujos creados por ambas corrientes en las bobinas dejan de ser iguales y el flujo diferencial entre ellas crea una corriente i que activa el electroimán que a su vez posibilita la apertura de los contactos del interruptor.
- *Interruptor magnetotérmico*: El interruptor magnetotérmico es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de protegerlas frente a las intensidades excesivas, producidas como consecuencia de cortocircuitos o por el excesivo número de elementos de consumo conectados a ellas. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos



partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

Al circular la corriente el electroimán crea una fuerza que, mediante un dispositivo mecánico adecuado, tiende a abrir un contacto, pero sólo podrá abrirlo si la intensidad que circula por la carga sobrepasa el límite de intervención fijado. Este nivel de intervención suele estar comprendido entre 3 y 20 veces la intensidad nominal (la intensidad de diseño del interruptor magnetotérmico) y su actuación es de aproximadamente unas 25 milésimas de segundo, lo cual lo hace muy seguro por su velocidad de reacción. Esta es la parte destinada a la protección frente a los cortocircuitos, donde se produce un aumento muy rápido y elevado de corriente.

La otra parte está constituida por una lámina bimetálica, que al calentarse por encima de un determinado límite, sufre una deformación y provoca la apertura de un contacto. Esta parte es la encargada de proteger de corrientes que, aunque son superiores a las permitidas por la instalación, no llegan al nivel de intervención del dispositivo magnético. Esta situación es típica de una sobrecarga, donde el consumo va aumentando conforme se van conectando aparatos.

1.9.3. 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 y los defectos de los arcos.

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. (Protección de reserva).

La selectividad de las protecciones es un elemento esencial que debe ser tomado en cuenta desde el momento de la concepción de una instalación de baja tensión, con el fin de garantizar a los usuarios la mejor disponibilidad de la energía. Se entiende por tiempo de escalonamiento, el intervalo de tiempo 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.

Una selección no selectiva está expuesta a riesgos de diversa gravedad:

- Imperativos de producción no respetados.



- Obligación de volver a realizar los procesos de arranque para cada una de las maquinas herramientas, como consecuencia de una perdida de alimentación general.
- Paros de motores de seguridad tales como bombas de lubricación, extractores de humos, etc.
- Roturas de fabricación con:
 - perdida de producción o de producto terminado.
 - Riesgo de avería en los útiles de producción dentro de procesos continuos.

1.9.3.1. Protección contra sobrecargas

Se denomina sobrecarga, al paso de una intensidad superior a la nominal de la instalación. Esta instalación superior a la nominal, no producirá daños en la instalación si su duración es breve.

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

Los dispositivos de protección, deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que ésta pueda provocar calentamiento que afecte al aislamiento, las conexiones, los terminales, o el medio ambiente.

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.

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

Según instrucción 22 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, los dispositivos de protección contra sobrecargas serán fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o interruptores automáticos con curva térmica de corte.



1.9.3.2. Protección contra cortocircuitos

Se produce un cortocircuito en un sistema de potencia, cuando entran en contacto, entre si o con tierra, conductores correspondientes a distintas fases. Normalmente las corrientes de cortocircuito son muy elevadas, entre 5 y 20 veces el máximo de la corriente de carga en el punto de falta.

La corriente de cortocircuito es la corriente que fluye por el punto en que se ha producido el cortocircuito y mientras tenga duración este. 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. La componente de corriente continua se atenúa hasta anularse completamente. Las principales características de los cortocircuitos son:

- Su duración: autoextinguible, transitorio o permanente.
- Su origen: originados por factores mecánicos (rotura de conductores, conexión eléctrica accidental entre dos conductores producida por un objeto conductor extraño, como herramientas o animales), debidos a sobretensiones eléctricas de origen interno o atmosférico, causados por la degradación del aislamiento provocada por el calor, la humedad o un ambiente corrosivo.
- Su localización: dentro o fuera de una maquina o tablero eléctrico.

Desde otro punto de vista, los cortocircuitos pueden ser: monofásicos (el 80 % de los casos), bifásicos (el 15% de los casos) y trifásicos (solo el 5 % de los casos). Los bifásicos suelen degenerar en trifásicos.

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, admite como dispositivo de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos 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 su instalación.

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.

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



Todo dispositivo que asegure la protección contra cortocircuito debe responder a las dos siguientes condiciones:

1. Su poder de ruptura debe ser por lo menos, igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto en que se encuentra instalado. Puede admitirse un dispositivo de poder de ruptura inferior, si hay instalado por delante otro con el poder de ruptura necesario y están coordinados, de forma que la energía que dejan pasar no sea superior a la que soporta sin daño el segundo dispositivo y las canalizaciones protegidas por él.
2. El tiempo de ruptura de toda corriente resultante de un cortocircuito producido en un punto cualquiera del circuito, no debe ser superior al tiempo que se requiera para llevar la temperatura de los conductores al límite admisible.

Consecuencias de los cortocircuitos

Depende de la naturaleza y duración de los defectos, del punto de la instalación afectado y de la magnitud de la intensidad.

Según el lugar del defecto, la presencia de un arco puede:

- Degradar los aislantes.
- Fundir los conductores.
- Provocar un incendio o representar un peligro para las personas.

Según el circuito afectado, pueden presentarse:

- Sobreesfuerzos electrodinámicos con deformación de los juegos de barras y arrancado o desprendimiento de los cables.

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

Para los otros circuitos eléctricos de la red afectada o redes próximas:

- Bajadas de tensión durante el tiempo de la eliminación del defecto, de algunos milisegundos a varias centenas de milisegundos.
- Desconexión de una parte más o menos importante de la instalación, según el esquema y la selectividad de sus protecciones.
- Inestabilidad dinámica y pérdida de sincronismo de las máquinas.



- Perturbaciones en los circuitos de mando y control.

1.9.3.3. Calculo de las intensidades de cortocircuito

Para el diseño de una instalación y elegir adecuadamente los dispositivo de protección debemos conocer las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas en los distintos niveles.

Corriente de cortocircuito máxima

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en los bornes de salida del dispositivo de protección, considerando la configuración de la red y el tipo de cortocircuito de mayor aporte. En general, en las instalaciones de baja tensión el tipo de cortocircuito de mayor aporte es el trifásico.

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- El poder de corte y de cierre de los interruptores.
- Los esfuerzos térmicos y electrodinámicos en los componentes.

El valor de la corriente de cortocircuito máxima se obtiene de la siguiente relación:

$$I_{cc_{\max}} = \frac{C \times U_n}{\sqrt{3} \times |Z_d|}$$

Donde:

$I_{cc_{\max}}$: Corriente de cortocircuito eficaz en A.

C: Variación de tensión. Su valor para instalaciones de baja tensión, a 230/400 V es de 1.

U_n : Tensión entre fases en vacío del secundario del transformador.

Z_d : Impedancia directa por fase de la red aguas arriba del defecto en ohmios.

Una vez que se ha calculado la corriente de cortocircuito máximo, se obtiene el poder corte, que deberá cumplir la siguiente condición:

$$pdc \geq I_{cc_{\max}}$$



Siendo pdc el poder de corte de los interruptores magnetotérmicos.

Corriente de cortocircuito mínima

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en el extremo del circuito protegido, considerando la configuración de la red y el tipo de cortocircuito de menor aporte. En las instalaciones de baja tensión los tipos de cortocircuito de menor aporte son el fase-neutro (circuitos con neutro) o entre dos fases (circuitos sin neutro).

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- El ajuste de los dispositivos para la protección de los conductores frente a cortocircuito.
- Tipo de curva del interruptor magnetotérmico.

Esta corriente se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_{cc\min} = \frac{C \times U_n \times \sqrt{3}}{\left| 2 \times Z_{d_nueva} + Z_o \right|}$$

Donde:

$I_{cc\min}$: Corriente de cortocircuito eficaz en A.

C: Variación de tensión. Su valor para instalaciones de baja tensión, a 230/400 V es de 0,95.

U_n : Tensión entre fases en vacío del secundario del transformador.

Z_{d_nueva} : Impedancia directa en ohmios, teniendo en cuenta la temperatura de cortocircuito que es de 250°C.

Z_o : Impedancia homopolar en ohmios.

Una vez calculada la corriente de cortocircuito mínima, antes de elegir el tipo de curva del interruptor magnetotérmico es necesario calcular su calibre (intensidad nominal). Se acota del siguiente modo:

$$I_{\text{cálculo}} \leq I_{\text{no\ min\ al}} \leq I_{\text{admisible}}$$

Donde:

- **$I_{\text{cálculo}}$** : Es la intensidad prevista partiendo de la previsión de cargas que va a ser alimentada por la línea en la que está la



protección, su tensión y el factor de potencia. Por tanto se puede determinar de la siguiente manera:

$$I_{\text{cálculo}} = \frac{P}{\sqrt{3} \times v \times \cos \varphi}$$

- **I_{admisible}**: Es la máxima intensidad que puede circular por el cable sin que sufra daños irreversibles. Se obtiene de la tabla 1 de la instrucción 19 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Dentro del intervalo que nos ofrecen estos dos valores se escoge el que más convenga dentro de los valores normalizados.

Finalmente ya se puede conocer el tipo de curva del interruptor magnetotérmico de la siguiente manera:

- I_{ccmin} Mayor o igual que 5 → La curva es de tipo B.
- I_{ccmin} Mayor o igual que 10 → La curva es de tipo C.
- I_{ccmin} Mayor o igual que 20 → La curva es de tipo D.

Calculo de las impedancias

- Calculo de Z_d (impedancia directa)

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

- un elemento resistivo puro R .
- un elemento inductivo puro 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.

$$Z_d = Z_a + Z_T + Z_L + Z_{\text{aut}}$$

- Calculo de Z_a

Esta impedancia representa la línea de media o alta tensión que llega al transformador. La potencia de cortocircuito de la red es un dato de la compañía distribuidora de energía, en este caso será de 500MVA.

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



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

Donde:

U: Tensión en vacío del secundario del transformador en voltios.

S_{cc}: Potencia de cortocircuito en MVA.

Z_a: Impedancia aguas arriba del defecto en jΩ. Es totalmente inductiva.

- Cálculo de Z_T

Esta impedancia representa al transformador de distribución. Para el cálculo aproximado, se puede igualmente despreciar la resistencia debida a las pérdidas en el cobre según la relación:

$$Z_T = X = U_{cc} \times \frac{U^2}{S}$$

Donde:

U: Tensión en vacío entre fases en V.

U_{cc}: Tensión de cortocircuito en %.

S: Potencia nominal del transformador en kVA.

Z_T: Impedancia del transformador en jΩ. Es totalmente inductiva.

La resistencia del transformador se puede considerar despreciable. La resistencia y reactancia de toda la aparamenta de alta tensión también lo podemos considerar despreciable.

- Cálculo de Z_L

Esta impedancia representa a los conductores de la instalación. La resistencia de los conductores se calculará según la fórmula:

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

Donde:

R: Resistencia del conductor en ohmios.



ρ : Resistividad del material. La de un conductor de cobre a 20°C es de 0,01724 $\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$ y la de un conductor de aluminio a 20°C es de 0,02857 $\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$.

L = Longitud del conductor.

S = Sección por fase del conductor.

Para secciones iguales o inferiores a 150 mm² se podrá despreciar siempre la reactancia de la línea.

- Cálculo de Z_{aut}

Esta impedancia representa los automatismos (protecciones, relés, bobinas...) de aguas arriba. El valor de la impedancia de cada automatismo es de 0,15 $\text{jm}\Omega$.

$$Z_{\text{aut}} \approx X_{\text{aut}} = \text{Número_de_automatismos} \times 0,15 \text{ jm}\Omega$$

En el número de automatismos se incluye el que se está calculando, así como otros de otra índole, como diferenciales, etc.

- Cálculo de $Z_{\text{d_nueva}}$

Con el objetivo de determinar la curva del interruptor magnetotérmico, se procede a calcular la nueva impedancia directa. Para ello se debe tener en cuenta la impedancia directa de la línea más desfavorable, es decir, también hay que tener en cuenta las impedancias aguas abajo. Otra novedad es que para calcular la nueva impedancia de la línea, hay que calcularla a temperatura de cortocircuito (250°C). Para ello se hace la siguiente transposición:

$$Z_{L_250^\circ\text{C}} = Z_{L_20^\circ\text{C}} \times (1 + \alpha\Delta T)$$

Donde:

$$\alpha = 4 \times 10^{-3}$$

$$\Delta T = 250^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 230^\circ\text{C}.$$

Por tanto:

$$Z_{\text{d_nueva}} = Z_a + Z_T + Z_{L_250^\circ\text{C}} + Z_{\text{aut}}$$



- Cálculo de Z_o (impedancia homopolar).

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

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

Donde:

$$Z_{ao} = 0$$

$$Z_{To} = Z_T$$

$$Z_{Lo} = 3 \times Z_{L_250^\circ\text{C}}$$

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

1.9.3.4. Coordinación de protecciones

Si el dispositivo de protección contra las sobrecargas posee un poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto donde esté instalado, se considera que asegura igualmente la protección contra las corrientes de cortocircuito de la canalización situada en el lado de carga de este punto (puede no ser válido para interruptores automáticos no limitadores, cuyo caso habría que verificar la condición de tiempo máximo de disparo).

Cuando se utilizan protecciones contra sobrecarga y cortocircuito por protecciones distintas, las características de los dispositivos deben estar coordinadas, de tal forma que la energía que deja pasar el dispositivo de protección contra los cortocircuitos no sea superior a la que pueda soportar sin daño el dispositivo de protección contra las sobrecargas.

1.9.4. Protección de las personas

Siempre que existan entre dos puntos una diferencia de potencial y un elemento conductor que los una 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 directo con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión (Contacto Directo) debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por ruptura, defecto en el aislamiento, etc.
- Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica que accidentalmente se encuentra bajo tensión (Contacto Indirecto), como



puede ser la carcasa conductora de un motor o máquina, etc., que puedan quedar bajo tensión por un defecto en el aislamiento, por confusión en la conexión del conductor de protección con el de fase activa.

Se han realizado diversos estudios para determinar con exactitud, los valores peligrosos de intensidad y tiempo, trazándose de esta forma curvas límites de 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. El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión fija estos valores en:

Características del local	Limite de tensión de contacto [V]
Locales o emplazamientos húmedos	24
En los demás casos	50

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.

1.9.4.1. Protección contra contactos directos

Para que se pueda considerar correcta la protección contra contactos directos, se tomarán en cuenta las siguientes medidas:

- Alejamiento de las partes activas de la instalación, eliminando la posibilidad de un contacto fortuito con las manos o por la manipulación de objetos conductores cuando estos se utilicen habitualmente cerca de la instalación.
- Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Por ejemplo, armarios eléctricos aislantes o barreras de protección. Si los obstáculos son metálicos, se deben tomar también las medidas de protección previstas contra contactos indirectos en los mismos.
- Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo.



No se consideran materiales aislantes apropiados la pintura, los barnices, las lacas o productos similares.

En esta instalación se adoptará principalmente el indicado en el tercer apartado, es decir, todos los conductores activos estarán recubiertos por aislamientos apropiados.

1.9.4.2. Protección contra contactos indirectos

Los sistemas de protección contra estos contactos están fundamentados en estos tres principios:

- Impedir la aparición de defectos mediante aislamientos complementarios.
- Hacer que el contacto eléctrico no sea peligroso mediante el uso de tensiones no peligrosas.
- Limitar la duración del contacto a la corriente mediante dispositivos de corte.

Las medidas de protección contra contactos indirectos, pueden ser de las siguientes clases:

- *Clase A*: Esta medida consiste en tomar disposiciones destinadas a suprimir el riesgo mismo, haciendo que los contactos no sean peligrosos, o bien, impidiendo los contactos simultáneos entre las masas y los elementos conductores, entre los cuales puede aparecer una diferencia de potencial peligrosa.
- *Clase B*: Esta medida consiste en la puesta a tierra directa o la puesta a neutro de las masas, asociándola a un dispositivo de corte automático que origine la desconexión de la instalación defectuosa.

Adoptaremos una protección contra contactos indirectos de la clase B, conductores de protección puestos a tierra, combinados con interruptores diferenciales.

Las tomas de tierra tienen como objetivo evitar que cualquier equipo descargue su potencial eléctrico a tierra, a través de nuestro cuerpo. En condiciones normales, cualquier equipo puede tener en sus partes metálicas una carga eléctrica, bien por electricidad estática o bien por una derivación, para evitar precisamente una descarga eléctrica cuando se toca dicho equipo se exige que este tenga sus partes metálicas puestas a tierra.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial debe desconectar automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.



La elección de la sensibilidad del interruptor diferencial que debe utilizarse en cada caso, viene determinada por la resistencia de tierra de las masas, medida en cada punto de conexión de las mismas. Debe cumplir la relación:

En locales secos: $R \leq (50 / I_s)$

En locales húmedos o mojados: $R \leq (24 / I_s)$

Siendo I_s la sensibilidad en miliamperios.

1.9.5. Solución adoptada

La solución adoptada consiste en colocar un interruptor general automático a la entrada del cuadro general de distribución; a la salida de cada línea se colocará un interruptor automático y un interruptor diferencial

En los cuadros auxiliares se colocará un automático a la entrada del cuadro; a la salida de cada línea se colocarán un automático, un interruptor diferencial y en los casos de alumbrado y tomas de corriente, magnetotermicos

Se instalarán interruptores diferenciales de diferentes sensibilidades según sea el caso.

Estos interruptores magnetotérmicos irán asociados a las puestas a tierra de las masas.

Los elementos de protección utilizados son de la marca Merlin Gerin. A 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 se incluye en todas las derivaciones del embarrado y cuadros auxiliares que siguen a estas derivaciones, de forma que no pueda tener lugar ninguna electrocución o defecto peligroso.

La protección diferencial debe ser selectiva para lo cual se debe dotar a los diferenciales situados en cabecera de línea del retraso correspondiente en función de los diferenciales colocados en dichas líneas aguas abajo.

Las características de las protecciones utilizadas son las siguientes:



Cuadro General de Distribución

Interruptor automático, Merlin Gerin, Serie micrologic 2.0 NS 1250 Poder de Corte: 50KA, Curva B,III+N Calibre: 1250 A
Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS160N 4P 160A 36kA
Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 25A 36KA.
Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 100A 36KA.
Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 160 4P 125A 36KA.
Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 63A 36KA.
Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 32A 36KA.
Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 400/630 4P 400A 36KA.
Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 50A 36KA.
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 160A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 100A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 125A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 63A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 400A, Sensib:300mA

Cuadro Almacén de Salida

Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS160N 4P 160A 36kA
Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P+N 25KA C32
Interruptor magnetotérmico Merlin Gerin P+N C20
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 3P C16
Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P 25KA D10
Interruptor automático, Merlin Gerin C60H P+N 15kA C2
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C16
Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P+N 25KA C10
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C3
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 2P, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:300mA

Oficina Almacén de Salida

Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 25A 36KA.
Interruptor automático magnetotérmico, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C6



Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C2
Interruptor automático, Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C1
Interruptor automático Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C10
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C10
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C6
Interruptor automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D6
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:300mA

Molienda

Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 100A 36KA.
Interruptor Automático Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D20
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN 2P 4,5KA C2
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C16
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C6
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D6
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C32
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C20
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C16
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA

Taller

Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 160 4P 125A 36KA.
Interruptor Automático Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D20
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN 2P 4,5KA C2
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA C20
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C10
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D10
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA C16
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C32
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C20
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 3P C16
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 63A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA



Almacén de Moldes

Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 63A 36KA.
Interruptor Automático Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C20
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 2P C10
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C2
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA C6
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C32
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C20
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 3P C16
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA

Oficinas inyección

Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 32A 36KA.
Interruptor Automático Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C6
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C3
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C2
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C1
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C16
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C10
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C16
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D6
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:300mA

Inyección

Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 400/630 4P 400A 36KA.
Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P+N 25KA C32
Interruptor automático, Merlin Gerin C60H P+N 15kA C2
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 3P C16
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C20
Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P+N 25KA C32
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C16
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C10
Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P+N 25KA C63
Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P+N 25KA D80



Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P 25KA D100
Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P 25KA C6
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 63A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 80A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 100A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:300mA

Almacén de Entrada

Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 160 4P 125A 36KA.
Interruptor automático, Merlin Gerin C120H 3P+N 15KA C32
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C20
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 3P C16
Interruptor automático, Merlin Gerin C120H 3P 15KA D10
Interruptor automático, Merlin Gerin C60N P+N 10kA C2
Interruptor automático, Merlin Gerin C120H 3P+N 15KA C32
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C16
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C20
Interruptor automático, Merlin Gerin C120H 3P 15KA C10
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C3
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:300mA
Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:300mA

Oficina Almacén de Entrada

Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 25A 36KA.
Interruptor automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C6
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C2
Interruptor automático, Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C1
Interruptor automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C10
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C10
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C6
Interruptor automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D6
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA



Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:300mA

Planta Baja oficinas

Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 50A 36KA.
Interruptor Automático Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C10
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin I+N C6
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C6
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C2
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C25
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C20
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C16
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:300mA

Primera Planta

Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS160N 4P 160A
Interruptor Automático Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C10
Interruptor magnetotermico, Merlin Gerin 4,5KA C6
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C16
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin I+P C10
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C1
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA C16
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 4,5KA C25
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C32
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C25
Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C40
Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 3P+N C32
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA
Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA



1.10. Puesta a tierra

1.10.1. Introducción

Las puestas a tierra se establecen con el objeto principal de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

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 Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión determina, en la instrucción 18, cual es límite de tensión admisible entre una masa cualquiera en relación a tierra, o entre masas distintas.

Características del local	Límite de tensión de contacto [V]
Locales o emplazamientos húmedos	24
En los demás casos	50

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 estas corrientes.

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.

1.10.2. Características de la puesta a tierra

La denominación ‘puesta a tierra’, comprende toda la instalación metálica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta, o las 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 enviará 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 deberán 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...) y los factores que sobre él actúan (humedad y temperatura).

1.10.3. Componentes de la puesta a tierra

Los elementos de puesta a tierra, se dividen en cinco partes o grupos:

El 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 depende de cada terreno y 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-13-2, para realizar el proyecto de



una instalación de puesta a tierra, con la excepción de las instalaciones de tercera categoría e intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 KA, donde la investigación de las características (MIE-RAT-13-4) se sustituye por un examen visual del terreno, pudiéndose estimar la resistividad por los valores que para diferentes terrenos se indican en las tablas de la citada instrucción.

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.

La toma de tierra consta de tres partes fundamentales:

1. Electrodo

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 $\frac{1}{4}$ 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.

2. 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 mm² de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

3. Puntos 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 a tierra 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 mm² 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. La sección mínima [S_p] dependerá de la sección de los conductores activos de la instalación [S], con un mínimo de 2.5 mm²; para secciones de los conductores de fase.

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 \leq S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

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.

1.10.4. Elementos a conectar a tierra

Una vez realizada la toma de tierra del edificio, deberemos conectar en los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión, con el fin de conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto íntimo con tierra.

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

- 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.



1.10.5. Solución adoptada

Dos zanjas con 20 picas de acero recubiertas de cobre cada una, de 2 metros de longitud y 20 mm de diámetro.

El cable que une las picas será de 35 mm². El proceso de unión se realizará por medio grapas de conexión.

Todos los cuadros irán unidos a la tierra más cercana. La sección de la línea principal de tierra será al menos de 16 mm².

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

1.11 Potencia a compensar:

1.11.1 Compensación de energía reactiva.

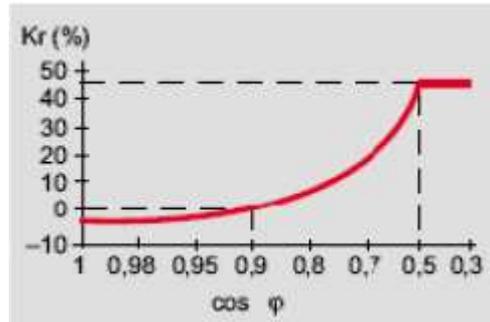
Las compañías eléctricas penalizan el consumo de energía reactiva con el objeto de incentivar su corrección. Durante los últimos años se ha ido produciendo la paulatina liberalización del sector eléctrico en España. A fecha de hoy nos encontramos ante un Mercado regulado (a tarifa) y un Mercado liberalizado (desde 1 de enero de 2003 accesible a cualquier abonado).

En el mercado liberalizado, se establecen unas tarifas de acceso que son el precio por el uso de las redes eléctricas. Estas tarifas de acceso se aplican entre otros a los consumidores cualificados. Un usuario cualificado es aquel que tiene un consumo mínimo de 1 GWh al año o aquel que tiene contratado un suministro en MT.

El término de facturación por energía reactiva será de aplicación a cualquier tarifa, excepto en el caso de la tarifa simple de baja tensión 2.0 (no superior a 15KW).

Para el mercado regulado (a tarifa), se mantiene la misma estructura tarifaria que existía hasta ahora. La penalización, por consumo de energía reactiva, es, a través de un *coeficiente de recargo* que se aplica sobre el importe en euros del término de potencia (potencia contratada) y sobre el término de energía (energía consumida). Este recargo se aplica para todas las tarifas superiores a la 3.0 (trifásicas de potencia contratada superior a 15 kW).

En la siguiente gráfica se muestra la relación entre el coeficiente de recargo y el factor de potencia:



Además de los aspectos económicos derivados de la contratación de energía surgen otros aspectos relativos al diseño de las instalaciones.

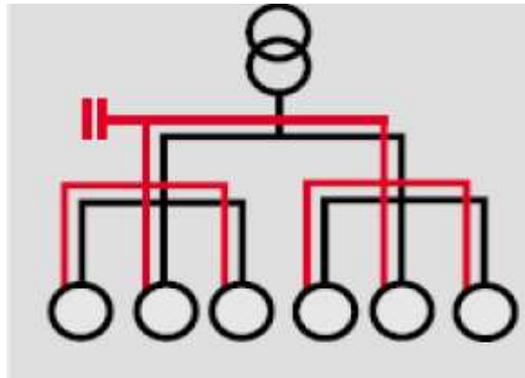
Utilizar energía reactiva es lo mismo que tener un factor de potencia ($\text{Cos } \varphi$) bajo, o sea un $\text{Cos } \varphi$ del orden de 0,55-0,75 por poner un ejemplo.

Para corregir este tipo de consumo se recurre a la instalación de condensadores entre la fuente y los receptores, que reducen la utilización de energía reactiva de carácter inductivo.

1.11.2 Formas de compensación de energía reactiva.

1.11.2.1 Compensación global.

Consiste en la instalación de una batería de condensadores en el embarrado general del cuadro eléctrico.



Ventajas de este tipo de compensación:

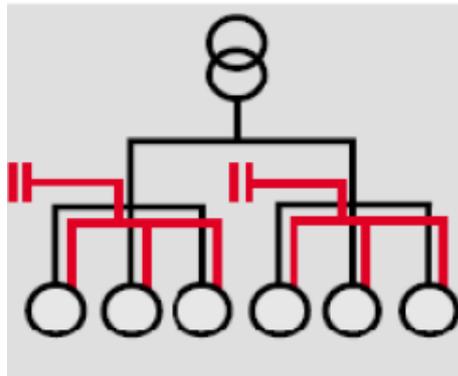
- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Ajusta la potencia aparente (S en KVA) a la necesidad real de la instalación.
- Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).

Observaciones:

- La corriente reactiva (I_r) está presente en la instalación desde el nivel 1 hasta los receptores.
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables no quedan disminuidas.

1.11.2.2 Compensación parcial.

Consiste en la instalación de un grupo de condensadores en cada sección de la instalación eléctrica. En caso de tener una instalación eléctrica dividida en secciones (Subcuadros que partes del cuadro general), se compensará cada sección por separado.



Ventajas de este tipo de compensación:

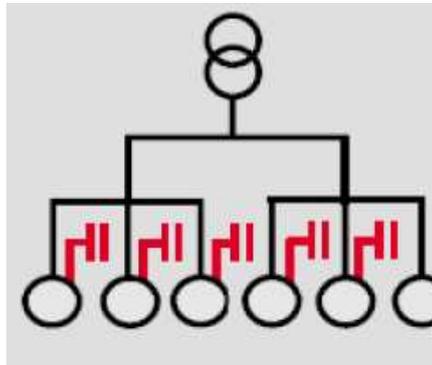
- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Optimiza una parte de la instalación, la corriente reactiva no se transporta entre los niveles 1 y 2.
- Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).

Observaciones:

- La corriente reactiva (I_r) está presente en la instalación desde el nivel 2 hasta los receptores.
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables disminuyen.

1.11.2.3 Compensación individual.

Consiste en la instalación de un condensador en los bornes de cada receptor de carácter inductivo.



Ventajas de este tipo de compensación:

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Optimiza toda la instalación eléctrica. La corriente reactiva I_r se abastece en el mismo lugar de su consumo.
- Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).

Observaciones:

- La corriente reactiva no está presente en los cables de la instalación.
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables se suprimen totalmente.

1.11.3 Tipos de compensación de energía reactiva.

En función de las necesidades de regulación de este tipo de compensación, y la complejidad de las cargas a compensar (variación en el tiempo de la demanda de energía reactiva), es conveniente realizar una elección entre compensación fija o automática.

1.11.3.1 Compensación fija.

Es aquella en la que suministramos a la instalación, de manera constante, la misma potencia reactiva. Debe utilizarse cuando se necesite compensar una instalación donde la demanda reactiva sea constante. Es recomendable en aquellas instalaciones en las que la potencia reactiva a compensar no supere el 15% de la potencia nominal del transformador (S_n).



1.11.3.2 Compensación automática.

Es aquella en la que suministramos la potencia reactiva según las necesidades de la instalación. Debe utilizarse cuando nos encontremos ante una instalación donde la demanda de reactiva sea variable.

Según la ITC-BT 47 apartado 2.7, se podrá realizar la compensación de la energía reactiva pero en ningún momento la energía absorbida por la red podrá ser capacitiva.

Para compensar la totalidad de una instalación, o partes de la misma que no funcionen simultáneamente, se deberá realizar una compensación automática, de forma que se asegure un factor de potencia con variaciones no superiores al $\pm 10\%$ del valor medio medido en un tiempo determinado.

1.11.4 Compensación elegida.

Después de exponer las formas y tipos de compensación y teniendo en cuenta el tipo de receptores que irán instalados en la actividad, se optará por una compensación global de tipo automática.

Las cargas inductivas de la nave industrial a parte de la iluminación, que son más predecibles, las componen motores asíncronos cuya simultaneidad global es fluctuante entre unos márgenes más o menos conocidos. En definitiva la carga de energía reactiva es variable en el tiempo, por lo que la mejor opción es un sistema automatizado de compensación.

Desde el punto de vista de la forma de compensación, se elige la compensación global puesto que la instalación eléctrica para este tipo de actividad, no centraliza su distribución de energía en un punto, sino que parte de un cuadro general y reparte las cargas en numerosas zonas, controladas cada una de ellas por un subcuadro. Tratar de compensar cada zona implica un desembolso económico importante en número de equipos. Más adelante se detalle este tipo de compensación.

En definitiva el equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una **batería de condensadores automáticas con regulador electrónico de 92,5 KVAR (2.5+5+10+15+20+20+20)**, de la marca **G.C.E**, que se colocará en el lado del Cuadro General.

La batería automática escogida dispone de los siguientes componentes:

- Tensión asignada: 400 V, trifásicos 50 Hz



- Grado de protección IP31
- Auto transformador 400/230 V, integrado
- Protección contra contactos directos (puerta abierta)
- Normas : CEI 439-1, EN 60439

1.11.5 Justificación de la compensación de energía reactiva.

Según los datos calculados en el apartado cálculos y expuestos en las tablas, determinaremos el Cos φ medio:

$$\text{Cos } \varphi \text{ medio} = \frac{\sum P}{\sum S} = \frac{505.300W}{617.570,24 VA} = 0,93$$

Por lo tanto, la potencia reactiva consumida será:

$$Q = P * \text{tg } \varphi = 227.373,10 \text{ VAr}$$

La idea es colocar una batería de condensadores para corregir el factor de potencia, puesto que la compañía suministradora de energía eléctrica (en este caso Iberdrola) dependiendo de dicho factor, en la factura eléctrica aplica un recargo o una bonificación. La expresión mediante la cual se obtiene el recargo o la bonificación, dependiendo del factor de potencia, es la siguiente:

$$K_r = (17/\cos^2\varphi) - 21$$

Para el factor de potencia que presentara la instalación después de compensar la energía reactiva, la compañía eléctrica nos aplicara una bonificación del 2,16%, sobre el término de potencia.

$$\text{Cos } \varphi = 0,93 \quad K_r = -1,34$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,97 \quad K_r = -2,93$$

Por lo tanto con el factor de potencia que presenta la instalación antes de compensar la energía reactiva consumida, la compañía eléctrica, nos aplicaba una bonificación del



1,34% mientras que después de realizar la compensación la bonificación es del 2,93%. Esto nos supone un ahorro del 1,59 % sobre el término de potencia en la factura eléctrica.

1.12 Centro de transformación:

1.12.1 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 acometida de alta tensión a 13.2 KV subterránea, 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 1000 KVA.

1.12.2 Reglamentación y disposiciones oficiales:

Para la elaboración del proyecto se ha tenido en cuenta todas las especificaciones relativas a centros de transformación contenidas en los reglamentos y disposiciones oficiales siguientes:

- 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).
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.



1.12.3 Clasificación de los centros de transformación mt/bt:

La clasificación de los centros de transformación (CT) se puede hacer desde varios puntos de vista:

1.12.3.1 Por la ubicación:

Atendiendo a su ubicación las normas tecnológicas de la edificación clasifican los centros de transformación en:

1.12.3.1.1 Interiores:

Cuando el recinto del CT está ubicado dentro de un edificio o nave, por ejemplo en su planta baja, sótano, etc.

1.12.3.1.2 Exteriores:

Cuando el recinto que contiene el CT está fuera del edificio, o sea no forma parte del mismo. En ese caso pueden ser:

De superficie: Por ejemplo una caseta de obra civil o prefabricada, dedicada exclusivamente al CT, edificada sobre la superficie del terreno.

Subterráneo: Por ejemplo en un recinto excavado debajo de una calle (habitualmente la acera).

Semienterrado: situación intermedia, una parte que queda debajo de la cota cero del terreno y otra parte que queda por encima de dicha cota cero.



1.12.3.2 Por la acometida:

Atendiendo a la acometida de alimentación de la línea de media tensión, pueden ser:

1.12.3.2.1 Alimentados por línea aérea:

La línea llegara por el aire.

1.12.3.2.2 Alimentados por cable subterráneo:

Habitualmente éste entra en el recinto del CT por su parte inferior, por ejemplo por medio de una zanja, sótano o entreplanta.

1.12.3.3 Por el emplazamiento:

Según sea el emplazamiento de los aparatos que lo constituyen, los CT pueden clasificarse también en:

1.12.3.3.1 Interiores:

Cuando los aparatos (transformadores y equipos de MT y BT) están dentro de un recinto cerrado.



1.12.3.3.2 Intemperie:

Cuando los aparatos quedan a la intemperie por ejemplo sobre postes o bien bajo envolventes prefabricadas, o sea transformadores y cabinas construidas para servicio intemperie.

El tipo de CT cada vez más frecuente, es el de recinto cerrado alimentado con los cables de media tensión subterráneos. Se observa también una creciente utilización del tipo de CT exterior, de superficie, a base de caseta prefabricada de obra civil también con alimentación por cable subterráneo de media tensión.

1.12.4 Tipos de centro de transformación:

1.12.4.2 De red pública:

Cuando se trata de alimentar a diversos abonados en baja tensión, la empresa distribuidora, instala un CT de potencia adecuada al consumo previsto del conjunto de abonados. Por tanto, el CT es propiedad de la empresa suministradora de electricidad la cual efectúa su explotación y mantenimiento, y se responsabiliza de su funcionamiento. Por tanto, este CT forma parte de la red de distribución también denominada **red pública**.

1.12.4.3 De abonado:

A partir de determinada potencia y/o consumo, existe la opción de contratar el suministro de energía directamente en media tensión. En este caso, el abonado debe instalar su propio CT y realizar su explotación y mantenimiento. Se habla pues de un **CT de abonado**. Como el precio de la energía en media tensión es más bajo que en baja tensión, a partir de ciertas potencias (kVA) y/o consumos (Kwh.) resulta más favorable contratar el suministro en media tensión, aún teniendo en cuenta el coste del CT y su mantenimiento (ambos a cargo del abonado). Esta opción de CT propio presenta otras ventajas adicionales:

- Independización respecto de otros abonados de baja tensión.



- Poder elegir el régimen de neutro de baja tensión más conveniente, aspecto importante para ciertas industrias, en las que la continuidad de servicio puede ser prioritaria.
- Poder construir el CT, ya previsto para futuras ampliaciones.

1.12.5 Situación y emplazamiento:

El centro de transformación está ubicado en un edificio prefabricado a unos 3 metros de la nave industrial y estará destinado exclusivamente a su uso. El acceso al centro de transformación se hará mediante dos puertas frontales que se han construido en dicho edificio prefabricado.

1.12.6 Características generales del centro de transformación:

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo exterior, y dadas las características de ubicación de la parcela en la que se emplaza la nave, la empresa suministradora, clasifica el centro de transformación objeto de estudio como centro de transformación de abonado. Será necesaria una caseta o edificio prefabricado de obra civil.

El centro de transformación será prefabricado de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-4, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según la norma UNE-20.099-90 de la marca ORMAZABAL. Se encuentra situado en un lateral de la nave.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 13.2 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora IBERDROLA.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

- a) Compartimiento de aparellaje.
- b) Compartimiento del juego de barras.
- c) Compartimiento de conexión de cables.



- d) Compartimiento de mando.
- e) Compartimiento de control.

1.12.7 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 hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

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

1.12.8 Descripción de la instalación:

1.12.8.1 Obra civil:

1.12.8.1.1 Local:

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

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-4.

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 dos puertas, una peatonal y otra para el CT. Dichas puertas permanecerán cerradas con un sistema de cierre que permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica.

1.12.8.1.2 Características constructivas:

Se trata de una constitución prefabricada de hormigón modelo PFU-4 de ORMAZABAL.

Las características más destacadas del prefabricado 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 electro-soldado 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 equipotencialidad, embebida de hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios.

Ningún elemento metálico unido al sistema 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.

Pinturas:

El acabado de las superficies exteriores se efectuará con pintura acrílica, de color blanco-crema y textura rugosa en las paredes, y marrón en el perímetro de las cubiertas o techo, puertas y rejillas de ventilación.

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 1000 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.

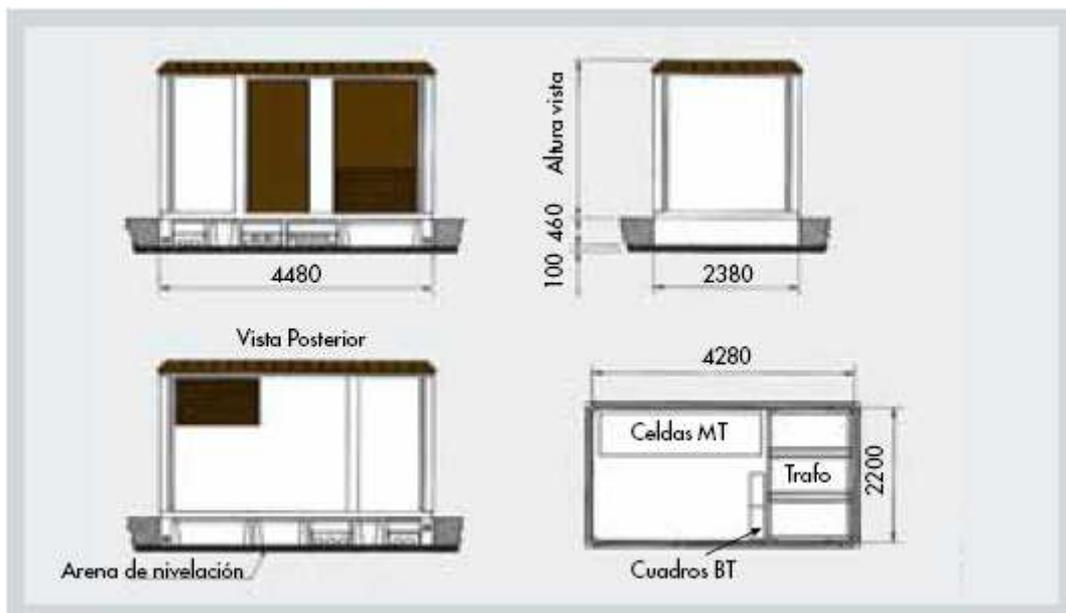
Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrá mantener en la posición de 90° con retenedor metálico.

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 en el siguiente cuadro:

	Dimensiones exteriores	Dimensiones interiores	Dimensiones excavación
Longitud (mm)	4480	4280	5260
Anchura (mm)	2380	2200	3180
Altura (mm)	3045	2355	560 (Profundidad)
Superficie (m²)	10,7	9,4	

Peso = 12.000 Kg



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.



1.12.9 Instalación eléctrica:

1.12.9.1 Introducción:

El centro de transformación se compone de una serie de celdas unidas eléctricamente entre sí, de un transformador y de un cuadro de baja tensión.

En primer lugar habrá una celda de línea, que se utiliza para la maniobra de entrada de los cables que forman el circuito de alimentación del centro de transformación. Después se conectará una celda de protección, que se utiliza para la ejecución de maniobras para la conexión y desconexión del transformador o para su protección, realizándose esta última mediante fusibles. Seguidamente se conectará una celda de medida, justo antes del transformador de MT/BT. Para finalizar se conectará el transformador a un cuadro de baja tensión, en el que se ubicarán las distintas protecciones del alumbrado y de las tomas de corriente del centro.

1.12.9.2 Características de la red de alimentación:

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterránea a una tensión de 13.2 kV y 50 Hz de frecuencia. La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

1.12.9.3 Características de la aparamenta en media tensión:

Características generales de los tipos de aparamenta empleados en la instalación.

Celdas CGM:

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

Las partes que componen estas celdas son:



- Base y frente:

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

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

- Cuba:

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

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

- Interruptor – Seccionador – Seccionador de puesta a tierra:

El interruptor disponible en el sistema CGM tiene las tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

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

- Mando:

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

- Fusibles (Celda CMP-F):



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

▪ Conexión de cables:

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

▪ Enclavamientos:

Los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGM pretenden que:

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

▪ Características eléctricas:

Las características generales de las celdas CGM son las siguientes:

	24 kV
Intensidad nominal [A]	
Embarrado general	Hasta 1600
Derivaciones	Hasta 1600*
Onda de choque [kV]	
Entre fases y tierra	125
Distancia de seccionamiento	145
Frecuencia industrial 1 min [kV]	
Entre fases y tierra	50
Distancia de seccionamiento	60



Intensidad nominal de corte en cortocircuito [kA]	25
Capacidad de cierre en cortocircuito (cresta) [kA]	63
Intensidad nominal corta duración [kA – 3 s]	25
Resistencia frente a arcos internos [kA – 1 s]	25
Capacidad de corte combinación interruptor-fusibles [kA]	25
Frecuencia [Hz]	50/60
Grado de Protección	IP3X

(*). Para celda de protección con fusibles = 200 A

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

1.12.9.4 Características descriptivas de las celdas y transformadores de media tensión:

Entrada <: CGM-CML Interruptor - seccionador

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

La celda CML de interruptor seccionador, o celda de línea, está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF₆, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornas 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:

- 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 In = 400 A y 480 mm de fondo por 1800 mm de alto y 215 Kg de peso.

La celda CMP-F24 de protección con fusibles está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF6, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

Otras características constructivas:

- 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 Un = 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:

- 3 juegos de barras tripolar In = 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 13.200 – 22.000 / 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 Cotradis (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: 1000 KVA
- Tensión primaria: 13,2/20 kV
- 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	1000
Tensión primaria	13,2 / 20
Tensión secundaria en vacío	420
Grupo de conexión	Dyn 11



Pérdidas en vacío (W)	1700
Pérdidas en carga (W)	10500
Tensión de cortocircuito (%)	6
Caída de tensión a plena carga (%)	1.2
Rendimiento (%)	99

DIMENSIONES DEL TRANSFORMADOR:

Potencia (KVA)	1000
Largo (mm)	1860
Ancho (mm)	1160
Alto (mm)	1450
Volumen líquido aislante (l)	565

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.

1.12.9.5 Cuadro de baja tensión del centro de transformación:

Entrada:

Sección del cable: 3 x (4x185)/2x185 + TT 2x185 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
Características principales:

- Calibre: 1250A.
- Poder de corte: 50 kA.
- N° de polos: III + N.
- Curva: B.

**Salidas:**

- Interruptor automático de la marca Merlín Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 25 A.
 - Poder de corte: 25 kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 25 A.
 - Sensibilidad: 30mA.
 - N° de polos: 4P.

- Interruptor magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:
Características principales:
 - Calibre: 16 A.
 - N° de polos: I + N.

- 2 Interruptores magnetotérmicos de la marca Merlín Gerin:
Características principales:
 - Calibre 6 A.
 - N° de polos: I + N.



3 Cables de sección: $2 \times 1,5 + TT 1,5 \text{ mm}^2$.

RV-K 0.6/ 1 kV Pirelli

Sección del cable: $3 \times ((4 \times 185) / 2 \times 185) \text{ mm}^2$.

RZ1-K 0.6/ 1 kV Pirelli

-4 Relé +Toroidal Merlin Gerin Vigirex con Regulación de Amperaje.
Sensibilidad: 1 A.

1.12.10 Instalación de puesta a tierra:

1.12.10.1 Introducción:

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

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.

1.12.10.2 Investigación de las características del suelo:

Según la tabla de la ITC BT 18, tabla 3 y sabiendo que nuestra naturaleza del terreno se basa en suelo pedregoso cubierto de césped, obtenemos un valor orientativo de la resistividad del terreno, que será de 300 a 500 Ωm (valor medio 400 Ωm).

1.12.10.3 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto:

El cálculo que se ha empleado para el estudio de la instalación de tierras es el que la comisión de Reglamentos de UNESA ha desarrollado en “Método de cálculo y proyectos de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación de tercera categoría”.

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.

1.12.10.4 Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra:

1.8.10.4.1 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 5 x 3 m cuyo código de identificación es 50-30/8/84 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.

1.12.10,4,2 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 8 picas en hilera separadas 3 m cuyo código de identificación es 8/82 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.

1.12.11 Distancias:

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.

1.12.12 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.



1.12.13 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.

1.12.14 Instalaciones secundarias en el centro de transformación:

1.12.14.1 Alumbrado:

En el interior del centro de transformación se instalará 2 lámparas MASTER TL-Super 80 58W/840 1SL, capaz de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo.

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

Se instalará también un punto de luz de alumbrado de emergencia de carácter autónomo, Luminaria Legrand: B65 61561, no permanentes con señalización, el cual señalará el acceso peatonal al centro de transformación.

1.12.14.2 Ventilación:

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural por convención mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto. Se dispondrá de una rejilla lateral inferior para entrada de aire de 1.95 m², y dos rejillas situadas en la parte superior de superficie total 2.30 m² para la salida del aire.

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



1.12.14.3 Elementos y medidas de seguridad:

Como requerimiento de seguridad para trabajos en el interior de celdas, los interruptores instalados cumplen por si solos en cuanto a distancias de seccionamiento, ya que su tensión de cebado entre polos abiertos se halla conforme a la exigencia de la norma UNE 20.099

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

El centro estará dotado con el siguiente equipamiento auxiliar:

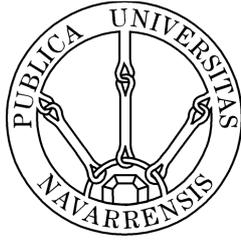
- Banqueta aislante
- Cuadro de primeros auxilios
- Un par de guantes aislantes
- Placa de peligro y cartel de primeros auxilios para guía en caso de accidente eléctrico (cinco reglas de oro)

1.13 Conclusión final

Como conclusión final cabe decir que tras lo descrito en el presente documento MEMORIA y con los documentos CÁLCULOS, PLANOS y PRESUPUESTO, el proyecto quedará perfectamente definido y explicado.

Pamplona, Abril de 2011

José Javier de Antonio Goñi



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

Alumno: José Javier de Antonio Goñi

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Abril de 2011

CÁLCULOS

ÍNDICE

2.1. Iluminación	4
2.1.1. Introducción.....	4
2.1.2. Cálculos de iluminación interior	4
2.1.3. Cálculos de iluminación exterior.....	17
2.1.4. Cálculos de iluminación de emergencia y señalización	20
2.2. Cálculo de las intensidades de línea.....	28
2.2.1. Introducción.....	28
2.2.2. Cuadro general de distribución y cuadros auxiliares.....	29
2.2.3. Cálculo de la potencia del transformador.....	35
2.3. Sección de los conductores de baja tensión	36
2.3.1. Introducción.....	36
2.3.2. Acometida. Transformador. C.G.D.....	37
2.3.3. Interpretación de las tablas adjuntas.....	38
2.3.4. Cuadro general de distribución y cuadros auxiliares.....	38
2.3.5. Conducciones	46
2.4. Cálculo de las intensidades de cortocircuito	52
2.4.1. Introducción.....	52
2.4.2. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador.....	52
2.4.3. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el C.G.D.	53
2.4.4. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en los cuadros auxiliares.....	53
2.5. Cálculo de la instalación de puesta a tierra	57
2.6. Cálculo de Compensación del factor de Potencia.....	58
2.6.1. Tablas potencia activa y aparente.....	58
2.6.2. Cálculo potencia reactiva	62
2.6.3. Cálculo línea de alimentación de baterías	63
2.6.4. Cálculo protección de la batería	63
2.6.5. Justificación del factor de potencia	64
2.7. Cálculos del Centro de Transformación.....	65
2.7.1. Intensidad de alta tensión	65
2.7.2. Intensidad de baja tensión	65
2.7.3. Cortocircuitos	66
2.7.3.1. Corriente de cortocircuito en el lado de alta tensión	66
2.7.3.2. Corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión	66
2.7.4. Dimensionado del embarrado.....	67
2.7.4.1 Comprobación por densidad de corriente	67

2.7.4.2	Comprobación por sollicitación electrodinámica	68
2.7.4.3	Comprobación por sollicitación térmica.....	69
2.7.5	Sección de los conductores del Centro de Transformación.....	69
2.7.5.1	Conexión celdas – transformador	69
2.7.5.2	Conexión del secundario del transformador al cuadro baja tensión.....	70
2.7.6	Alumbrado	70
2.7.6.1	Alumbrado del Centro de Transformación.....	70
2.7.6.2	Alumbrado de emergencia.....	70
2.7.7	Cuadro de baja tensión del Centro de Transformación	71
2.7.7.1	Dimensionado de los conductores del cuadro de baja tensión	71
2.7.8	Selección de las protecciones de alta y baja tensión	71
2.7.9	Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación	72
2.7.10	Dimensiones del pozo apagafuegos.....	73
2.7.11	Calculo de la instalación de puesta a tierra.....	74
2.7.11.1	Método empleado en la instalación de puesta a tierra	75
2.7.11.2	Calculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra	76
2.7.11.3	Calculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....	77
2.7.11.4	Calculo de las tensiones en el interior de la instalación	78
2.7.11.5	Calculo de las tensiones aplicadas	78
2.7.11.6	Investigación de tensiones transferibles al exterior.....	79
2.7.11.7	Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.....	80

2.1. Iluminación

2.1.1. Introducción

Para la realización del proyecto de iluminación interior seguiremos el método descrito en la memoria.

Este método denominado método de los lúmenes se basa en el desarrollo de estos puntos:

- Determinación del nivel de iluminación requerido
- Determinación del coeficiente de utilización
- Cálculo del número de lúmenes totales
- Cálculo del número de lámparas necesarias
- Cálculo de la altura de las lámparas

El desarrollo de estos puntos esta extensamente desarrollado en el documento MEMORIA del presente proyecto.

2.1.2. Cálculos de iluminación interior

Para la realización del proyecto de iluminación interior seguiremos el método descrito en la memoria.

TALLER MANTENIMIENTO

Dimensiones del local:

$$L \text{ (m)} = 29,8 \text{ m}$$

$$A \text{ (m)} = 15 \text{ m}$$

$$h' \text{ (m)} = 8 \text{ m}$$

$$S \text{ (m)} = 447 \text{ m}^2$$

Nivel de iluminación: 500 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: PHILIPS mod. MASTER HPI-T Plus 400W/643 E40 HCR.

Tipo de luminaria: DISANO mod. 1215 Photon extensivo JM-E 400.

Flujo luminoso de la lámpara: 42500 lúmenes.

Altura de suspensión:

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 5,6 \text{ m.}$$

$$d' = 1,4 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A + L) = 1,78$$

Factor de pérdida de luz: Sucio, $f_c = 0,6$.

Coefficientes de reflexión: Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).

Coefficiente de utilización: 0,63 (Tabla memoria).

Lúmenes totales necesarios: $\Phi_T = E \cdot S / f_u \cdot f_c = (500 \cdot 447) / (0,63 \cdot 0,6) = 591269,8 \text{ lm}$
Nº de lámparas necesarias: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 13,9$

Solución: 15 lamparas PHILIPS mod. MASTER HPI-T Plus 400W/643 E40 HCR.
 · 15 luminarias DISANO mod. 1215 Photon extensivo JM-E 400 .

Potencia: 6000 W

OFICINAS 1

Dimensiones del local:

A (m) = 3,2 m
L (m) = 4,4 m
h' (m) = 3,5 m
S (m) = 14,4m²

Nivel de iluminación: 750 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara. MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV;

Tipo de luminaria: Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes.

Altura de suspensión:

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 2 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A+L) = 0,95$$

Factor de pérdida de luz:, $f_c = 0,8$

Coefficientes de reflexión: Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).

Coefficiente de utilización: 0,52 (Tabla memoria).

Lúmenes totales necesarios: $\Phi_T = E \cdot S / f_u \cdot f_c = (750 \cdot 14,4) / (0,52 \cdot 0,8) = 25240,4 \text{ lm}$

Nº de lámparas necesarias: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 4,85$.

Solución

- 6 MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV;.

- 3 luminarias Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia=348W

ASEOS

A (m) = 2,15 m
L (m) = 3,2 m
h' (m) = 3,5 m
S (m) = 7,05m²

Nivel de iluminación: 200 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara fluorescente Philips TL-D Super 80, 36 W, de philips
Tipo de luminaria: Luminarias estancas Philips PACIFIC TCW 215 2 x TL-D 36 W
Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lúmenes
Factor de mantenimiento: Bueno 0.8
Reflectancias efectivas: Techo 70 % , Paredes 70%
Altura de suspensión:
 $h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 2 \text{ m.}$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A+L) = 0,65$$

Factor de pérdida de luz: Sucio, $fc = 0,8$
Coefficientes de reflexión: Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).
Coefficiente de utilización: 0,45 (Tabla memoria).
Lúmenes totales necesarios: $\Phi_T = E \cdot S / fu \cdot fc = (200 \cdot 7,05) / (0,45 \cdot 0,8) = 3916,66 \text{ lm}$
Nº de lámparas necesarias: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 1,16$

Solución

- 2 Fluorescentes Lámpara fluorescente Philips TL-D Super 80, 36 W, de philips
 - 1 Luminarias estancas Philips PACIFIC TCW 215 2 x TL-D 36 W
Potencia = 72

OFICINAS 2

Dimensiones del local:

$$\begin{aligned} A \text{ (m)} &= 4,4 \text{ m} \\ L \text{ (m)} &= 7,6 \text{ m} \\ h' \text{ (m)} &= 3,5 \text{ m} \\ S \text{ (m)} &= 33,6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Tipo de iluminación: Directa
Tipo de lámpara. MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV;
Tipo de luminaria: Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;
Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes.
.Altura de suspensión:
 $h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 2 \text{ m.}$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A+L) = 1,4$$

Factor de pérdida de luz:, $fc = 0,75$
Coefficientes de reflexión: Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).
Coefficiente de utilización: 0,58 (Tabla memoria).
Lúmenes totales necesarios: $\Phi_T = E \cdot S / fu \cdot fc = (750 \cdot 36,6) / (0,58 \cdot 0,8) = 59159,48 \text{ lm}$
Nº de lámparas necesarias: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 11,3$

Solución

- 12 Fluorescentes MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV;
- 6 luminarias Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia=696W

*OFICINA 3***Dimensiones del local:**

$$\mathbf{A (m) = 2,95 m}$$

$$\mathbf{L (m) = 3,9 m}$$

$$\mathbf{h' (m) = 3,5 m}$$

$$\mathbf{S (m) = 11,5m^2}$$

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara. MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV;

Tipo de luminaria: Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes.

.Altura de suspensión:

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 2 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A+L) = 0,84$$

Factor de pérdida de luz:, $fc = 0,8$

Coefficientes de reflexión: Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).

Coefficiente de utilización: 0,48 (Tabla memoria).

Lúmenes totales necesarios: $\Phi_T = E \cdot S / fu \cdot fc = (750 \cdot 11,5) / (0,48 \cdot 0,8) = 22460,94 \text{ lm}$

Nº de lámparas necesarias: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 4,3$

Solución

- 6 Fluorescentes . MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV.
- 3 luminarias Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia = 348W

OFICINA 4**Dimensiones del local:**

$$\begin{aligned} \mathbf{A (m)} &= 4,3 \text{ m} \\ \mathbf{L (m)} &= 4,4 \text{ m} \\ \mathbf{h' (m)} &= 3,5 \text{ m} \\ \mathbf{S (m)} &= 19,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Tipo de iluminación: Directa**Tipo de lámpara:** MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV;**Tipo de luminaria:** Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;**Flujo luminoso de la lámpara:** 5200 lúmenes.**Altura de suspensión:**

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 2 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A + L) = 1,1$$

Factor de perdida de luz: $fc = 0,75$ **Coefficientes de reflexión:** Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).**Coefficiente de utilización:** 0,52(Tabla memoria).**Lúmenes totales necesarios:** $\Phi_T = E \cdot S / fu \cdot fc = (750 \cdot 19,2) / (0,52 \cdot 0,75) = 36923,1 \text{ lm}$ **Nº de lámparas necesarias:** $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 7,1$ **Solución**

- 8 Fluorescentes MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV

- 4 Luminarias : Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia =464W**INYECCION****Dimensiones del local:**

$$\begin{aligned} \mathbf{L (m)} &= 60 \text{ m} \\ \mathbf{A (m)} &= 24,8 \text{ m} \\ \mathbf{h' (m)} &= 8 \text{ m} \\ \mathbf{S (m)} &= 1488 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Nivel de iluminación: 500 lux**Tipo de iluminación:** Directa**Tipo de lámpara:** PHILIPS MASTER HPI Plus 400W/745 BU E40 1SL.**Tipo de luminaria:** PHILIPS Cabana HPK150 1xHPI-P400WBU/ 745 CON P-WB +GPK150 R.**Flujo luminoso de la lámpara:** 32500 lúmenes.**Altura de suspensión:**

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 5,6 \text{ m.}$$

$$C = 1,4 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A+L) = 3,13$$

Factor de pérdida de luz: Sucio, $f_c = 0,6$.

Coefficientes de reflexión: Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul pálido y Gris claro).

Coefficiente de utilización: 0,70 (Tabla memoria).

Lúmenes totales necesarios: $\Phi_T = E \cdot S / f_u \cdot f_c = (500 \cdot 1488) / (0,70 \cdot 0,6) = 1771428,6 \text{ lm}$

Nº de lámparas necesarias: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L$

Solución 53 lamparas PHILIPS MASTER HPI Plus 400W/745 BU E40 1SL
53 luminarias PHILIPS Cabana HPK150 1xHPI-P400WBU/ 745 CON P-WB +GPK150 R.

Potencia: 21200W

MOLIENDA

Dimensiones del local:

$$\begin{aligned} L \text{ (m)} &= 15 \text{ m} \\ A \text{ (m)} &= 10 \text{ m} \\ h' \text{ (m)} &= 8 \text{ m} \\ S \text{ (m}^2\text{)} &= 150\text{m}^2 \end{aligned}$$

Nivel de iluminación: 500 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara PHILIPS mod. MASTER HPI-T Plus 400W/643 E40 HCR.

Tipo de luminaria: DISANO mod. 1215 Photon extensivo JM-E 400.

Flujo luminoso de la lámpara: 42500 lúmenes.

Altura de suspensión:

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 5,6 \text{ m.}$$

$$C = 1,4 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A+L) = 1,07$$

Factor de pérdida de luz: Sucio, $f_c = 0,6$.

Coefficientes de reflexión: Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).

Coefficiente de utilización: 0,51 (Tabla memoria).

Lúmenes totales necesarios: $\Phi_T = E \cdot S / f_u \cdot f_c = (500 \cdot 150) / (0,51 \cdot 0,6) = 245098,03 \text{ lm}$

Nº de lámparas necesarias: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 5,76$

Solución 6 lamparas PHILIPS mod. MASTER HPI-T Plus 400W/643 E40 HCR.

6 luminarias DISANO mod. 1215 Photon extensivo JM-E 400 .

Potencia: 2400 W

ALMACEN DE MOLDES

Dimensiones del local:

$$\begin{aligned} L \text{ (m)} &= 20 \text{ m} \\ A \text{ (m)} &= 15 \text{ m} \\ h' \text{ (m)} &= 8 \text{ m} \\ S \text{ (m)} &= 300 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Nivel de iluminación: 500 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: PHILIPS mod. MASTER HPI-T Plus 400W/643 E40 HCR.

Tipo de luminaria: DISANO mod. 1215 Photon extensivo JM-E 400.

Flujo luminoso de la lámpara: 42500 lúmenes.

Altura de suspensión:

$$\begin{aligned} h &= (4/5) \cdot (h' - 1) = 5,6 \text{ m.} \\ C &= 1,4 \text{ m.} \end{aligned}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A + L) = 1,53$$

Factor de pérdida de luz: Sucio, $fc = 0,6$.

Coefficientes de reflexión: Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).

Coefficiente de utilización: 0,58 (Tabla memoria).

Lúmenes totales necesarios: $\Phi_T = E \cdot S / fu \cdot fc = (500 \cdot 300) / (0,58 \cdot 0,6) = 431034,4 \text{ lm}$

Nº de lámparas necesarias: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 10,14$

Solución: 12 lámparas PHILIPS mod. MASTER HPI-T Plus 400W/643 E40 HCR.

12 luminarias DISANO mod. 1215 Photon extensivo JM-E 400 .

Potencia: 4800

ALMACEN

Dimensiones del local:

$$\begin{aligned} L \text{ (m)} &= 40 \text{ m} \\ A \text{ (m)} &= 34,8 \text{ m} \\ h' \text{ (m)} &= 8 \text{ m} \\ S \text{ (m)} &= 1392 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Nivel de iluminación: 500 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER HPI Plus 400W/745 BU E40 1SL.

Tipo de luminaria PHILIPS Cabana HPK150 1xHPI-P400WBU/ 745 CON P-WB +GPK150 R.

Flujo luminoso de la lámpara: 32500 lúmenes.

Altura de suspensión:

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 5,6 \text{ m.}$$

$$C = 1,4 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A+L) = 3,32$$

Factor de pérdida de luz: Sucio, $f_c = 0,6$.

Coefficientes de reflexión: Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).

Coefficiente de utilización: 0,70 (Tabla memoria).

Lúmenes totales necesarios: $\Phi_T = E \cdot S / f_u \cdot f_c = (500 \cdot 1392) / (0,70 \cdot 0,6) = 1657142,8 \text{ lm}$

Nº de lámparas necesarias: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 50,9$

51 Luminarias.

Solución 56 lamparas PHILIPS MASTER HPI Plus 400W/745 BU E40 1SL
56 luminarias PHILIPS Cabana HPK150 1xHPI-P400WBU/ 745 CON P-WB +GPK150 R.

Potencia: 22400

PASILLO

$$\begin{aligned} A \text{ (m)} &= 1,6 \text{ m} \\ L \text{ (m)} &= 10,15 \text{ m} \\ h' \text{ (m)} &= 3,5 \text{ m} \\ S \text{ (m)} &= 16,24 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Nivel de iluminación: 150 lux**Tipo de iluminación:** Directa**Nivel de iluminación:** 200 lux**Tipo de iluminación:** Semi-directa**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente Philips TL-D Super 80, 36 W, de philips**Tipo de luminaria:** Luminarias estancas Philips PACIFIC TCW 215 2 x TL-D 36 W**Flujo luminoso de la lámpara:** 3350 lúmenes**Factor de mantenimiento:** Bueno 0.75**Reflectancias efectivas:** Techo 70 % , Paredes 70%**Altura de suspensión:**

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 2 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A + L) = 0,69$$

Factor de pérdida de luz: $fc = 0,75$ **Coefficientes de reflexión:** Techo 70 % , Paredes 70 % (Azul palido y Gris claro).**Coefficiente de utilización:** 0,45 (Tabla memoria).**Lúmenes totales necesarios:** $\Phi_T = E \cdot S / fu \cdot fc = (200 \cdot 16,24) / (0,45 \cdot 0,75) = 7623,71 \text{ lm}$ **Nº de lámparas necesarias:** $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 2,87$ **Solución**

- 4 Lámpara fluorescente Philips TL-D Super 80, 36 W, de philips.

- 2 Luminarias estancas Philips PACIFIC TCW 215 2 x TL-D 36 W.

Potencia = 144W

ZONA ESCALERAS

$$\begin{aligned} A \text{ (m)} &= 8,7 \text{ m} \\ L \text{ (m)} &= 6,1 \text{ m} \\ h' \text{ (m)} &= 3,5 \text{ m} \\ S \text{ (m)} &= 53,07 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Nivel de iluminación: 150 lux**Tipo de iluminación:** Directa**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente Philips TL-D Super 80, 36 W, de philips**Tipo de luminaria:** Luminarias estancas Philips PACIFIC TCW 215 2 x TL-D 36 W**Flujo luminoso de la lámpara:** 3350 lúmenes**Factor de mantenimiento:** 0,8**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 70 %**Altura de suspensión:**

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 2 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A + L) = 1,8$$

Factor de pérdida de luz: Sucio, $f_c = 0,8$ **Coefficientes de reflexión:** Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).**Coefficiente de utilización:** 0,45 (Tabla memoria).**Lúmenes totales necesarios:** $\Phi_T = E \cdot S / f_u \cdot f_c = (200 \cdot 53,07) / (0,57 \cdot 0,8) = 23276,3 \text{ lm}$ **Nº de lámparas necesarias:** $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 6,9$ **Solución**

- 8 Lámpara fluorescente Philips TL-D Super 80, 36 W, de philips

- 4 Luminarias estancas Philips PACIFIC TCW 215 2 x TL-D 36 W.

Potencia = 288W**ZONA ESCALERAS PLANTA BAJA**

$$\begin{aligned} A \text{ (m)} &= 8,6 \text{ m} \\ L \text{ (m)} &= 10,8 \text{ m} \\ h' \text{ (m)} &= 3,5 \text{ m} \\ S \text{ (m)} &= 92,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Nivel de iluminación: 150 lux**Tipo de iluminación:** Directa**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente Philips TL-D Super 80, 36 W, de philips**Tipo de luminaria:** Luminarias estancas Philips PACIFIC TCW 215 2 x TL-D 36 W**Flujo luminoso de la lámpara:** 3350 lúmenes**Factor de mantenimiento:** 0,8**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 70 %**Altura de suspensión:**

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 2 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A+L) = 2,3$$

Factor de pérdida de luz: Sucio, $fc = 0,8$

Coefficientes de reflexión: Techo 70 % , Paredes 70 % (Azul palido y Gris claro).

Coefficiente de utilización: 0,45 (Tabla memoria).

Lúmenes totales necesarios: $\Phi_T = E \cdot S / fu \cdot fc = (200 \cdot 92,8) / (0,65 \cdot 0,8) = 35692,3 \text{ lm}$

Nº de lámparas necesarias: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 10,65$

Solución

- 12 Lámpara fluorescente Philips TL-D Super 80, 36 W, de philips

- 6 Luminarias estancas Philips PACIFIC TCW 215 2 x TL-D 36 W.

Potencia = 432W

VESTUARIOS

Dimensiones del local:

$$A \text{ (m)} = 5,4 \text{ m}$$

$$L \text{ (m)} = 10 \text{ m}$$

$$h' \text{ (m)} = 3,5 \text{ m}$$

$$S \text{ (m)} = 54\text{m}^2$$

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara. MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV;

Tipo de luminaria: Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes.

.Altura de suspensión:

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 2 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A+L) = 1,75$$

Factor de pérdida de luz:, $fc = 0,75$

Coefficientes de reflexión: Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).

Coefficiente de utilización: 0,6(Tabla memoria).

Lúmenes totales necesarios: $\Phi_T = E \cdot S / fu \cdot fc = (200 \cdot 54) / (0,5 \cdot 0,8) = 27000 \text{ lm}$

Nº de lámparas necesarias: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 5,19$

Solución

- 6 Fluorescentes MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV

- 3 luminarias : Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia=348w

COMEDOR**Dimensiones del local:**

$$\begin{aligned} A \text{ (m)} &= 10 \text{ m} \\ L \text{ (m)} &= 10,8 \text{ m} \\ h' \text{ (m)} &= 3,5 \text{ m} \\ S \text{ (m)} &= 108\text{m}^2 \end{aligned}$$

Tipo de iluminación: Directa**Tipo de lámpara.** MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV;**Tipo de luminaria:** Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;**Flujo luminoso de la lámpara:** 5200 lúmenes.

.

.

Altura de suspensión:

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 2 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A + L) = 2,59$$

Factor de pérdida de luz: $fc = 0,75$ **Coefficientes de reflexión:** Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).**Coefficiente de utilización:** 0,65(Tabla memoria).**Lúmenes totales necesarios:** $\Phi_T = E \cdot S / fu \cdot fc = (500 \cdot 108) / (0,65 \cdot 0,8) = 103846,15\text{lm}$ **Nº de lámparas necesarias:** $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 19,9$ **Solución**

- 20 Fluorescentes MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV

- 10 luminarias : Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia = 1160 w**RECEPCION****Dimensiones del local:**

$$\begin{aligned} A \text{ (m)} &= 4 \text{ m} \\ L \text{ (m)} &= 6 \text{ m} \\ h' \text{ (m)} &= 3,5 \text{ m} \\ S \text{ (m)} &= 24 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Tipo de iluminación: Directa**Tipo de lámpara.** MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV;**Tipo de luminaria:** Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;**Flujo luminoso de la lámpara:** 5200 lúmenes.**Altura de suspensión:**

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 2 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A+L) = 1,2$$

Factor de pérdida de luz:, $fc = 0,75$

Coefficientes de reflexión: Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).

Coefficiente de utilización: 0,52(Tabla memoria).

Lúmenes totales necesarios: $\Phi_T = E \cdot S / fu \cdot fc = (500 \cdot 24) / (0,52 \cdot 0,8) = 28846,15$

Nº de lámparas necesarias: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 5,54$

Solución

- 6 Fluorescentes MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV
- 3 luminarias : Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia=348w

OFICINA 5

Dimensiones del local:

$$A \text{ (m)} = 4,4 \text{ m}$$

$$L \text{ (m)} = 6.6 \text{ m}$$

$$h' \text{ (m)} = 3,5 \text{ m}$$

$$S \text{ (m)} = 29,04 \text{ m}^2$$

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara. MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV;

Tipo de luminaria: Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Flujo luminoso de la lámpara: 5200 lúmenes.

Altura de suspensión:

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 2 \text{ m.}$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / h \cdot (A+L) = 1,32$$

Factor de pérdida de luz:, $fc = 0,75$

Coefficientes de reflexión: Techo 70 % , Paredes 50 % (Azul palido y Gris claro).

Coefficiente de utilización: 0,58(Tabla memoria).

Lúmenes totales necesarios: $\Phi_T = E \cdot S / fu \cdot fc = (750 \cdot 29,04) / (0,58 \cdot 0,75) = 50068,9 \text{ lm}$

Nº de lámparas necesarias: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L = 9,6$

Solución

- 10 Fluorescentes MASTER TL-D Super 80 58W/840 SLV
- 5 luminarias : Philips pacific TCW596 2xTL-D58W IC LW D6 TW3;

Potencia=580W

2.1.3 Cálculos de iluminación exterior

ZONA 1

Dimensiones:

$$\begin{aligned} A \text{ (m)} &= 5 \text{ m} \\ L \text{ (m)} &= 50,5 \text{ m} \\ h' \text{ (m)} &= 8 \text{ m} \\ S \text{ (m)} &= 252,5\text{m}^2 \end{aligned}$$

Nivel de iluminación: 130 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W/645 E40 SLV;

Tipo de luminaria: Philips; Modelo: Tempo; Ref: MWF331 HPI-TP250W K S;

Flujo luminoso de la lámpara: 20500 lm

Factor de mantenimiento: 0,60

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50%

Altura de suspensión:

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 6,4$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / H \cdot (A + L) = 0,71$$

Coefficiente de utilización: 0,47(Tabla memoria).

Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = D / \tan \alpha$$

Datos:

$$H = 6,4\text{m}$$

$$D = 5 \text{ m}$$

$$\alpha = 38^\circ$$

Lámparas necesarias:

$$N^\circ = E \cdot S / Cu \cdot Cm \cdot \Phi$$

$$N^\circ = 6 \text{ lámparas}$$

Solución: 6 lámparas.

6 luminarias.

Potencia: 1250W.

ZONA 2

Dimensiones:

$$\begin{aligned} A \text{ (m)} &= 5 \text{ m} \\ L \text{ (m)} &= 50,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\mathbf{H (m)} = 8 \text{ m}$$

$$\mathbf{S (m)} = 252,5\text{m}^2$$

Nivel de iluminación: 130 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W/645 E40 SLV;

Tipo de luminaria: Philips; Modelo: Tempo; Ref: MWF331 HPI-TP250W K S;

Flujo luminoso de la lámpara: 20500 lm

Factor de mantenimiento: 0,60

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50%

Altura de suspensión:

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 6,4$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / H \cdot (A+L) = 0,71$$

Coefficiente de utilización: 0,47(Tabla memoria).

Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = D / \tan \alpha$$

Datos:

$$H = 6,4\text{m}$$

$$D = 5 \text{ m}$$

$$\alpha = 38^\circ$$

Lámparas necesarias:

$$N^\circ = E \cdot S / Cu \cdot Cm \cdot \Phi$$

$$N^\circ = 6 \text{ lámparas}$$

Solución: 6 lámparas.
6 luminarias.

Potencia: 1250W.

ZONA 3

Dimensiones:

$$\mathbf{A (m)} = 5 \text{ m}$$

$$\mathbf{L (m)} = 29,4 \text{ m}$$

$$\mathbf{H (m)} = 8 \text{ m}$$

$$\mathbf{S (m)} = 147\text{m}^2$$

Nivel de iluminación: 100 lux

Tipo de iluminación: Directa

Tipo de lámpara: Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W/645 E40 SLV;

Tipo de luminaria: Philips; Modelo: Tempo; Ref: MWF331 HPI-TP250W K S;

Flujo luminoso de la lámpara: 20500 lm

Factor de mantenimiento: 0,60

Reflectancias efectivas: Techo 70 %, Paredes 50%

Altura de suspensión:

$$h = (4/5) \cdot (h' - 1) = 6,4$$

Índice del local (Se utiliza como dato para encontrar el factor de utilización en las tablas) .

$$k = S / H \cdot (A + L) = 0,67$$

Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = D / \tan \alpha$$

Datos:

$$H = 6,4\text{m}$$

$$D = 5 \text{ m}$$

$$\alpha = 38^\circ$$

Lámparas necesarias:

$$N^\circ = E \cdot S / C_u \cdot C_m \cdot \Phi$$

$$N^\circ = 3$$

Solución: 3 lámparas.
3 luminarias.

Potencia: 750W.

2.1.4 Cálculos de iluminación de emergencia y señalización

OFICINAS 1

- Area del local : S (m) = 14,4m².
- Proporción: 5 lumenes / m².
- Flujo necesario: 72 lm.
- Tipo de lampara: lampara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. C3 61510. Potencia de la lámpara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ} \text{ lumenes} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lampara}}}$$

- Resultado:1 lampara
- Solución:1 luminaria.
- Lumenes proporcionados:100.
- Potencia:6 W.

OFICINAS 2

- Area del local : S (m) = 33,6m²
- Proporción: 5 lumenes / m².
- Flujo necesario: 215 lm.
- Tipo de lampara: lampara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. C3 61514. Potencia de la lámpara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 215 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ} \text{ lumenes} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lampara}}}$$

- Resultado:1 lampara
- Solución:1 luminaria.
- Lumenes proporcionados:215
- Potencia:6 W.

OFICINAS 3

- Area del local : S (m) = 11,5m²
- Proporción: 5 lumenes / m².
- Flujo necesario: 57,5lm.

- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. C3 61508. Potencia de la lámpara 6W.
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lumenes}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}}$$

- Resultado: 1 lámpara
- Solución: 1 luminaria.
- Lúmenes proporcionados: 70
- Potencia: 6 W.

OFICINAS 4

- Área del local : S (m) = 19,2 m².
- Proporción: 5 lúmenes / m².
- Flujo necesario: 96 lm.
- -Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. C3 61510. Potencia de la lámpara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lumenes}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}}$$

-
- Resultado: 1 lámpara
- Solución: 1 luminaria.
- Lúmenes proporcionados: 70
- Potencia: 6 W.

OFICINAS 5

- Área del local : S (m) = 29,04 m²
- Proporción: 5 lúmenes / m².
- Flujo necesario: 145,2 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. C3 61512. Potencia de la lámpara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 160 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lumenes}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}}$$

- Resultado: 1 lámpara
- Solución: 1 luminaria.
- Lúmenes proporcionados: 160
- Potencia: 6 W.

WC

- Area del local : $S \text{ (m)} = 7,05\text{m}^2$
- Proporción: 5 lumenes / m^2 .
- Flujo necesario: 35,25 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lampara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 90 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lumenes}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lampara}}}$$

- Resultado:1 lampara
- Solución:1 luminaria.
- Lumenes proporcionados:160
- Potencia:6 W.

VESTUARIOS

- Area del local : $S \text{ (m)} = 54 \text{ m}^2$
- Proporción: 5 lumenes / m^2 .
- Flujo necesario: 270 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lampara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 90 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lumenes}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lampara}}}$$

- Resultado:3 lámpara
- Solución:3 luminaria.
- Lumenes proporcionados:270
- Potencia: 18 W.

RECEPCIÓN

- Area del local : $S \text{ (m)} = 24\text{m}^2$
- Proporción: 5 lumenes / m^2 .
- Flujo necesario: 120 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lampara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 90 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lumenes}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lampara}}}$$

- Resultado: 2 lámpara
- Solución: 2 luminaria.
- Lúmenes proporcionados: 180
- Potencia: 12 W.

MOLIENDA

- Area del local : S (m) = 150 m²
- Proporción: 5 lumenes / m².
- Flujo necesario: 750 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61562. Potencia de la lámpara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 165 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lumenes}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lampara}}}$$

- Resultado: 5 lámpara
- Solución: 5 luminaria.
- Lumenes proporcionados: 825
- Potencia: 30 W.

TALLER DE MANTENIMIENTO

- Area del local : S (m) = 447m²
- Proporción: 5 lumenes / m².
- Flujo necesario: 2235 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61563. Potencia de la lámpara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 315 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lumenes}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lampara}}}$$

- Resultado: 8 lámpara
- Solución: 8 luminaria.
- Lumenes proporcionados: 2520
- Potencia: 48 W.

INYECCIÓN

- Área del local : S (m) = 1488m²
- Proporción: 5 lúmenes / m².
- Flujo necesario: 7440 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61563. Potencia de la lámpara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 315 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lumenes}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}}$$

- Resultado: 24 lámpara
- Solución: 24 luminaria.
- Lúmenes proporcionados:7560
- Potencia: 144 W.

ALMACEN DE MOLDES

- Area del local : S (m) = 300m²
- Proporción: 5 lúmenes / m².
- Flujo necesario:1500 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61563. Potencia de la lámpara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 315 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lumenes}} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}}$$

- Resultado: 5 lámpara
- Solución: 5 luminaria.
- Lúmenes proporcionados:1575
- Potencia: 30 W.

ALMACEN

- Area del local : S (m) = 1361m²
- Proporción: 5 lúmenes / m².
- Flujo necesario: 6805
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61563. Potencia de la lámpara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 315 lm

- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{\Phi_{necesario}}{\Phi_{lampara}}$$

- Resultado: 21 lámpara
- Solución: 21 luminaria.
- Lúmenes proporcionados: 6615
- Potencia: 126 W.

PASILLO

- Area del local : S (m) = 16,24m²
- Proporción: 5 lumenes / m².
- Flujo necesario: 81,2 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lampara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 90 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{\Phi_{necesario}}{\Phi_{lampara}}$$

- Resultado: 1 lámpara
- Solución: 1 luminaria.
- Lúmenes proporcionados: 180
- Potencia: 6 W.

ZONA DE ESCALERAS

- Area del local : S (m) = 53,07 m²
- Proporción: 5 lumenes / m².
- Flujo necesario: 265,35 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lampara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 90 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{\Phi_{necesario}}{\Phi_{lampara}}$$

- Resultado: 3 lámpara
- Solución: 3 luminaria.
- Lúmenes proporcionados: 180
- Potencia: 18 W.

ZONA ESCALERAS PLANTA BAJA

- Área del local : S (m) = 92,8 m²
- Proporción: 5 lúmenes / m².
- Flujo necesario: 464 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lámpara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 90 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ} \text{ lumenes} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}}$$

- Resultado: 6 lámpara
- Solución: 6 luminaria.
- Lúmenes proporcionados: 540
- Potencia: 36 W.

ASEO

- Área del local : S (m) = 7,05m²
- Proporción: 5 lúmenes / m².
- Flujo necesario: 35.25 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lámpara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 90 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ} \text{ lumenes} = \frac{\Phi_{\text{necesario}}}{\Phi_{\text{lámpara}}}$$

- Resultado: 1 lámpara
- Solución: 1 luminaria.
- Lúmenes proporcionados: 180
- Potencia: 6 W.

CASETA GUARDA

- Área del local : S (m) = 14,55 m²
- Proporción: 5 lúmenes / m².
- Flujo necesario: 72,72 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. C3 61512. Potencia de la lámpara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 160 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{\Phi_{necesario}}{\Phi_{lampara}}$$

- Resultado: 1 lámpara
- Solución: 1 luminaria.
- Lúmenes proporcionados: 160
- Potencia: 6 W.

COMEDOR

- Área del local : S (m) = 108 m²
- Proporción: 5 lúmenes / m².
- Flujo necesario: 540 lm.
- Tipo de lámpara: lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND Ref. B65 61561. Potencia de la lámpara 6W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 90 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{lumenes} = \frac{\Phi_{necesario}}{\Phi_{lampara}}$$

- Resultado: 6 lámpara
- Solución: 6 luminaria.
- Lúmenes proporcionados: 540
- Potencia: 36 W.

2.2. Cálculo de las intensidades de línea

2.2.1 Introducción

En este apartado se va a calcular las intensidades que circulan por cada uno de los circuitos que componen la instalación.

Para realizar los cálculos se partirá de la potencia consumida por cada uno de los receptores y se usarán las siguientes fórmulas, dependiendo del tipo de red que se tenga:

Receptor monofásico

$$I_a = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

Receptor trifásico

$$I_a = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$$

Donde:

I_a = intensidad nominal (A).

P = potencia consumida en cada receptor (W).

V = tensión nominal (V).

Cos φ = factor de potencia de cada receptor.

Además se tendrá en cuenta el factor de corrección (F_C) que ha de aplicarse en cada caso, dependiendo del tipo de receptor que se tenga (un solo motor, varios motores, lámparas). Al multiplicar este factor de corrección por la intensidad nominal se obtendrá I_c .

Cuando los receptores sean motores la potencia se multiplica por 1.25, ya que según la dicta el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su ITC-BT 47, los conductores que alimenta a motores deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor. Y en el caso en que una línea alimente varios motores, la línea se dimensiona para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad de plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

En los conductores que suministran corriente a lámparas de descarga se calculara para una carga total de 1.8 veces la potencia nominal.

Para calcular la Potencia Activa total de cada línea, se sumará las de todos los elementos de la misma línea.

2.2.2. Cuadro general de distribución y cuadros auxiliares**Cuadro Taller**

Circuito	P(W)	V(V)	Cos ϕ	Ia(A)	F _C	Ic(A)	Fase
1	750	400	0,88	1,23	1,25	1,54	Trifásica
2	10000	400	0,88	16,4	1,25	20,5	Trifásica
3	48	230	0,95	0,22	1,8	0,39	R - N
4	2000	230	0,95	9,15	1,8	16,47	R-N
5	2000	230	0,95	9,15	1,8	16,47	S-N
6	2000	230	0,95	9,15	1,8	16,47	T-N
7	4000	400	0,89	6,49	1,25	8,1	Trifásica
8	4000	400	0,89	6,49	1,25	8,1	Trifásica
9	6400	400	0,87	10,62	1,25	13,27	Trifásica
10	6400	400	0,87	10,62	1,25	13,27	Trifásica
11	4600	230	1	20	1	20	T-N
12	9700	400	1	14	1	14	Trifásica
TOTAL	51898		0,92	113,52		148,55	
Factor simultaneidad 0,7	36328,6			79,46		103,98	

Cuadro Almacén Entrada

Circuito	P(W)	V(V)	Cos ϕ	Ia(A)	F _C	Ic(A)	Fase
1	4600	230	1	20	1	20	R-N
2	9700	400	1	14	1	14	Trifásica
3	1000	400	0,88	1,64	1,25	2,05	Trifásica
4	126	230	0,95	0,57	1,8	1,04	S - N
5	3600	230	0,95	16,47	1,8	29,65	R-N
6	3600	230	0,95	16,47	1,8	29,65	S-N
7	3600	230	0,95	16,47	1,8	29,65	T-N
8	3600	230	0,95	16,47	1,8	29,65	R-N
9	3600	230	0,95	16,47	1,8	29,65	S-N
10	4400	230	0,95	20,13	1,8	36,24	T-N
11	500	230	0,95	2,28	1,8	4,12	R-N
12	500	230	0,95	2,28	1,8	4,12	S-N
13	500	230	0,95	2,28	1,8	4,12	T-N
TOTAL	39326		0,952	145,53		233,94	
Factor simultan= 0,8	31460,8			118,82		187,15	

Cuadro Almacén Salida

Circuito	P(W)	V(V)	Cos ϕ	Ia(A)	F _C	Ic(A)	Fase
1	4600	230	1	20	1	20	S-N
2	9700	400	1	14	1	14	Trifásica
3	9500	400	0,9	15,23	1,25	19,04	Trifásica
4	1000	400	0,88	1,64	1,25	2,05	Trifásica
5	126	230	0,95	0,57	1,8	1,04	S - N
6	3600	230	0,95	16,47	1,8	29,65	R-N
7	3600	230	0,95	16,47	1,8	29,65	S-N
8	3600	230	0,95	16,47	1,8	29,65	T-N
9	3600	230	0,95	16,47	1,8	29,65	R-N
10	3600	230	0,95	16,47	1,8	29,65	S-N
11	4400	230	0,95	20,13	1,8	36,24	T-N
12	500	230	0,95	2,28	1,8	4,12	R-N
13	500	230	0,95	2,28	1,8	4,12	S-N
14	500	230	0,95	2,28	1,8	4,12	T-N
TOTAL	48826		0,948	111,53		252,98	
Factor simultaneidad 0,8	39060,8			89,224		202,33	

Cuadro Molienda

Circuito	P(W)	V(V)	Cos ϕ	Ia(A)	F _C	Ic(A)	Fase
1	10000	400	0,89	16,21	1,25	20,26	Trifásica
2	10000	400	0,89	16,21	1,25	20,26	Trifásica
3	30	230	0,95	0,14	1,25	0,25	R-N
4	800	230	0,95	3,66	1,8	6,59	R-N
5	800	230	0,95	3,66	1,8	6,59	S-N
6	800	230	0,95	3,66	1,8	6,59	T-N
7	750	400	0,88	1,23	1,25	1,54	Trifásica
8	4600	230	1	20	1	20	T-N
9	9700	400	1	14	1	14	Trifásica
TOTAL	37480		0,94	78,77		96,08	
Factor simultaneidad 0,7	26236			55,14		67,25	

Cuadro Inyección

Circuito	P(W)	V(V)	Cos ϕ	Ia(A)	F _C	Ic(A)	Fase
1	4600	230	1	20	1	20	R-N
2	9700	400	1	14	1	14	Trifásica
3	144	230	0,95	0,66	1,8	1,18	S - N
4	2400	230	0,95	10,98	1,8	19,7	R-N
5	2400	230	0,95	10,98	1,8	19,7	S-N
6	2400	230	0,95	10,98	1,8	19,7	T-N
7	2400	230	0,95	10,98	1,8	19,7	R-N
8	2400	230	0,95	10,98	1,8	19,7	S-N
9	2400	230	0,95	10,98	1,8	19,7	T-N
10	2400	230	0,95	10,98	1,8	19,7	R-N
11	2000	230	0,95	9,15	1,8	16,47	S-N
12	2400	230	0,95	10,98	1,8	19,7	T-N
13	38969	400	0,89	63,2	1,25	79	Trifásica
14	49575	400	0,89	80,4	1,25	100,5	Trifásica
15	61845	400	0,89	100,3	1,25	125,37	Trifásica
16	750	400	0,88	1,23	1,25	1,54	Trifásica
17	750	400	0,88	1,23	1,25	1,54	Trifásica
TOTAL	142913		0,937	378,01		517,2	
Factor simultaneidad 0,7	100039,1			264,6		362,04	

Cuadro Oficinas Inyección

Circuito	P(W)	V(V)	Cos ϕ	Ia(A)	F _C	Ic(A)	Fase
1	690	230	1	3	1,8	5,4	R - N
2	72	230	1	0,31	1,8	0,56	S - N
3	72	230	1	0,31	1,8	0,56	T - N
4	348	230	1	1,51	1,8	2,72	S - N
5	24	230	0,95	0,11	1,8	0,19	T - N
6	2300	230	1	10	1	10	R - N
7	4600	230	1	20	1	20	T - N
8	1000	230	1	4,35	1	4,35	S - N
9	1000	230	1	4,35	1	4,35	S - N
10	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica

11	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica
TOTAL	13312		0,995	49,67		53,93	
Factor simultaneidad 0,75	9984			37,25		40,44	

Cuadro Almacén de Moldes

Circuito	P(W)	V(V)	Cos ϕ	Ia(A)	F _C	Ic(A)	Fase
1	1600	230	0,95	7,32	1,8	13,18	R - N
2	1600	230	0,95	7,32	1,8	13,18	T - N
3	1600	230	0,95	7,32	1,8	13,18	S - N
4	30	230	0,95	0,14	1,8	0,25	T - N
5	750	400	0,88	1,23	1,25	1,53	Trifásica
6	4600	230	1	20	1	20	S - N
7	9700	400	1	14	1	14	Trifásica
TOTAL	19880		0,954	57,33		75,32	
Factor simultaneidad 0,8	15904			45,86		60,25	

Cuadro Of. Almacén de Entrada

Circuito	P(W)	V(V)	Cos ϕ	Ia(A)	F _C	Ic(A)	Fase
1	72	230	1	0,31	1,8	0,56	R - N
2	72	230	1	0,31	1,8	0,56	S - N
3	348	230	1	1,51	1,8	2,72	R - N
4	18	230	0,95	0,08	1,8	0,15	R - N
5	2300	230	1	10	1	10	S - N
6	1000	230	1	4,3	1	4,3	T - N
7	1000	230	1	4,3	1	4,3	R - N
8	1600	400	1	2,30	1,25	2,8	Trifásica
TOTAL	6410		0,994	23,11		25,39	Trifásica
Factor simultaneidad= 0,75	4807,5			17,33		19,04	

Cuadro Of. Almacén de Salida

Circuito	P(W)	V(V)	Cos φ	Ia(A)	F _C	Ic(A)	Fase
1	72	230	1	0,31	1,8	0,56	R - N
2	72	230	1	0,31	1,8	0,56	S - N
3	348	230	1	1,51	1,8	2,72	R - N
4	18	230	0,95	0,08	1,8	0,15	R - N
5	2300	230	1	10	1	10	S - N
6	1000	230	1	4,3	1	4,3	T - N
7	1000	230	1	4,3	1	4,3	R - N
8	1600	400	1	2,30	1,25	2,8	Trifásica
TOTAL	6410		0,994	23,11		25,39	Trifásica
Factor simultaneidad 0,75	4807,5			17,33		19,04	

Cuadro Primera Planta

Circuito	P(W)	V(V)	Cos φ	Ia(A)	F _C	Ic(A)	Fase
1	580	230	1	2,52	1,8	4,54	R - N
2	348	230	1	1,51	1,8	2,71	S - N
3	348	230	1	1,51	1,8	2,71	T - N
4	348	230	1	1,51	1,8	2,71	S - N
5	72	230	1	0,31	1,8	0,56	T - N
6	72	230	1	0,31	1,8	0,56	R - N
7	144	230	1	0,63	1,8	1,13	R - N
8	464	230	1	2,01	1,8	3,63	S - N
9	696	230	1	3,02	1,8	5,44	T - N
10	580	230	1	2,52	1,8	4,53	R - N
11	348	230	1	1,51	1,8	2,72	S - N
12	348	230	1	1,51	1,8	2,72	T - N
13	348	230	1	1,51	1,8	2,72	T - N
14	348	230	1	1,51	1,8	2,72	S - N
15	348	230	1	1,51	1,8	2,72	R - N
16	144	230	1	0,62	1,8	1,12	T - N
17	288	230	1	1,25	1,8	2,25	S - N
18	84	230	1	0,36	1,8	0,65	R - N
19	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica
20	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica
21	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica

22	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica
23	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica
24	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica
25	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica
26	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica
27	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica
28	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica
29	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica
30	1600	400	1	2,3	1,25	2,88	Trifásica
31	4600	230	1	20	1	20	T - N
32	2300	230	1	10	1	10	R - N
33	2300	230	1	10	1	10	S - N
34	2300	230	1	10	1	10	T - N
35	1000	230	1	4,34	1	4,34	R - N
36	1000	230	1	4,34	1	4,34	S - N
37	2300	230	1	10	1	10	T - N
38	4600	230	1	20	1	20	R - N
39	4600	230	1	20	1	20	S - N
40	2300	230	1	10	1	10	T - N
41	2300	230	1	10	1	10	R - N
42	2300	230	1	10	1	10	S - N
43	2300	230	1	10	1	10	T - N
44	2300	230	1	10	1	10	R - N
TOTAL	61608		1	211,91		239,38	
Factor simultaneidad 0,75	46206			158,9		179,535	

Cuadro Planta baja Of.

Circuito	P(W)	V(V)	Cos ϕ	Ia(A)	F _c	Ic(A)	Fase
1	432	230	1	1,87	1,8	3,38	R - N
2	348	230	1	1,51	1,8	2,72	S - N
3	348	230	1	1,51	1,8	2,72	T - N
4	348	230	1	1,51	1,8	2,72	R - N
5	1160	230	1	5,04	1,8	9,07	S - N
6	120	230	0,95	0,55	1,8	0,98	T - N
7	250	230	0,95	1,14	1,8	2,05	R - N
8	250	230	0,95	1,14	1,8	2,05	S - N
9	250	230	0,95	1,14	1,8	2,05	T - N

10	4600	230	1	20	1	20	R - N
11	2300	230	1	10	1	10	S - N
12	1000	230	1	4,35	1	4,35	T - N
13	2300	230	1	10	1	10	R - N
14	2300	230	1	10	1	10	S - N
TOTAL	16006		0,986	69,76		82,09	
Factor simultaneidad 0,70	11204,2			48,83		58,16	

Cuadro General

Circuito	POTENCIA	V(V)	Ic(A)	Fase
1	48826 W	400	202,32	Trifásica
2	6410 W	400	19,04	Trifásica
3	37480 W	400	67,25	Trifásica
4	51898 W	400	103,95	Trifásica
5	19888 W	400	60,25	Trifásica
6	13312 W	400	40,48	Trifásica
7	100039,1 W	400	362,04	Trifásica
8	39326 W	400	187,15	Trifásica
9	6410 W	400	19,04	Trifásica
10	16006 W	400	58,16	Trifásica
11	64232 W	400	179,53	Trifásica
			1422,16	

2.2.3. Cálculo de la potencia del transformador

Tras el cálculo de la potencia e intensidades, que demandará la empresa, se ha visto que para estas necesidades de consumo y de utilización el transformador más adecuado es uno de 1000 KVA ya que proporciona una intensidad de:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{1000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400} = 1443,37 \text{ A}$$

De esta forma la instalación de la nave queda abastecida, ya que la demanda es de 1422,16A.

2.3. Sección de los conductores de baja tensión

2.3.1 Introducción

Una vez conocida la intensidad nominal de cada receptor se calcula la sección de la línea que lo alimenta de la siguiente manera:

1. Elige el tipo de conductor que vamos a utilizar y por donde lo vamos a llevar, es decir, los siguientes condicionantes:
 - Material del conductor (Aluminio o cobre)
 - Tipo de instalación (bajo tubo, al aire, canaleta, bandeja, empotrados...).
 - Material aislante (PVC, XLPE)
 - Tipo de cable (unipolar, Multiconductor)

Según lo que elijamos se tendrá en cuenta un factor de corrección u otro. El cual es un valor que depende de la temperatura ambiente, tipo de canalización y número de conductores que se alojan en la misma. Por tanto cuando las condiciones reales de instalación sean distintas de las condiciones tipo, la intensidad admisible se deberá corregir aplicando los factores de corrección que vienen recogidos en las ITC-s BT 06 y 07 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

2. Tras haber tomado la decisión en el punto 1, ya se pueden calcular las secciones de los conductores aplicando los siguientes criterios:

CRITERIO TÉRMICO

Dependiendo de qué opciones se hayan escogido en el punto 1 se hallará la sección necesaria a partir de las tablas que da el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en sus ITC-BT 06 si la línea es aérea, ITC-BT 07 si es subterránea o en la ITC-BT 19 si es una instalación interior.

CAIDA DE TENSIÓN

Teniendo en cuenta las condiciones que vienen recogidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, las máximas caídas de tensión en líneas de fuerza será del 6,5%, mientras que será del 4,5% para líneas de alumbrado.

Por tanto habrá que ver que sección es la adecuada para que la caída de tensión en las líneas no supere esos valores.

Según sea la línea trifásica o monofásica tendremos distintas expresiones para calcular las secciones en función de las caídas de tensión.

En el caso de que la línea sea trifásica, se calculara la sección con la siguiente expresión:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times I \times \cos \varphi \times L}{\sigma \times \Delta V}$$

Y en el caso de que la línea sea monofásica, se calculara mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 \times I \times \cos \varphi \times L}{\sigma \times \Delta V}$$

Donde:

S: Sección del conductor en mm^2 .

I: Intensidad de la línea en (A).

L: Longitud por el conductor en (m).

σ : Conductividad del material conductor ($\text{m}/\Omega\text{mm}^2$), en este caso la del cobre que es $56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$.

ΔV : Porcentaje de la máxima caída de tensión admisible.

$\cos \varphi$: Factor de potencia total por la línea

3. Una vez calculada la sección de la línea según los dos criterios se escogerá el resultado que mayor sección de ambos métodos como definitiva.
4. Para finalizar obtenemos la sección del neutro y del cable de protección siguiendo la tabla 1 de la ITC-BT 07 u otras ITC's correspondientes. El tipo de instalación y los conductores se detallan, así como la tabla completa de cómo quedan los cables, se adjuntan en el anexo de tablas.

A continuación se presentan los resultados más importantes obtenidos tras aplicar el método expuesto para con cada una de las líneas:

2.3.2. Acometida. Transformador. C.G.D.

Dimensionaremos el conductor para la potencia nominal del transformador:

- $S = 1000 \text{ KVA}$.
- $V = 400 \text{ V}$

$$I_a = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = 1443 \text{ A}$$

La distribución de la potencia del centro de transformación al C.D.G. la haremos subterránea por medio de cuatro por cada fase de sección 185 mm^2 más 2 cables de neutro de 185, de XLPE (Polietileno Reticulado) como material aislante.

$L = 24,5 \text{ m}$ (longitud de la acometida).

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_a \times \cos \varphi}{S \times \sigma} = 1,35 V$$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V \times 100}{400} = 0,339\%$$

2.3.3 Interpretación de las tablas adjuntas

A continuación se explican las tablas que aparecen en los siguientes puntos y cuyos elementos ya se han explicado cómo se calculan.

- Circuito: designación de la línea eléctrica a la que se hace referencia.
- Ic: intensidad resultante de multiplicar la intensidad nominal por un factor de corrección (este factor depende del tipo de receptor: uno o varios motores, lámparas de inducción o de descarga, etc.).
- F_C: factor de corrección.
- I_{adm}: intensidad resultante de dividir la Ic por el F_C.
- L: longitud de la línea.
- S: sección del conductor a utilizar, diferenciando si es la fase, el neutro o el conductor de protección.
- ΔV: caída de tensión de la línea, en tanto por ciento.
- ΔVT: caída de tensión total, desde el origen de la instalación, en tanto por ciento.
- Diámetro del tubo: diámetro del tupo que protege a los conductores. Se precisa este dato para todas las líneas, aunque hay líneas en las cuales no es necesaria esta protección.

2.3.4 Cuadro general de distribución y cuadros auxiliares

Cuadro General

Circuito	Ic (A)	F _C	I _{adm} (A)	Longitud (m)	Canalización	S fase (mm ²)	S neutro (mm ²)	S CP (mm ²)	ΔV (%)	ΔVT (%)	Diámetro o tubo (mm)
1	202,32	0,8	252,9	21	Bandeja	120	60	60	0,32	0,66	63
2	19,04	0,8	23,8	65,5	Bandeja	10	10	10	1,19	1,53	25
3	67,25	0,8	84,06	100	Bandeja	35	16	16	1,74	2,08	40
4	103,95	0,8	129,9	82	Bandeja	35	16	16	2,16	2,50	40
5	60,25	0,8	75,31	63,6	Bandeja	25	16	16	1,41	1,75	32
6	40,48	0,8	50,6	52,6	Bandeja	16	16	16	1,27	1,62	32
7	362,04	0,8	452,55	59,1	Bandeja	2x95	95	95	0,86	1,20	75

8	187,15	0,8	233,93	87,7	Bandeja	95	50	50	1,58	1,92	63
9	19,04	0,8	23,8	126	Bandeja	10	10	10	2,30	2,64	25
10	58,16	0,8	72,7	70	Bandeja	16	16	16	2,28	2,62	32
11	179,53	0,8	224,41	80	Bandeja	95	50	50	1,44	1,78	63

Cuadro Taller

Circuito	Ic (A)	F _C	Iadm (A)	Longitud (m)	Canalización	S fase (mm ²)	S neutro (mm ²)	S CP (mm ²)	ΔV (%)	ΔVT (%)	Diámetro tubo (mm)
1	1,54	0,8	1,93	4,5	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,04	2,53	16
2	20,5	0,8	25,62	22	Tubo	4	4	4	0,95	3,46	20
3	0,39	0,89	0,44	52	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,22	2,72	12
4	16,47	0,89	18,51	46	Tubo	10	10	10	1,25	3,75	25
5	16,47	0,89	18,51	40,6	Tubo	10	10	10	1,11	3,61	25
6	16,47	0,89	18,51	51,4	Tubo	10	10	10	1,40	3,90	25
7	8,1	0,8	10,13	37,1	Bandeja	2,5	2,5	2,5	1,02	3,52	20
8	8,1	0,8	10,13	42,1	Bandeja	2,5	2,5	2,5	1,16	3,66	20
9	13,27	0,8	16,58	33,5	Bandeja	2,5	2,5	2,5	1,49	3,99	20
10	13,27	0,8	16,58	41	Bandeja	2,5	2,5	2,5	1,82	4,3	20
11	20	0,89	22,47	19,3	Empotrado	6	6	6	1,12	3,6	16
12	14	0,8	17,5	36	Empotrado	4	4	4	1,21	3,7	20

Cuadro Almacén de Entrada

Circuito	Ic (A)	F _C	Iadm (A)	Longitud (m)	Canalización	S fase (mm ²)	S neutro (mm ²)	S CP (mm ²)	ΔV (%)	ΔVT (%)	Diámetro tubo (mm)
1	20	0,89	22,47	25,2	Empotrado	6	6	6	1,46	3,04	16
2	14	0,8	17,5	53,6	Empotrado	4	4	4	1,81	3,73	20
3	2,05	0,8	2,56	23,3	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,27	2,19	16
4	1,04	0,89	1,17	94	Bandeja	1,5	1,5	1,5	1,08	3,01	12

5	29,65	0,89	33,31	67,7	Tubo	16	16	16	2,07	3,99	25
6	29,65	0,89	33,31	64,5	Tubo	16	16	16	1,97	3,89	25
7	29,65	0,89	33,31	59,8	Tubo	16	16	16	1,8	3,72	25
8	29,65	0,89	33,31	55,4	Tubo	16	16	16	1,7	3,62	25
9	29,65	0,89	33,31	51	Tubo	16	16	16	1,56	3,48	25
10	36,24	0,89	40,7	42	Tubo	16	16	16	2,17	4,09	25
11	4,12	0,89	5,15	10,3	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,52	2,44	12
12	4,12	0,89	5,15	11,1	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,84	2,76	12
13	4,12	0,89	5,15	25	Tubo	1,5	1,5	1,5	1,27	3,19	12

Cuadro Almacén de Salida

Circuito	Ic (A)	F _C	Iadm (A)	Longitud (m)	Canalización	S fase (mm ²)	S neutro (mm ²)	S CP (mm ²)	ΔV (%)	ΔVT (%)	Diámetro tubo (mm)
1	20	0,89	22,47	25,2	Empotrado	4	4	4	2,19	2,85	16
2	14	0,8	17,5	53,6	Empotrado	2,5	2,5	2,5	2,9	3,56	20
3	19,04	0,8	23,8	61,6	Bandeja	4	4	4	2,55	3,21	20
4	2,05	0,8	2,56	23,3	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,27	0,93	16
5	1,04	0,89	1,17	94	Bandeja	1,5	1,5	1,5	1,08	1,74	12
6	29,65	0,89	33,31	67,7	Tubo	16	16	16	2,08	2,74	25
7	29,65	0,89	33,31	64,5	Tubo	16	16	16	1,98	2,64	25
8	29,65	0,89	33,31	59,8	Tubo	16	16	16	1,83	2,49	25
9	29,65	0,89	33,31	55,4	Tubo	16	16	16	1,7	2,36	25
10	29,65	0,89	33,31	51	Tubo	16	16	16	1,56	2,22	25
11	36,24	0,89	40,7	42	Tubo	16	16	16	2,17	2,83	25
12	4,12	0,8	5,15	10,3	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,52	1,18	12
13	4,12	0,8	5,15	11,1	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,84	1,5	12
14	4,12	0,8	5,15	25	Tubo	1,5	1,5	1,5	1,27	1,94	12

Cuadro Molienda

Circuito	Ic (A)	F _C	Iadm (A)	Longitud (m)	Canalización	S fase (mm ²)	S neutro (mm ²)	S CP (mm ²)	ΔV (%)	ΔVT (%)	Diámetro tubo (mm)
1	20,26	0,8	25,30	24	Bandeja	4	4	4	1,04	3,12	20
2	20,26	0,8	25,30	19,5	Bandeja	4	4	4	0,84	2,92	20
3	0,25	0,89	0,28	22,8	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,05	2,13	12
4	6,59	0,89	7,40	10,3	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,74	2,82	12
5	6,59	0,89	7,40	14,7	Tubo	1,5	1,5	1,5	1,07	3,15	12
6	6,59	0,89	7,40	6	Tubo	1,5	1,5	1,5	1,4	3,48	12
7	1,54	0,8	1,93	6	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,05	2,13	16
8	20	0,89	22,47	22	Empotrado	4	4	4	1,91	3,99	16
9	14	0,8	17,5	12,2	Empotrado	1,5	1,5	1,5	1,1	3,19	16

Cuadro Inyección

Circuito	Ic (A)	F _C	Iadm (A)	Longitud (m)	Canalización	S fase (mm ²)	S neutro (mm ²)	S CP (mm ²)	ΔV (%)	ΔVT (%)	Diámetro tubo (mm)
1	20	0,89	22,47	42	Empotrado	6	6	6	2,44	3,64	16
2	14	0,8	17,5	53	Empotrado	4	4	4	2,07	3,27	20
3	1,18	0,89	1,33	94,5	Tubo	1,5	1,5	1,5	1,23	2,43	12
4	19,7	0,89	22,13	47,8	Tubo	16	16	16	1,92	3,13	25
5	19,7	0,89	22,13	42,5	Tubo	16	16	16	0,86	2,06	25
6	19,7	0,89	22,13	37,7	Tubo	16	16	16	0,76	1,96	25
7	19,7	0,89	22,13	32,2	Tubo	16	16	16	0,65	1,85	25
8	19,7	0,89	22,13	26,8	Tubo	16	16	16	0,54	1,74	25
9	19,7	0,89	22,13	34,6	Tubo	16	16	16	0,70	1,90	25
10	19,7	0,89	22,13	40	Tubo	16	16	16	0,81	2,01	25
11	16,47	0,89	18,50	41,4	Tubo	16	16	16	0,70 6	1,90	25

12	19,7	0,89	22,13	56,4	Tubo	16	16	16	1,15	2,3	25
13	79	0,8	98,75	24	Bandeja	25	16	16	1,82	3,02	40
14	100,5	0,8	125	28	Bandeja	35	16	16	0,80	2	40
15	125,37	0,8	156,71	86	Bandeja	50	25	25	2,14	3,34	50
16	1,54	0,8	1,925	40	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,35	1,55	16
17	1,54	0,8	1,925	46	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,40	1,6	16

Cuadro Of Inyección

Circuito	Ic (A)	F _C	Iadm (A)	Longitud (m)	Canalización	S fase (mm ²)	S neutro (mm ²)	S CP (mm ²)	ΔV (%)	ΔVT (%)	Diámetro tubo (mm)
1	5,44	0,89	6,11	9	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,57	2,19	12
2	0,56	0,89	0,63	7	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,046	1,66	12
3	0,56	0,89	0,63	9	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,058	1,67	12
4	2,72	0,89	3,05	11	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,35	1,96	12
5	0,19	0,89	0,21	7	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,014	1,63	12
6	10	0,89	11,24	12,4	Empotrado	1,5	1,5	1,5	1,44	3,06	12
7	20	0,89	22,47	13,4	Empotrado	1,5	1,5	1,5	1,87	3,49	12
8	4,35	0,89	4,88	2,1	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,10	1,72	12
9	4,35	0,89	4,88	4	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,20	1,82	12
10	2,88	0,8	3,6	11,5	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,21	1,83	16
11	2,88	0,8	3,6	8,3	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,15	1,77	16

Cuadro Almacén de Moldes

Circuito	Ic (A)	F _C	Iadm (A)	Longitud (m)	Canalización	S fase (mm ²)	S neutro (mm ²)	S CP (mm ²)	ΔV (%)	ΔVT (%)	Diámetro tubo (mm)
1	13,18	0,89	14,80	33	Tubo	6	6	6	1,2	2,95	16
2	13,18	0,89	14,80	42	Tubo	6	6	6	1,53	3,28	16
3	13,18	0,89	14,80	37,5	Tubo	6	6	6	1,36	3,11	16
4	0,25	0,89	0,28	37	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,10	1,85	12
5	1,53	0,8	1,91	4	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,03	1,78	16
6	20	0,89	22,47	22	Empotrado	6	6	6	1,28	3,03	16
7	14	0,8	17,5	25	Empotrado	2,5	2,5	2,5	1,35	3,10	20

Cuadro Of. Almacén de Entrada

Circuito	Ic (A)	F _C	Iadm (A)	Longitud (m)	Canalización	S fase (mm ²)	S neutro (mm ²)	S CP (mm ²)	ΔV (%)	ΔVT (%)	Diámetro tubo (mm)
1	0,56	0,89	0,63	6	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,04	2,68	12
2	0,56	0,89	0,63	3,8	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,02	2,66	12
3	2,72	0,89	3,05	7	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,22	2,86	12
4	0,15	0,89	0,17	6	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,01	2,65	12
5	10	0,89	11,23	9,8	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,43	3,07	12
6	4,3	0,89	4,83	1,5	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,19	2,83	12
7	4,3	0,89	4,83	3,5	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,26	2,90	12
8	2,8	0,8	3,5	3,5	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,06	2,70	16

Cuadro Of. Almacén de Salida

Circuito	Ic (A)	F _C	Iadm (A)	Longitud (m)	Canalización	S fase (mm ²)	S neutro (mm ²)	S CP (mm ²)	ΔV (%)	ΔVT (%)	Diámetro tubo (mm)
1	0,56	0,89	0,63	6	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,04	1,57	12
2	0,56	0,89	0,63	3,8	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,02	1,55	12

3	2,72	0,89	3,05	7	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,22	1,75	12
4	0,15	0,89	0,17	6	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,01	1,54	12
5	10	0,89	11,23	9,8	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,43	1,95	12
6	4,3	0,89	4,83	1,5	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,19	1,72	12
7	4,3	0,89	4,83	3,5	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,26	1,79	12
8	2,8	0,8	3,5	3,5	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,06	1,59	16

Cuadro Primera Planta

Circuito	Ic (A)	Fc	Iadm (A)	Longitud (m)	Canalización	S fase (mm ²)	S neutro (mm ²)	S CP (mm ²)	ΔV (%)	ΔVT (%)	Diámetro tubo (mm)
1	4,54	0,89	5,1	11	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,58	2,67	12
2	2,71	0,89	3,04	4	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,12	2,21	12
3	2,71	0,89	3,04	5,5	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,17	2,26	12
4	2,71	0,89	3,04	5,5	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,17	2,26	12
5	0,56	0,89	0,62	7	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,044	2,13	12
6	0,56	0,89	0,62	5	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,032	2,12	12
7	1,13	0,89	1,27	5	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,065	2,15	12
8	3,63	0,89	4,07	6	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,25	2,32	12
9	5,44	0,89	6,11	11	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,69	2,76	12
10	4,53	0,89	5,08	12	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,63	2,70	12
11	2,72	0,89	3,05	5,5	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,17	2,24	12
12	2,72	0,89	3,05	5,5	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,17	2,24	12
13	2,72	0,89	3,05	5,5	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,17	2,24	12
14	2,72	0,89	3,05	10	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,31	2,38	12
15	2,72	0,89	3,05	10	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,31	2,38	12
16	1,12	0,89	1,26	5	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,065	2,13	12
17	2,25	0,89	2,53	13	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,34	2,41	12
18	0,65	0,89	0,73	20	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,15	1,93	12

19	2,88	0,8	3,6	4,5	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,08 3	2,04	16
20	2,88	0,8	3,6	4,5	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,08 3	2,04	16
21	2,88	0,8	3,6	6	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,11	2,07	16
22	2,88	0,8	3,6	6	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,11	2,07	16
23	2,88	0,8	3,6	4,5	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,08 3	2,26	16
24	2,88	0,8	3,6	4,5	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,08 3	2,26	16
25	2,88	0,8	3,6	4,5	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,08 3	2,26	16
26	2,88	0,8	3,6	6	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,11	2,29	16
27	2,88	0,8	3,6	6	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,11	2,29	16
28	2,88	0,8	3,6	6	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,11	2,29	16
29	2,88	0,8	3,6	10	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,18	2,36	16
30	2,88	0,8	3,6	10	Bandeja	1,5	1,5	1,5	0,18	2,36	16
31	20	0,89	22,47	12	Empotrado	2,5	2,5	2,5	1,66	3,63	16
32	10	0,89	11,23	7	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,81	2,77	12
33	10	0,89	11,23	8,5	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,98	2,94	12
34	10	0,89	11,23	8,5	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,98	2,94	12
35	4,34	0,89	4,87	4	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,20	2,16	12
36	4,34	0,89	4,87	2	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,10	2,06	12
37	10	0,89	11,23	7,5	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,86	3,21	12
38	20	0,89	22,47	13,5	Empotrado	2,5	2,5	2,5	0,43	2,78	16
39	20	0,89	22,47	10	Empotrado	2,5	2,5	2,5	1,39	3,74	16
40	10	0,89	11,23	8,5	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,98	3,28	12
41	10	0,89	11,23	8,5	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,98	3,28	12
42	10	0,89	11,23	8,5	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,98	3,28	12
43	10	0,89	11,23	12	Empotrado	1,5	1,5	1,5	1,39	3,74	12
44	10	0,89	11,23	12	Empotrado	1,5	1,5	1,5	1,39	3,74	12

Cuadro Planta Baja Oficinas

Circuito	Ic (A)	F _C	Iadm (A)	Longitud (m)	Canalización	S fase (mm ²)	S neutro (mm ²)	S CP (mm ²)	ΔV (%)	ΔVT (%)	Diámetro tubo (mm)
1	3,38	0,8 ₉	3,79	24	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,94	3,56	12
2	2,72	0,8 ₉	3,05	9	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,28	0,62	12
3	2,72	0,8 ₉	3,05	10	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,31	2,93	12
4	2,72	0,8 ₉	3,05	15	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,47	3,09	12
5	9,07	0,8 ₉	10,1 ₉	30	Bandeja	1,5	1,5	1,5	1,26	3,88	16
6	0,98	0,8 ₉	1,10	29	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,314	2,93	12
7	2,05	0,8 ₉	2,30	3	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,068	2,688	12
8	2,05	0,8 ₉	2,30	8,5	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,19	2,47	12
9	2,05	0,8 ₉	2,30	12	Tubo	1,5	1,5	1,5	0,27	2,55	12
10	20	0,8 ₉	22,4 ₇	22	Empotrado	6	6	6	1,27	3,89	16
11	10	0,8 ₉	11,2 ₃	7	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,81	3,43	12
12	4,35	0,8 ₉	4,88	12,8	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,64	3,28	12
13	10	0,8 ₉	11,2 ₃	10	Empotrado	1,5	1,5	1,5	1,16	3,78	12
14	10	0,8 ₉	11,2 ₃	5,3	Empotrado	1,5	1,5	1,5	0,61	3,23	12

2.3.5 Conducciones*CUADRO GENERAL*

- Circuito 1:C.Almacén de salida.
- Circuito 2:C.Of.Almacén de salida.
- Circuito 3:C.Molienda.
- Circuito 4:C.Taller.
- Circuito 5:C.Almacén de Moldes.
- Circuito 6:C.Of.Inyección.
- Circuito 7:C.Inyección.
- Circuito 8:C.Almacén de Entrada.
- Circuito 9:C.Of.Almacén de Entrada.
- -Circuito10:C.Planta Baja.
- Circuito 11:C.Primer Planta.

- Circuito 12: Bateria de Condensadores.

CUADRO ALMACEN DE SALIDA

- Circuito 1: Tomas Monofásicas.
- Circuito 2: Tomas Trifásicas.
- Circuito 3: Compresor.
- Circuito 4: Puerta Muelle.
- Circuito 5: Emergencia.
- Circuito 6: Alumbrado.
- Circuito 7: Alumbrado.
- Circuito 8: Alumbrado.
- Circuito 9: Alumbrado.
- Circuito10: Alumbrado.
- Circuito 11: Alumbrado.
- Circuito 12: Alumbrado Exterior.
- Circuito 13: Alumbrado Exterior.
- Circuito 14: Alumbrado Exterior.

CUADRO OF ALMACEN DE SALIDA

- Circuito 1: Aseos H Iluminación.
- Circuito 2: Aseos M Iluminación.
- Circuito 3: Of. Expedición Iluminación.
- Circuito 4: Emergencia.
- Circuito 5: Tomas Of. Expedición.
- Circuito 6: Aseos M Tomas.
- Circuito 7: Aseos H Tomas.
- Circuito 8: Aire Acondicionado.

CUADRO MOLIENDA

- Circuito 1: Molino 1.
- Circuito 2: Molino 2.
- Circuito 3: Emergencia.
- Circuito 4: Alumbrado.
- Circuito 5: Alumbrado.
- Circuito 6: Alumbrado.
- Circuito 7: Puerta Automático.
- Circuito 8: Tomas Monofásicas.
- Circuito 9: Tomas Trifásicas.

CUADRO TALLER

- Circuito 1: Puerta Automática.
- Circuito 2: Puente Grua.
- Circuito 3: Emergencia.
- Circuito 4: Alumbrado.
- Circuito 5: Alumbrado.
- Circuito 6: Alumbrado.
- Circuito 7: Torno 1.
- Circuito 8: Torno 2.
- Circuito 9: Fresadora.
- Circuito10: Fresadora.
- Circuito 11: Tomas Monofásicas.
- Circuito 12: Tomas Trifásicas.

CUADRO ALMACÉN DE MOLDES

- Circuito 1: Alumbrado.
- Circuito 2: Alumbrado.
- Circuito 3: Alumbrado.
- Circuito 4: Emergencia.
- Circuito 5: Puerta Automática.
- Circuito 6: Tomas Monofásicas.
- Circuito 7: Tomas Trifásicas.

CUADRO OFICINAS INYECCIÓN

- Circuito 1: Sala de Reuniones.
- Circuito 2: Aseo.
- Circuito 3: Aseo.
- Circuito 4: D.de Compras.
- Circuito 5: Emergencia.
- Circuito 6: D.de Compras Tomas.
- Circuito 7: Sala de Reuniones.
- Circuito 8: Aseo M Tomas.
- Circuito 9: Aseo H Tomas.
- Circuito10: Aire Acondicionado.
- Circuito 11: Aire Acondicionado.

CUADRO INYECCIÓN

- Circuito 1: Tomas Monofásicas.
- Circuito 2: Tomas Trifásicas.
- Circuito 3: Emergencia.
- Circuito 4: Alumbrado.
- Circuito 5: Alumbrado.

- Circuito 6: Alumbrado.
- Circuito 7: Alumbrado.
- Circuito 8: Alumbrado.
- Circuito 9: Alumbrado.
- Circuito10: Alumbrado.
- Circuito 11: Alumbrado.
- Circuito 12: Alumbrado.
- Circuito 13: Fuerza Maquinas Inyección.
- Circuito 14: Fuerza Maquinas Inyección.
- Circuito 15: Fuerza Maquinas Inyección.
- Circuito 16: Puerta Automática.
- Circuito 17: Puerta Automática.

CUADRO AMACEN DE ENTRADA

- Circuito 1: Tomas Monofásicas.
- Circuito 2: Tomas Trifásicas.
- Circuito 3: Puerta Muelle.
- Circuito 4: Emergencia.
- Circuito 5: Alumbrado.
- Circuito 6: Alumbrado.
- Circuito 7: Alumbrado.
- Circuito 8: Alumbrado.
- Circuito 9: Alumbrado.
- Circuito10: Alumbrado.
- Circuito 11: Alumbrado Exterior.
- Circuito 12: Alumbrado Exterior.
- Circuito 13: Alumbrado Exterior.

CUADRO OF. AMACEN DE ENTRADA

- Circuito 1: Aseos H Iluminación.
- Circuito 2: Aseos M Iluminación.
- Circuito 3: Of. Recepción de Materiales Iluminación.
- Circuito 4: Emergencia.
- Circuito 5: Tomas Of. Recepción de Materiales.
- Circuito 6: Aseos M Tomas.
- Circuito 7: Aseos H Tomas.
- Circuito 8: Aire Acondicionado.

CUADRO PLANTA BAJA

- Circuito 1: Zona escaleras.
- Circuito 2: Recepción.

- Circuito 3: Vestuarios Hombres.
- Circuito 4: Vestuarios Mujeres.
- Circuito 5: Comedor.
- Circuito 6: Emergencia.
- Circuito 7: Iluminación Exterior.
- Circuito 8: Iluminación Exterior.
- Circuito 9: Iluminación Exterior.
- Circuito 10: Comedor Tomas.
- Circuito 11: Recepción Tomas.
- Circuito 12: Planta Baja Escalera Tomas.
- Circuito 13: Vestuario M Tomas.
- Circuito 14: Vestuario H Tomas.

CUADRO PRIMERA PLANTA

- Circuito 1: D.I+D.
- Circuito 2: D .Calidad y Medio Ambiente.
- Circuito 3: D. Contabilidad.
- Circuito 4: D. Control Gestión.
- Circuito 5: Aseos M.
- Circuito 6: Aseos H.
- Circuito 7: Pasillo.
- Circuito 8: D. Mejora Continua.
- Circuito 9: Sala de Reuniones.
- Circuito 10: Informática.
- Circuito 11: D. Seguridad Laboral.
- Circuito 12: D. RRHH.
- Circuito 13: D. Compras y Gestión Industrial.
- Circuito 14: Archivo.
- Circuito 15: Dirección.
- Circuito 16: Pasillo.
- Circuito 17: Zona Escaleras.
- Circuito 18: Emergencia.
- Circuito 19: Aire Acondicionado.
- Circuito 20: Aire Acondicionado.
- Circuito 21: Aire Acondicionado.
- Circuito 22: Aire Acondicionado.
- Circuito 23 Aire Acondicionado.
- Circuito 24: Aire Acondicionado.
- Circuito 25: Aire Acondicionado.
- Circuito 26: Aire Acondicionado.
- Circuito 27: Aire Acondicionado.

- Circuito 28: Aire Acondicionado.
- Circuito 29: Aire Acondicionado.
- Circuito 30: Aire Acondicionado.
- Circuito 31: Tomas D.I+D.
- Circuito 32: Tomas D .Calidad y Medio Ambiente.
- Circuito 33: Tomas D. Contabilidad.
- Circuito 34: Tomas D. Control Gestión.
- Circuito 35: Tomas Aseos H.
- Circuito 36: Tomas Aseos M.
- Circuito 37: Tomas D. Mejora Continua.
- Circuito 38: Tomas Sala de Reuniones.
- Circuito 39: Tomas Informática.
- Circuito 40: Tomas D. Seguridad Laboral.
- Circuito 41 Tomas D. RRHH.
- Circuito 42: Tomas D. Compras y Gestión Industrial.
- Circuito 43: Tomas Dirección.
- Circuito 44: Tomas Archivo.

2.4 Cálculo de las intensidades de cortocircuito

2.4.1 Introducción

El cálculo de la corriente de cortocircuito en diferentes puntos de una instalación tiene por objeto determinar el poder de corte de los dispositivos de protección en los puntos considerados, estos puntos serán las entradas a los cuadros de distribución, ya que es aquí donde se colocarán las protecciones.

El poder de corte y el calibre calculado para las protecciones magnetotérmicas, serán los que se utilizarán para las protecciones diferenciales.

El poder de corte de las protecciones deberá ser igual o superior a la corriente de cortocircuito I_{cc} calculada para su valor máximo en ausencia del dispositivo de protección.

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

2.4.2 Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador

En primer lugar se calcula la impedancia aguas arriba del transformador. La potencia de cortocircuito que proporciona la red es $S_{CC} = 500$ MVA. (Dato obtenido de la compañía suministradora, en nuestro caso IBERDROLA S.A.). Despreciando la resistencia R frente a la reactancia X , se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba llevada al secundario del transformador.

$$Z = X = \frac{U_s^2}{S_{cc}} = \frac{400^2}{500 \times 10^6} = 0,32 \text{ m}\Omega$$

En segundo lugar se calculará la impedancia del transformador, considerando despreciable la impedancia de la aparatada de alta tensión; también se desprecia la resistencia del transformador frente a la impedancia. Como el transformador es de 1000KVA, el valor de U_{cc} es de 6 %.

$$Z = X = \frac{U_s^2 \times U_{cc}}{S \times 100} = \frac{400^2 \times 6}{1000 \times 10^3 \times 100} = 9,6 \text{ m}\Omega$$

Entonces, con estos datos se puede calcular la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador:

$$Z_T = X_T = 0,32 + 9,6 = 9,92 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} \times Z_T} = 23280,25 \text{ A}$$

2.4.3 Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el C.G.D.

Se parte de los datos obtenidos en el secundario del transformador en los que tenemos una impedancia $Z_T = 9,6\text{m}\Omega$ inductiva.

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

- Impedancia de Red = $320\ \mu\Omega$ (inductiva)
- Impedancia de Transformador = $9,6\ \text{m}\Omega$ (directa) (inductiva)
- IGA = $0,15\ \text{m}\Omega$ (inductiva)
- Interruptor automático = $0,15\ \text{m}\Omega$ (inductiva)
- Línea subterránea = (24,5 m) $591\ \mu\Omega$ (directa) (resistiva)

Cálculo:

$$R_t = 0,591\ \text{m}\Omega$$

$$X_t = 320\ \mu\Omega + 9,6\ \text{m}\Omega + 2 \times 0,15\ \text{m}\Omega = 10,22\ \text{m}\Omega$$

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} = 10,23\ \text{m}\Omega$$

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} \times Z_T} = 22574,8\ \text{A}$$

2.4.4 Cálculo de la intensidad de cortocircuito

Como el cálculo de las intensidades lo realizo para elegir los automáticos, si un automático protege dos circuitos, calcularé la $I_{cc\ min}$ por el camino más desfavorable. El camino más desfavorable lo pondré en cursiva

Cuadro General de Distribución

Circuito	V (V)	L (m)	S (mm ²)	Zd(Ω)	I _{cc} max (kA)	Z _{min} (Ω)	I _{cc} min (A)
1	400	21	120	0,01038	22,25	0,047716	13793,7
2	400	65,5	10	0,01038	22,25	1,128	614,2
3	400	100	35	0,01038	22,25	0,4981	1390,9
4	400	82	35	0,01038	22,25	0,4084	1611,6
5	400	63,6	25	0,01038	22,25	0,4428	1486,4
6	400	52,6	16	0,01038	22,25	0,570126	1154,4
7	400	59,1	2x95	0,01038	22,25	0,050598	13008,01
8	400	87,7	95	0,01038	22,25	0,1669	3943,5
9	400	126	10	0,01038	22,25	2,1657	303,9

10	400	70	16	0,01038	22,25	0,7547	872,1
11	400	80	95	0,01038	22,25	0,1532	4294,5

Cuadro Taller

Circuito	V (V)	L (m)	S (mm ²)	Zd(Ω)	Icc max (kA)	Zmin (Ω)	Icc min (A)
1,2	400	22	4	0,04374	5,28	1,35	487,54
3	230	52	1,5	0,04374	3,035	6,35	59,59
4,5,6	400	51,4	10	0,04374	5,28	1,28	510,69
7	400	37,1	2,5	0,04377	5,28	2,95	200,05
8	400	42,1	2,5	0,04377	5,28	3,29	200,05
9	400	33,5	2,5	0,04377	5,28	2,70	243,77
10	400	41	2,5	0,04377	5,28	3,22	204,53
11,12	400	19,3	6	0,04377	5,28	1,95	337,52

Cuadro Almacén de Entrada

Circuito	V (V)	L (m)	S (mm ²)	Zd(Ω)	Icc max (kA)	Zmin (Ω)	Icc min (A)
1,2	400	53,6	4	0,02013	11,47	2,46	267,55
3	400	23,3	1,5	0,02013	11,47	2,83	232,81
4	230	94	1,5	0,02013	6,59	10,9	34,72
5,6,7	400	67,7	16	0,02013	11,47	0,88	743,78
8,9,10	400	55,4	16	0,02013	11,47	0,75	866,93
11,12,13	400	25	1,5	0,02013	11,47	3,02	217,94

Cuadro Almacén de Salida

Circuito	V (V)	L (m)	S (mm ²)	Zd(Ω)	Icc max (kA)	Zmin (Ω)	Icc min (A)
1,2	400	53,6	2,5	0,01129	20,44	3,71	177,4
3	400	61,6	4	0,01129	20,44	2,67	249,9
4	400	23,3	1,5	0,01129	20,44	2,69	243,9
5	230	94	1,5	0,01129	20,44	10,77	35,13
6,7,8	400	67,7	16	0,01129	20,44	0,7018	863,9
9,10,11	400	55,4	16	0,01129	20,44	0,63	1044
12,13,14	400	25	1,5	0,01129	20,44	2,31	282,5

Cuadro Molienda

Circuito	V (V)	L (m)	S (mm ²)	Zd(Ω)	Icc max (kA)	Zmin (Ω)	Icc min (A)
1	400	24	4	0,05273	4,416	1,52	433
2	400	19,5	4	0,05273	4,416	1,33	494,3
3	230	22,8	1,5	0,05263	2,523	3,09	122,5
4,5,6	400	14,7	1,5	0,05263	4,387	2,17	303,3
7	400	6	1,5	0,05263	4,387	1,18	557,7
8,9	400	12,2	1,5	0,05263	4,387	1,88	350

Cuadro Inyección

Circuito	V (V)	L (m)	S (mm ²)	Zd(Ω)	Icc max (kA)	Zmin (Ω)	Icc min (A)
1,2	400	53	4	0,01142	20,19	2,31	284,9
3	230	94,5	1,5	0,01142	11,63	11,13	34
4,5,6	400	47,8	16	0,01142	20,19	0,55	1192
7,8,9	400	34,6	16	0,01142	20,19	0,41	1601,4
10,11,12	400	56,4	16	0,01142	20,19	0,644	1022
13	400	24	50	0,01142	20,19	0,126	5223
14	400	28	2x25	0,01142	20,19	0,1926	3417,3
15	400	86	2x35	0,01142	20,19	0,252	2611,82
16,17	400	46	1,5	0,47619	2,742857	5,25	125,36

Cuadro Of Inyección

Circuito	V (V)	L (m)	S (mm ²)	Zd(Ω)	Icc max (kA)	Zmin (Ω)	Icc min (A)
1,2,3,4	400	9	1,5	0,0602	3,836	1,59	413,94
5	230	7	1,5	0,0602	2,205	0,84	171,63
6,7,8,9	400	13,4	1,5	0,0602	2,205	2,,11	311,93
10,11	400	11,5	1,5	0,0602	3,836	1,88	350,09

Cuadro Almacén de Moldes

Circuito	V (V)	L (m)	S (mm ²)	Zd(Ω)	Icc max (kA)	Zmin (Ω)	Icc min (A)
1,2,3	400	42	6	0,047	4,913	1,64	401,3
4	230	37	1,5	0,440476	2,825	4,62	78,5
5	400	4	1,5	0,047	4,913	0,89	739,5
6,7	400	22	6	0,047	4,913	2,18	301

Cuadro Of Almacén de Entrada

Circuito	V (V)	L (m)	S (mm ²)	Zd(Ω)	Icc max (kA)	Zmin (Ω)	Icc min (A)
1,2,3	400	7	1,5	0,2258	1,22	2,96	127,85
4	230	6	1,5	0,2258	0,588	2,83	133,73
5,6,7	400	9,8	1,5	0,2258	1,22	3,28	200,66
8	400	3,5	1,5	0,2258	1,22	2,56	257,10

Cuadro Of Almacén de Salida

Circuito	V (V)	L (m)	S (mm ²)	Zd(Ω)	Icc max (kA)	Zmin (Ω)	Icc min (A)
1,2,3	400	7	1,5	0,1179	1,126	1,92	342,8
4	230	6	1,5	0,1179	1,126	1,81	209,09
5,6,7	400	9,8	1,5	0,1179	1,126	2,25	292,52
8	400	3,5	1,5	0,1179	1,958	1,52	433,01

Cuadro 1º Planta

Circuito	V (V)	L (m)	S (mm ²)	Zd(Ω)	Icc max (kA)	Zmin (Ω)	Icc min (A)
1..4..7	400	5,5	1,5	0,018917	12,208	1,919	342
8,9..17	400	11	1,5	0,018917	12,208	1,4	470,13
18	230	20	1,5	0,018917	7019,64	2,43	155,74
19,..22	400	6	1,5	0,018917	12,208	1,102	597
23..30	400	10	1,5	0,018917	12,208	1,6	411

31..36	400	12	2,5	0,018917	12,208	1,14	577,35
37,38..44	400	13,5	2,5	0,018917	12,208	1,58	416,56

Cuadro Planta Baja

Circuito	V (V)	L (m)	S (mm ²)	Zd(Ω)	Icc max (kA)	Zmin (Ω)	Icc min (A)
1..5	400	30	4	0,07911	2,907	2,04	322,63
6	230	29	1,5	0,07911	1,678	4,06	93,17
7,8,9	400	12	1,5	0,07911	2,907	2,13	309
10,11,12	400	22	6	0,0791	2,907	1,38	476,94
13,14	400	10	1,5	0,07911	2,907	1,91	344,59

2.5 Cálculo de la instalación de puesta a tierra

En la nave voy a hacer dos zanjas para la puesta a tierra de tal manera que voy a unir cada cuadro con la tierra.

Con la fórmula de la resistencia de pica, voy a calcular cuantos metros de pica enterrados necesito para obtener una resistencia de pica de 10 ohmios.

$$R_{pica} = \frac{\rho}{L}$$

Cogeré una resistividad del terreno media según la tabla 14.3 de la ITC-BT 18 de 400 Ωm.

$$R \leq 10 = \frac{400}{L};$$

$$L = \frac{400}{10} = 40 \text{ m};$$

Como cada pica que voy a coger tiene 2 metros, necesitare

$$N^{\circ} \text{ de picas} = \frac{40}{2} = 20 \text{ picas}$$

Estas 20 picas verticales las distribuyo a lo largo de la zanja (como se muestra en los planos).

Cada cuadro tendrá su punto de puesta a tierra y los conductores no podrán ser, en ningún caso, de menos de 16 mm² de sección para las líneas principales de tierra ni de 35 mm² para las líneas de enlace con tierra.

Se dispondrá de una arqueta de registro en cada pica para verificar el correcto estado de las mismas

2.6 Cálculo de Compensación del factor de Potencia**2.6.1 Tablas potencia activa y aparente***Cuadro Taller*

Circuito	P(W)	Cos ϕ	S(VA)
1	750	0,88	852,27
2	10000	0,88	11363,63
3	48	0,95	50,52
4	2000	0,95	2105,26
5	2000	0,95	2105,26
6	2000	0,95	2105,26
7	4000	0,89	4494,38
8	4000	0,89	4494,38
9	6400	0,87	7356,32
10	6400	0,87	7356,32
11	4600	1	4600
12	9700	1	9700
TOTAL	51898		56583,6

Cuadro Almacén Entrada

Circuito	P(W)	Cos ϕ	S(VA)
1	4600	1	4600
2	9700	1	9700
3	1000	0,88	1136,36
4	126	0,95	132,63
5	3600	0,95	3789,47
6	3600	0,95	3789,47
7	3600	0,95	3789,47
8	3600	0,95	3789,47
9	3600	0,95	3789,47
10	4400	0,95	4631,57
11	500	0,95	526,31
12	500	0,95	526,31
13	500	0,95	526,31
TOTAL	39326		40726,84

Cuadro Almacén Salida

Circuito	P(W)	Cos ϕ	S(VA)
1	4600	1	4600
2	9700	1	9700
3	9500	0,9	10555,55
4	1000	0,88	1136,36
5	126	0,95	132,63
6	3600	0,95	3789,47
7	3600	0,95	3789,47
8	3600	0,95	3789,47
9	3600	0,95	3789,47
10	3600	0,95	3789,47
11	4400	0,95	4631,57
12	500	0,95	526,31
13	500	0,95	526,31
14	500	0,95	526,31
TOTAL	48826		51282,39

Cuadro Molienda

Circuito	P(W)	Cos ϕ	S(VA)
1	10000	0,89	11235,95
2	10000	0,89	11235,95
3	30	0,95	31,57
4	800	0,95	842,10
5	800	0,95	842,10
6	800	0,95	842,10
7	750	0,88	852,27
8	4600	1	4600
9	9700	1	9700
TOTAL	37480	0,94	40182,04

Cuadro Inyección

Circuito	P(W)	Cos ϕ	S(VA)
1	4600	1	4600
2	9700	1	9700
3	144	0,95	151,57
4	2400	0,95	2526,31
5	2400	0,95	2526,31
6	2400	0,95	2526,31
7	2400	0,95	2526,31
8	2400	0,95	2526,31
9	2400	0,95	2526,31
10	2400	0,95	2526,31
11	2000	0,95	2105,26
12	2400	0,95	2526,31
13	38969	0,89	43785,39
14	49575	0,89	55702,24
15	61845	0,89	69488,76
16	750	0,88	852,27
17	750	0,88	852,27
TOTAL	187933		207448,26

Cuadro of. inyección

Circuito	P(W)	Cos ϕ	S(VA)
1	696	1	696
2	72	1	72
3	72	1	72
4	348	1	348
5	24	0,95	25,26
6	2300	1	2300
7	4600	1	4600
8	1000	1	1000
9	1000	1	1000
10	1600	1	1600
11	1600	1	1600
TOTAL	13312		13313,26

Cuadro Almacén de Moldes

Circuito	P(W)	Cos ϕ	S(VA)
1	1600	0,95	1684,21
2	1600	0,95	1684,21
3	1600	0,95	1684,21
4	30	0,95	31,57
5	750	0,88	852,27
6	4600	1	4600
7	9700	1	9700
TOTAL	19880		20236,47

C. O f. Almacén Entrada

Circuito	P(W)	Cos ϕ	S(VA)
1	72	1	72
2	72	1	72
3	348	1	348
4	18	0,95	18,95
5	2300	1	2300
6	1000	1	1000
7	1000	1	1000
8	1600	1	1600
TOTAL	6410		6410,95

Cuadro Of. Almacén de Salida

Circuito	P(W)	Cos φ	S(VA)
1	72	1	72
2	72	1	72
3	348	1	348
4	18	0,95	18
5	2300	1	2300
6	1000	1	1000
7	1000	1	1000
8	1600	1	1600
TOTAL	6410		6410,95

Cuadro Planta baja Of.

Circuito	P(W)	Cos φ	S(VA)
1	432	1	432
2	348	1	348
3	348	1	348
4	348	1	348
5	1160	1	1160
6	120	0,95	126,31
7	250	0,95	263,15
8	250	0,95	263,15
9	250	0,95	263,15
10	4600	1	4600
11	2300	1	2300
12	1000	1	1000
13	2300	1	2300
14	2300	1	2300
TOTAL	16006		16051,76

Cuadro Primera Planta

Circuito	P(W)	Cos ϕ	S(VA)
1	580	1	580
2	348	1	348
3	348	1	348
4	348	1	348
5	72	1	72
6	72	1	72
7	144	1	144
8	464	1	464
9	696	1	696
10	580	1	580
11	348	1	348
12	348	1	348
13	348	1	348
14	348	1	348
15	348	1	348
16	144	1	144
17	288	1	288
18	84	1	84
19	1600	1	1600
20	1600	1	1600
21	1600	1	1600
22	1600	1	1600
23	1600	1	1600
24	1600	1	1600
25	1600	1	1600
26	1600	1	1600
27	1600	1	1600
28	1600	1	1600
29	1600	1	1600
30	1600	1	1600
31	4600	1	4600
32	2300	1	2300
33	2300	1	2300
34	2300	1	2300
35	1000	1	1000
36	1000	1	1000
37	2300	1	2300
38	4600	1	4600
39	4600	1	4600
40	2300	1	2300
41	2300	1	2300
42	2300	1	2300
43	2300	1	2300
44	2300	1	2300
TOTAL	61608	1	61608

2.6.2 Cálculo potencia reactiva

Con estos datos:

$$\cos \varphi \text{ medio} = \sum P / \sum S = 505.300W / 617.570,24 VA = 0,93$$

Por lo tanto, la potencia reactiva consumida será:

$$Q = P * \operatorname{tg} \varphi = 227.373,10 \text{ VAr}$$

Se quiere un coseno cercano a 1, con $\cos \varphi' = 0.97$:

$$Q' = P * \operatorname{tg} \varphi' = 138.393,36 \text{ Var}$$

Por lo que la potencia a compensar sería:

$$Q_b = Q - Q' = Q = 88,980 \text{ KVAR}$$

Esta potencia será la que tenga que suministrar la batería de condensadores, puesto que se ha elegido compensación automática. Se elegirá una batería de condensadores que pueda llegar a suministrar una energía reactiva mayor de 88,980 Kvar.

El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores con regulador electrónico de 92,5 KVAR (2.5+5+10+15+20+20+20), de la marca G.C.E, que se colocará en el lado del Cuadro General.

2.6.3 Cálculo línea de alimentación de baterías

Aplicando la fórmula de la potencia se halla la intensidad:

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_n \cdot \text{sen} \varphi$$

Siendo:

Sen = 1, el de la batería de condensadores

V = 400 V

Q = potencia de la batería de condensadores (92,5 KVA).

Sustituyendo y despejando $I_n = 133,51$

El cable de la conexión de la batería con el C.G.D. tendrá una sección de 50 mm², RV-K 0.6/ 1 kV Pirelli

Se comprueba que la caída de tensión es menor del 5%:

$$AV\% = P \times L \times 100 / C \times S \times V^2 = 3,14 \% .$$

$$AV = 1,28 < 5\%$$

2.6.4 Cálculo protección de las baterías

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

$I_n = 133,51$ A

La intensidad de cortocircuito será la de la entrada al C.G.D.

$I_{cc} = 22$ KA

Se elige un interruptor automático de poder de corte 36kA, I_n 160 A

2.6.5 Justificación del factor de potencia

$$\text{Cos } \varphi \text{ medio} = \sum P / \sum S = 505.300W / 617.570,24 VA = 0,93$$

$$\text{cos}=0,93; \quad \text{Kr}=-1,34$$

$$\text{cos}=0,97 \quad \text{Kr}= -2,93$$

Por lo tanto con el factor de potencia que presenta la instalación antes de compensar la energía reactiva consumida, la compañía eléctrica, nos aplicaba una bonificación del 1,34% mientras que después de realizar la compensación la bonificación es del 2,93%. Esto nos supone un ahorro del 1,59 % sobre el término de potencia en la factura eléctrica.

A parte del ahorro económico que supone en la factura eléctrica, la compensación de la energía reactiva reporta mejoras en las prestaciones y el funcionamiento de la instalación, disminuyendo las caídas de tensión y las pérdidas por efecto joule.

2.7 Cálculos del Centro de Transformación

2.7.1 Intensidad de alta tensión

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

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

Siendo:

S = Potencia del transformador en KVA. (1000 KVA)

U = Tensión compuesta primaria en KV (13,2 KV)

I_p = Intensidad primaria en amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

$$I_p = 44 \text{ A}$$

2.7.2 Intensidad de baja tensión

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

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

Siendo:

S = Potencia del transformador en KVA. (1000 KVA)

W_{Cu} = Pérdidas en el cobre del transformador.

W_{Fe} = Pérdidas en el hierro del transformador.

U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios. (0,4 KV)

I_s = Intensidad secundaria en amperios.

Despreciándolas pérdidas en el hierro y en los arrollamientos, se tiene:

$$I_s = 1443$$

2.7.3 Cortocircuitos

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

2.7.3.1 Corriente de cortocircuito en el lado de alta tensión

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

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

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

Siendo:

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

U = tensión primaria en KV (13,2 KV).

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

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

$$I_{ccp} = 21.87 \text{ KA (intensidad de cortocircuito en el primario)}$$

2.7.3.2 Corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión

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

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

Siendo:

S = potencia del transformador en KVA (1000 KVA).

U_{cc} = tensión porcentual de cortocircuito del transformador (6 %).

U_s = tensión secundaria en carga en voltios.

I_{ccs} = intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión en KA.

Sustituyendo valores, se tendrá:

$$I_{ccs} = 24,056 \text{ KA}$$

2.7.4 Dimensionado del embarrado

El embarrado de las celdas está constituido por tramos rectos de tubo de cobre recubiertos de aislamiento termorretráctil. Consta de 3 barras de tubo de cobre rectas y aisladas de 375 mm de longitud, diámetro exterior 24 mm y un espesor de 3 mm, lo que equivale a una sección de 198 mm².

Las barras se fijan a las conexiones existentes en la parte superior del cárter de aparato funcional (interruptor-seccionador o seccionador de SF6). La fijación de las barras se realiza con tornillos M8.

La separación entre las sujeciones de una misma fase y correspondientes a dos celdas contiguas es de 750 mm. La separación entre barras (separación entre fases) es de 200 mm.

Se debe asegurar que el límite térmico sea superior al valor eficaz máximo que puede alcanzar la intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Características del embarrado:

- Intensidad nominal = 400A.
- Límite térmico = 24 KA eficaces.
- Límite termodinámico = 60 KA cresta.

2.7.4.1 Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene como objeto verificar que no se supera la máxima densidad de corriente admisible por el elemento conductor cuando por el circule una corriente igual a la corriente nominal máxima.

El juego de barras de las celdas, está formado por 3 barras de tubo de cobre rectas y aisladas de diámetro exterior de 24 mm y un espesor de 3 mm, lo que equivale a una sección de 198 mm².

La densidad de corriente será:

$$\delta = \frac{400}{198} = 2.02 \frac{A}{mm^2}$$

Según normativa DIN se tiene que para una temperatura ambiente de 35°C y del embarrado a 65°C, la intensidad máxima admisible es de 548 A para un diámetro de 20mm y de 818 A para diámetro 32 mm, lo cual corresponde a las densidades máximas de 3.42 A/ mm² y 2.99 A/ mm² respectivamente. Iterando obtiene una densidad máxima admisible de 3.29 A/ mm² para el diámetro de 24 mm, valor superior al calculado (2.02A/mm²) para un calentamiento de 30°C sobre la temperatura ambiente.

2.7.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La comprobación por sollicitación electrodinámica tiene como objetivo verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fases.

Para el cálculo se considera un cortocircuito trifásico de 24 KA eficaces y 60 KA cresta. El esfuerzo mayor se produce sobre el conductor de la fase central, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$F = 13.85 \times 10^{-7} \times f \times \frac{I_{cc}^2}{d} \times L \times \left(\sqrt{1 + \frac{d^2}{L^2}} - \frac{d}{L} \right)$$

Siendo:

F = Fuerza resultante en Newtons.

f = Coeficiente en función de $\cos \varphi$, siendo $f = 1$ para $\cos \varphi = 0$.

I_{cc} = Intensidad máxima de cortocircuito en amperios, 24000.

D = Separación entre fases en milímetros, 200 mm.

L = Longitud de los tramos del embarrado en milímetros, 375 mm.

Se obtiene una fuerza de 897.48 N, que está uniformemente repartida en toda la longitud del embarrado, siendo la carga:

$$q = \frac{F}{9.81 \times L} = \frac{897.48}{9.81 \times 375} = 0.244 \text{ kg/mm}$$

Cada barra equivale a una viga empotrada en ambos extremos, con carga uniformemente repartida.

El momento flector máximo se producirá en los extremos, siendo:

$$M_{\max} = \frac{q \times L^2}{12} = \frac{0.244 \times 375^2}{12} = 2859.38 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

El momento flector en los extremos debe ser soportado por tornillos M8, con un par de apriete de 280 kg.m. El par máximo calculado es inferior al de apriete, por lo que los tornillos están bien dimensionados.

El embarrado tiene un diámetro exterior $D = 24$ mm y un diámetro interior $d = 18$ mm. El módulo resistente de la barra será:

$$W = \frac{\pi}{32} \times \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right) = 927 \text{ mm}^3$$

La fatiga máxima es:

$$r_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = 3.08 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Para la barra de cobre deformada en frío se tiene que $r = 19 \text{ Kg/mm}^2$, superior al calculado.

2.7.4.3 Comprobación por sollicitación térmica.

La comprobación por sollicitación térmica tiene como objeto comprobar que por motivo de la aplicación de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

La sobreintensidad máxima admisible durante un segundo se determina de acuerdo con la CEI 298 de 1981 por la expresión:

$$S = \frac{I}{13} \times \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$$

Siendo:

S = Sección de la barra de cobre en mm^2 , 198 mm^2 .

I = Intensidad eficaz en amperios.

t = Tiempo de duración del cortocircuito en segundos.

$\Delta\theta = 180^\circ\text{C}$ para conductores inicialmente a temperatura ambiente.

Suponiendo que el cortocircuito se produce después del paso permanente de la corriente nominal, se tendría una temperatura aproximadamente de 30°C superior a la temperatura ambiente, por lo que $\Delta\theta = 150^\circ\text{C}$. Para una corriente de 24 KA :

$$t = \Delta\theta \times \left(\frac{S \times \alpha}{I} \right)^2 = 150 \times \left(\frac{198 \times 13}{24000} \right)^2 = 1.72 \text{ s}$$

Por lo tanto, y según este criterio, el embarrado podría soportar una intensidad de 24 KA eficaces durante más de un segundo.

2.7.5 Sección de los conductores del Centro de Transformación

2.7.5.1 Conexión celdas – transformador

La intensidad nominal que ha de soportar el cable es:

$$I = P / \sqrt{3} * V = 1000 / \sqrt{3} * 13,2 = 43,7 \text{ A}$$

Se ha decidido poner cable tripolar de Aluminio de 50 mm^2 de sección, que en condiciones de instalación soporta 165 A , y provoca una caída de tensión despreciable, cumpliendo así con los criterios de calentamiento y de caída de tensión. El aislamiento del conductor será de XLPE (Polietileno Reticulado).

2.7.5.2 Conexión del secundario del transformador al cuadro BT

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

$$I = P / \sqrt{3} * V = 1000 / \sqrt{3} * 0,4 = 1443 \text{ A}$$

Se ha decidido poner 4 conductores por fase, de Cobre de 185 mm² de sección, que soportan más de 1443 A, y provoca una caída de tensión despreciable, cumpliendo así con los criterios de calentamiento y de caída de tensión. El aislamiento del conductor será de XLPE (Polietileno Reticulado).

2.7.6 Alumbrado

2.7.6.1 Alumbrado del Centro de Transformación

Debido a las reducidas dimensiones del CT, se ha decidido colocar una luminaria con dos lámparas fluorescentes de la marca philips, modelo Master TL-D super 80 58 W/840 1SL.

- Área del local: 9,4 m²
- Solución: 2 lámparas MASTER TL-D super 80 58W/840
- Potencia: 116 W

2.7.6.2 Alumbrado de emergencia

- Tipo de local: centro de transformación.
- Área del local: 9,4 m²
- Proporción: 5 lúmenes / m².
- Solución: 1 lámpara de emergencia y señalización marca LEGRAND Ref. B65 61561.
- Potencia de la lámpara 6W.
- Lúmenes proporcionados: 90.
- Potencia: 6 W

2.7.7 Cuadro de baja tensión

Línea	Descripción	P(W)	V(v)	Cosφ	Ia (A)	Factor de corrección	Ic(A)	Fase
T.I.	Iluminación del centro	116	230	1	0,50	1,8	0,90	R-N
T.I.E.	Iluminación de emergencia y señalización	6	230	1	0,03	1,8	0,04	S-N
T.T.	Toma de corriente monofásica	3680	230	1	16	1,00	16	S-N
Total		3802					16,94	

2.7.7.1 Dimensionado de los conductores del cuadro de baja tensión

Línea	Ia (A)	Cosφ	Fc	Ic´(A)	Canalización	S (mm ²)	L (m)
T.I.	0,90	0,95	1	0,94	Tubo en montaje superficial	2×1,5+1,5T	5
T.I.E.	0,04	0,95	1	0,042	Tubo de PVC	2×1,5+1,5T	5
T.T.	16	0,95	1	16,8	Tubo de PVC	2×1,5+1,5T	3
Total	16,94			17,7			

2.7.8 Selección de las protecciones de alta y baja tensión

Los transformadores han de estar protegidos tanto en Alta como en Baja Tensión. En Alta Tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a los transformadores, mientras que en Baja Tensión la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

Alta tensión

La protección en AT del transformador se realiza utilizando un relé de protección asociado al transformador y mediante una celda de interruptor con fusibles, siendo estos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida, ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuito por toda la instalación.

No obstante, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrían que ser evitadas por el relé de protección del transformador.

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger. En nuestro caso tenemos un transformador de 1000 kVA, por tanto la intensidad del fusible en media tensión será de 63 A.

2.7.9 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación

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

El caudal de aire es función de las pérdidas de potencia del transformador y de la diferencia de temperaturas de entrada y salida de aire (15°C como máximo según proyecto tipo UNESA). Considerando que 1m³ de aire por segundo absorbe 1.16 KW por cada grado centígrado, el caudal de aire necesario será:

$$Q = \frac{P_p}{1.16 \times \Delta\theta_{aire}} = \frac{2 + 8.2}{1.16 \times 15} 0.586 m^3/s$$

Siendo:

Q = Caudal de aire en m³/s.

P_p = Pérdida de potencia del transformador a plena carga, pérdidas en el hierro más pérdidas en el cobre en KW.

Δθ_{aire} = Incremento de la temperatura del aire en °C.

La superficie de la rejilla de entrada de aire es función del caudal en m³/s y de la velocidad de salida del aire en m/s.

$$S_{rejilla} = \frac{Q}{V_s}$$

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

La ventilación de salida del aire es función de la distancia vertical en metros entre los centros de las dos rejillas, y del incremento de la temperatura del aire en °C.

$$V_s = 4.6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta\theta_{aire}} = 4.6 \times \frac{\sqrt{2}}{15} = 0.434 \text{ m/s}$$

Por tanto, la superficie mínima de rejilla para entrada de aire será:

$$S_{rejilla} = 1.4 \times \frac{Q}{V_s} = 1.4 \times \frac{0.586}{0.434} = 1.89 \text{ m}^2$$

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

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

Por tanto la superficie mínima de la rejilla de salida es: $S_{salida} = 2.06 \text{ m}^2$.

El edificio dispondrá de 1 rejilla de ventilación para la entrada de aire situada en la parte lateral inferior (detrás del transformador), de dimensiones 1300/1200 mm y superficie total de 1.95 m^2 , que es ligeramente superior a la necesaria. Para la salida de aire se dispone de una rejilla en la parte superior lateral, 2 m por encima de la anterior de dimensiones 1300/1000 mm, con superficie de 1.3 m^2 , y otra en la parte frontal superior, de dimensiones 1000x1000 mm, con una superficie de 1 m^2 . Consiguiendo así una superficie total de rejilla para salida de aire de 2.30 m^2 . Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura., siendo la distancia media verticalmente de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m, tal como ya se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior.

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

2.7.10 Dimensionado de del pozo apagafuegos

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de aceite refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciado total. Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado será de 760 litros, no habrá ninguna delimitación en ese sentido ya que entrará toda la totalidad del aceite, 565 litros, que está incorporado en el transformador.

2.7.11 Cálculo de la instalación de puesta a tierra

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

Datos de partida:

- Según la investigación previa del terreno donde se instalará este centro de transformación, se determina una resistividad media superficial de $400 \Omega\text{m}$.
- Tensión de red = 13,2 KV.
- Nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación = 24 KV.
- Intensidad de defecto máxima permitida de acuerdo con las normas dadas por las E.S.E.: $I_d = 400 \text{ A}$.

Características del centro de transformación:

- La caseta tiene 4460 mm de largo, 2380 mm de ancho y 3045 mm de alto.
- Resistividad de terreno: $\rho = 400 \Omega\text{m}$.
- Resistividad del hormigón: $\rho_H = 3000 \Omega\text{m}$.

El neutro de la red de distribución en media tensión está conectado rígidamente a tierra. Por ello, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del centro, así como de las características de la red de media tensión.

La intensidad máxima de defecto a tierra es 400 amperios y el tiempo de eliminación del defecto es inferior a 0,45 segundos (gráfica de duración de defecto), según datos proporcionados por la compañía suministradora (Iberdrola). Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la compañía son:

$$K = 0,72$$

$$n = 1$$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de las masas del centro de transformación estará limitado por el nivel de aislamiento de los elementos de baja tensión del centro de transformación, y será:

$$R_t = \frac{U_{BT}}{I_d} = \frac{10000}{400} = 25 \Omega$$

Siendo:

R_t = resistencia máxima de la puesta a tierra de las masas del CT.
 U_{BT} = Nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación en voltios.

I_d = Corriente de defecto máxima de acuerdo con las normas de Iberdrola en amperios.

El valor de K_r será menor que el que da el valor de la resistencia máxima de puesta a tierra.

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} = \frac{25}{400} = 0.0625 \Omega / \Omega \cdot m$$

2.7.11.1 Metodo empleado en la instalación de puesta a tierra.

A) TIERRA DE PROTECCIÓN

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

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

Para la tierra de protección se ha adoptado la configuración 50-30/8/82 cuyos datos son los siguientes:

$$K_r = 0,062 \Omega / \Omega \cdot m < 0,075 \Omega / \Omega \cdot m$$

$$K_p = 0,0096 \text{ V} / \Omega \cdot m \cdot A$$

$$K_c = 0,0232 \text{ V} / \Omega \cdot m \cdot A$$

Siendo:

K_r = resistencia.

K_p = tensión de paso.

K_c = tensión de contacto exterior.

Descripción:

Estará constituida por 8 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm^2 de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 metros, estas 8 picas formarán un rectángulo de dimensiones 5 x 3 m.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/ 1kV protegido contra daños mecánicos.

B) TIERRA DE SERVICIO

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

Para la tierra de servicio se ha adoptado la configuración 8/82 cuyos datos son los siguientes:

$$K_r = 0,0556 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m}$$
$$K_p = 0,00255 \frac{V}{\Omega \cdot m \cdot A}$$

- Descripción:

Estará constituida por 8 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm, y una longitud de 2 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 metros y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3 metros. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 21 metros, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/ 1 kV protegido contra daños mecánicos.

Existirá una separación mínima entre las picas de 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.

2.7.11.2 Calculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra

A) TIERRA DE PROTECCIÓN

La compañía suministradora proporciona los datos de la puesta a tierra del neutro, cuyos valores son los siguientes: $R_n = 0 \Omega$; $X_n = 25 \Omega$.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del centro (R_t), y tensión de defecto correspondiente (U_d), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t' :

$$R_t' = K_r \times \rho = 0.062 \times 400 = 24.8 \Omega$$

- Intensidad de defecto (I_d'):

$$I_d' = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_r')^2 + X_n^2}} = \frac{13200}{\sqrt{3} \times \sqrt{(0 + 24.8)^2 + 25^2}} = 216.42 A$$

- Tensión de defecto, U_d' :

$$U_d' = I_d' \times R_t = 216.42 \times 24.8 = 5367.22 V$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del centro de transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (U_d'), por lo que deberá ser como mínimo de 6000 Voltios.

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, y por consiguiente no afecten a la red de baja tensión.

Se comprobará asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

B) TIERRA DE SERVICIO.

$$R_t = K_r \times \rho = 0,0556 \times 400 = 22.24 \Omega$$

Inferior a 25 Ω

2.7.11.3 Calculo de las tensiones en el exterior de la instalación

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

- Tensión de paso en el exterior, U_p' :

$$Up' = kp \cdot Id' \cdot \rho = 0.0096 \times 216.42 \times 400 = 831.05 \text{ V}$$

2.7.11.4 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

El piso del centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a $0,30 \times 0,30$ m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del centro. Con esta disposición se consigue proteger a la persona que deba acceder a una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.

El prefabricado de hormigón de ORMAZABAL está construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$Up (\text{contacto}) = Up' (\text{acc}) = kc \cdot Id' \cdot \rho = 0,0232 \cdot 216.42 \cdot 400 = 2008.38V$$

2.7.11.5 Cálculo de las tensiones aplicadas

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al centro, se emplearán las siguientes expresiones:

$$Up (\text{paso}) = 10 \cdot \frac{k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right)$$

$$Up (\text{contacto}) = 10 \cdot \frac{k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho h}{1000} \right)$$

Siendo:

Up = tensiones de paso en voltios.

$k = 72$.

$n = 1$.
 $t =$ duración de la falta en segundos (0,45 s.).
 $\rho =$ resistividad del terreno.
 $\rho_H =$ resistividad del hormigón ($3000 \Omega \cdot m$).

Obteniendo los siguientes resultados:

$$U_p (\text{paso}) = 5440 \text{ V.}$$

$$U_p (\text{contacto}) = 17920 \text{ V.}$$

Así pues, se comprobará que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- En el exterior:

$$U_p' = 831.05 \text{ V} < U_p (\text{paso}) = 5440 \text{ V.}$$

- En el acceso al centro de transformación:

$$U_p'(\text{acc}) = 2008.38 \text{ V} < U_p (\text{contacto}) = 17920 \text{ V.}$$

Ahora se comprobará los valores de defecto:

$$U_d' = 5367.22 \text{ V} < UBT = 24000 \text{ V}$$

2.7.11.6 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 superior a 1000 V cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima ($D_{\text{mín}}$), entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{\text{mín}} = \frac{\rho \cdot I_d'}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = \frac{400 \times 216.42}{2 \times \pi \times 1000} = 13.78m$$

2.7.11.7 Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirán estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del centro, o cualquier otro medio permitido en el reglamento, que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

Pamplona, Abril de 2011

José Javier de Antonio Goñi



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 3: PLANOS

Alumno: José Javier de Antonio Goñi

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Abril de 2011

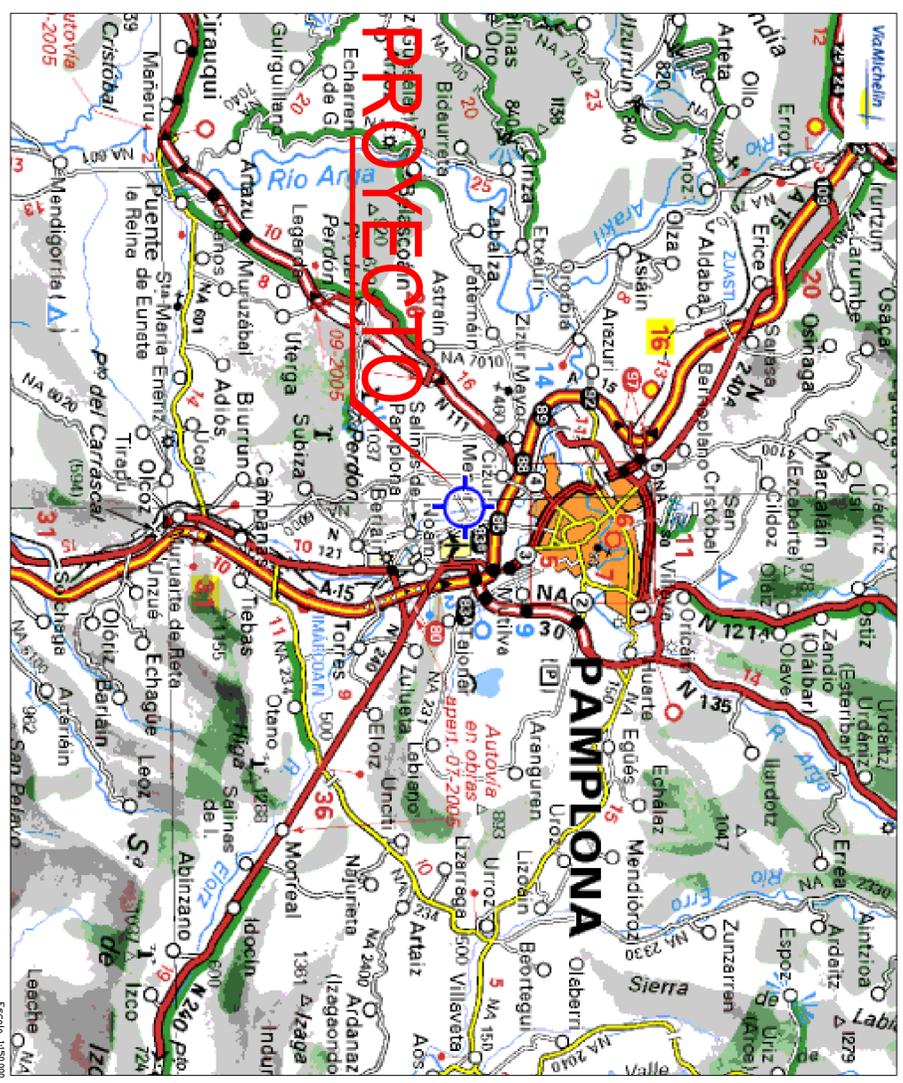
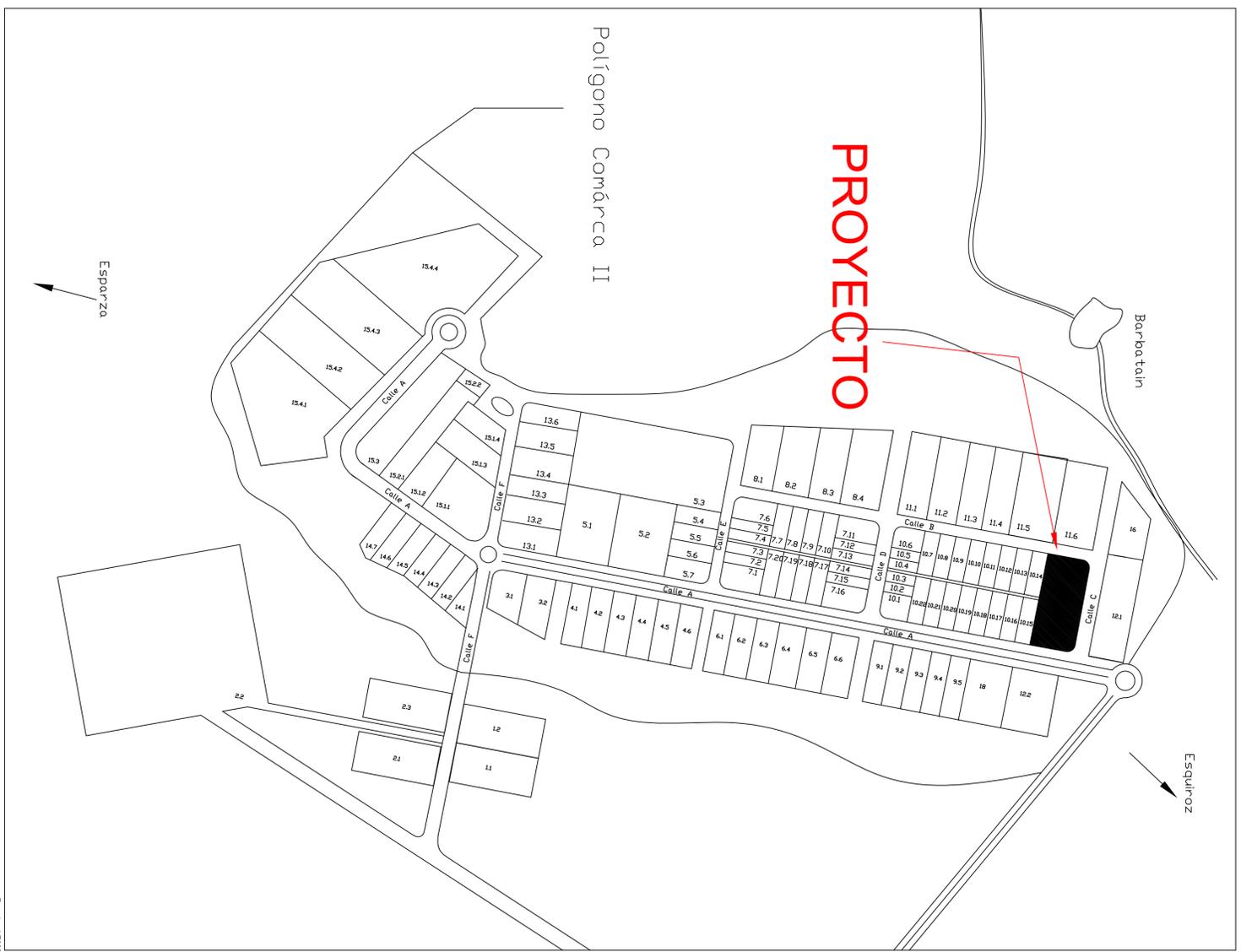


PLANOS

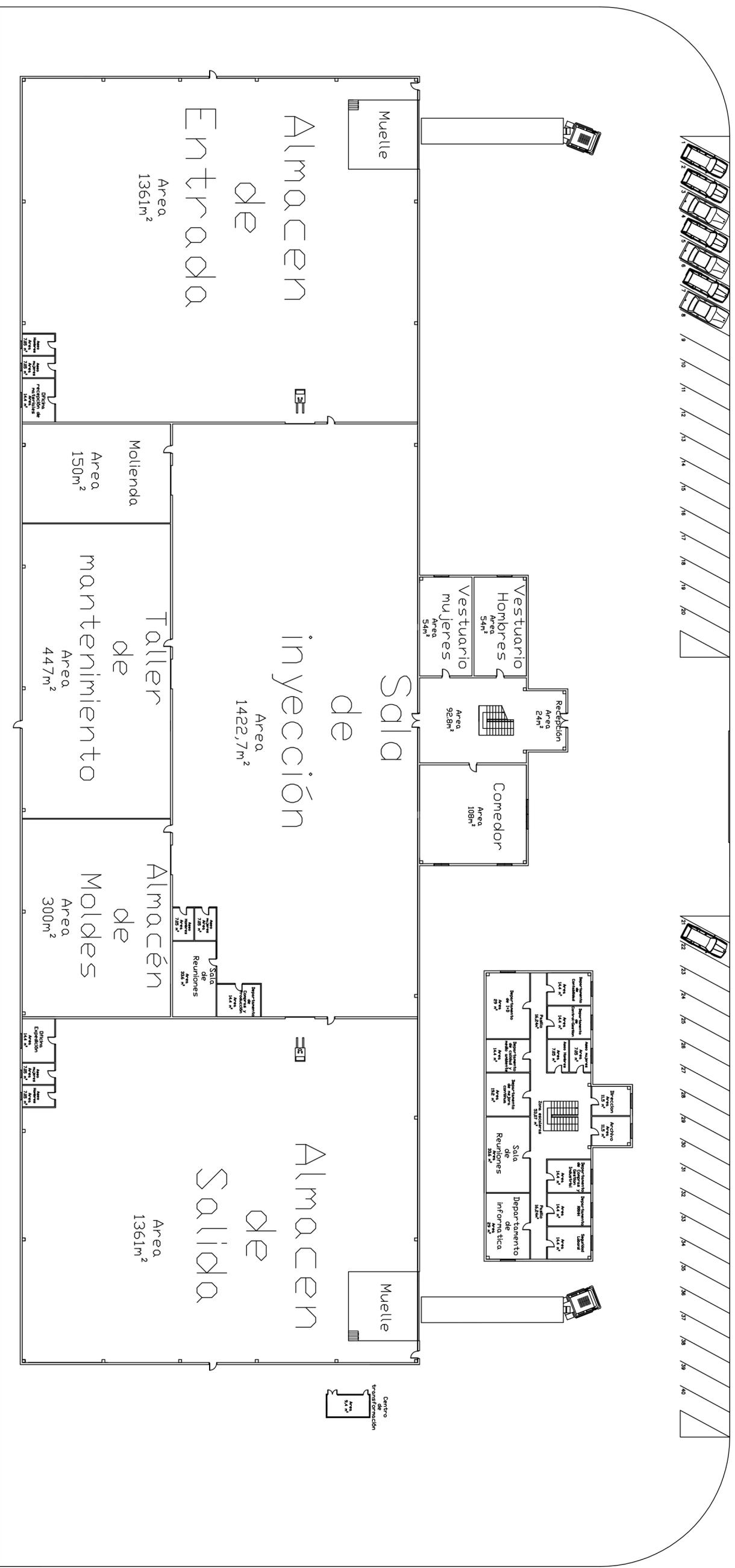


ÍNDICE

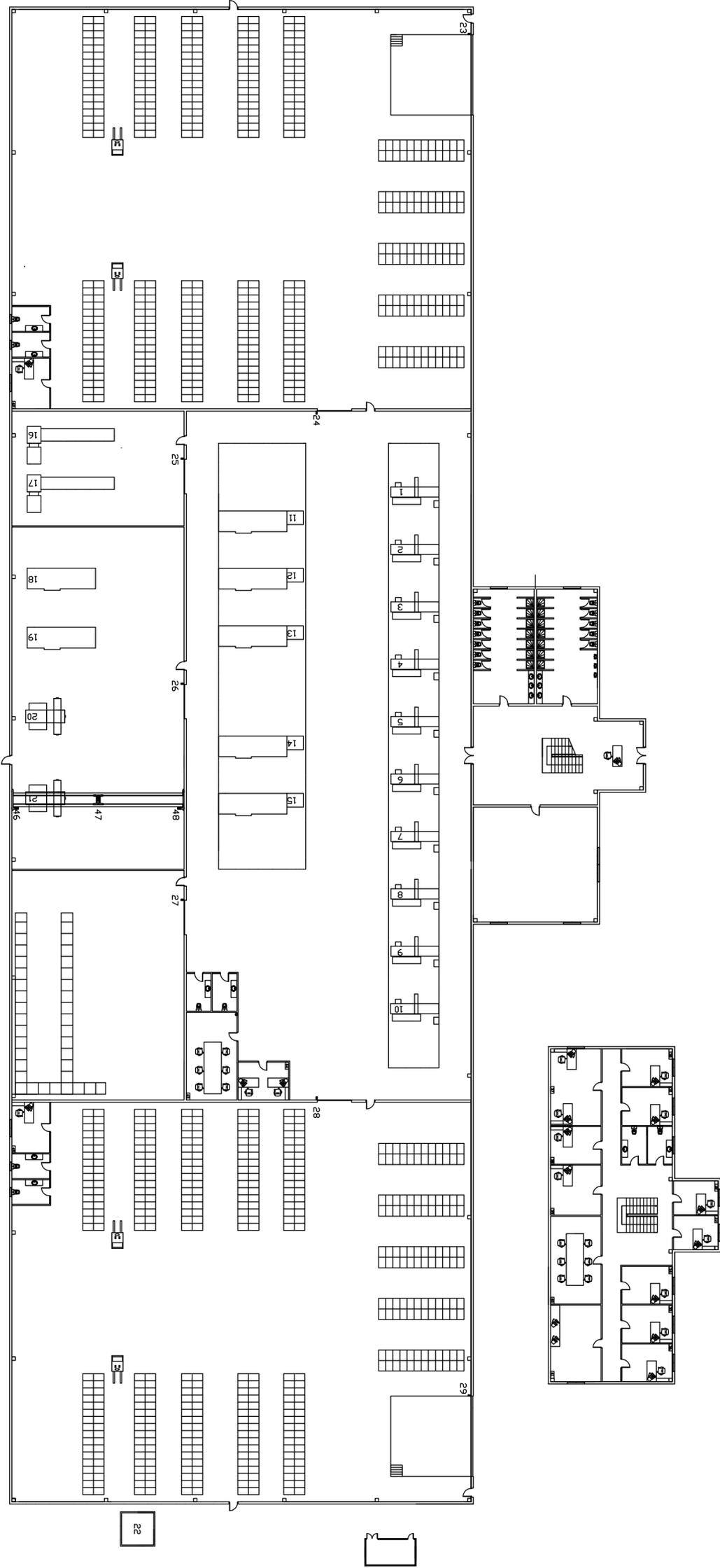
Situación y emplazamiento.....	1
Superficies de la nave	2
Situación de la maquinaria	3
Situación de los cuadros	4
Interruptores y tomas de corriente	5
Iluminación exterior e interior	6
Alumbrado de emergencia.....	7
Tierra de la nave	8
Centro de transformación	9
Tierra del centro.....	10
Unifilar del Centro de transformación.....	11
C.G.D.....	12
C.Almacén de Salida	13
C.Of.Almacen de salida.....	14
C.Molienda	15
C.Taller.....	16
C.Almacén de Moldes	17
C.Oficina Inyección.....	18
C.Inyección.....	19
C.Almacén de Entrada.....	20
C.Of.Almacén de Entrada.....	21
C.Planta Baja	22
C.Primer Planta.....	23



 Universidad Pública de Navarra Ingeniero Técnico Industrial E.	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVES INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: DE ANTONIO GOÑI JOSE J.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PLANID: SITUACION Y EMPPLAZAMIENTO	FIRMA: 	ESCALA: 1/5000 Nº PLANO: 1
FECHA: ABRIL 2011	ESCALA: 1/5000 Nº PLANO: 1	ESCALA: 1/5000 Nº PLANO: 1



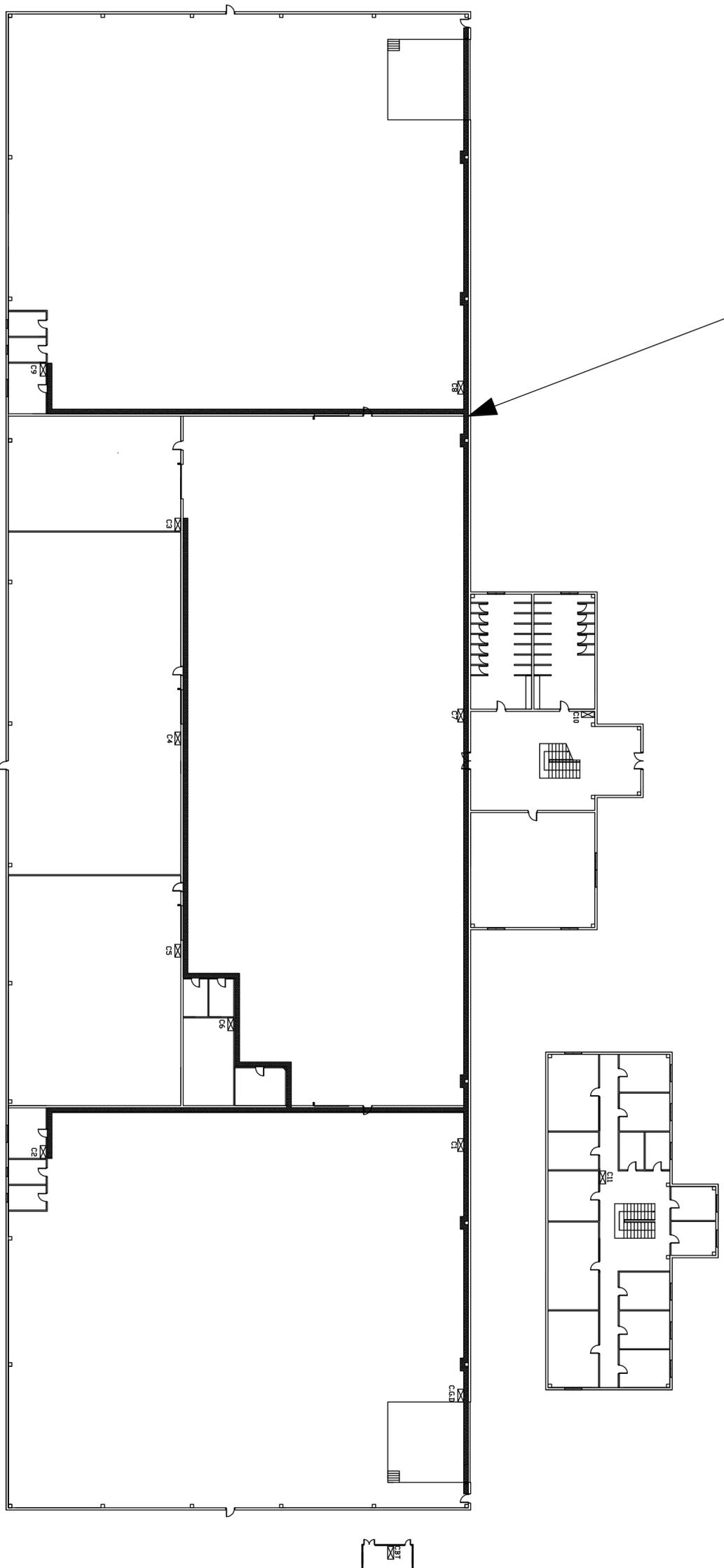
 <p>de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p>E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</p>	DEPARTAMENTO:	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
		REALIZADO:	DE ANTONIO GOÑI JOSE J.
<p>PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</p>		FECHA:	ABRIL 2011
<p>PLANO: SUPERFICIES DE LA NAVE</p>		ESCALA:	1/300
		FIRMA:	Nº PLANO 2



LEYENDA

- 1,15 MAQUINA INVECCION.
- 16,17 MOLINO.
- 18,19 MOLIENDA.
- 20,21 FRESADORAS.
- 22 COMPRESOR.
- 23,24,25,26,27,28,29 MOTORES PUERTAS
- 30,45 AIRE ACONDICIONADO
- 46,47,48 PUENTE GRUA

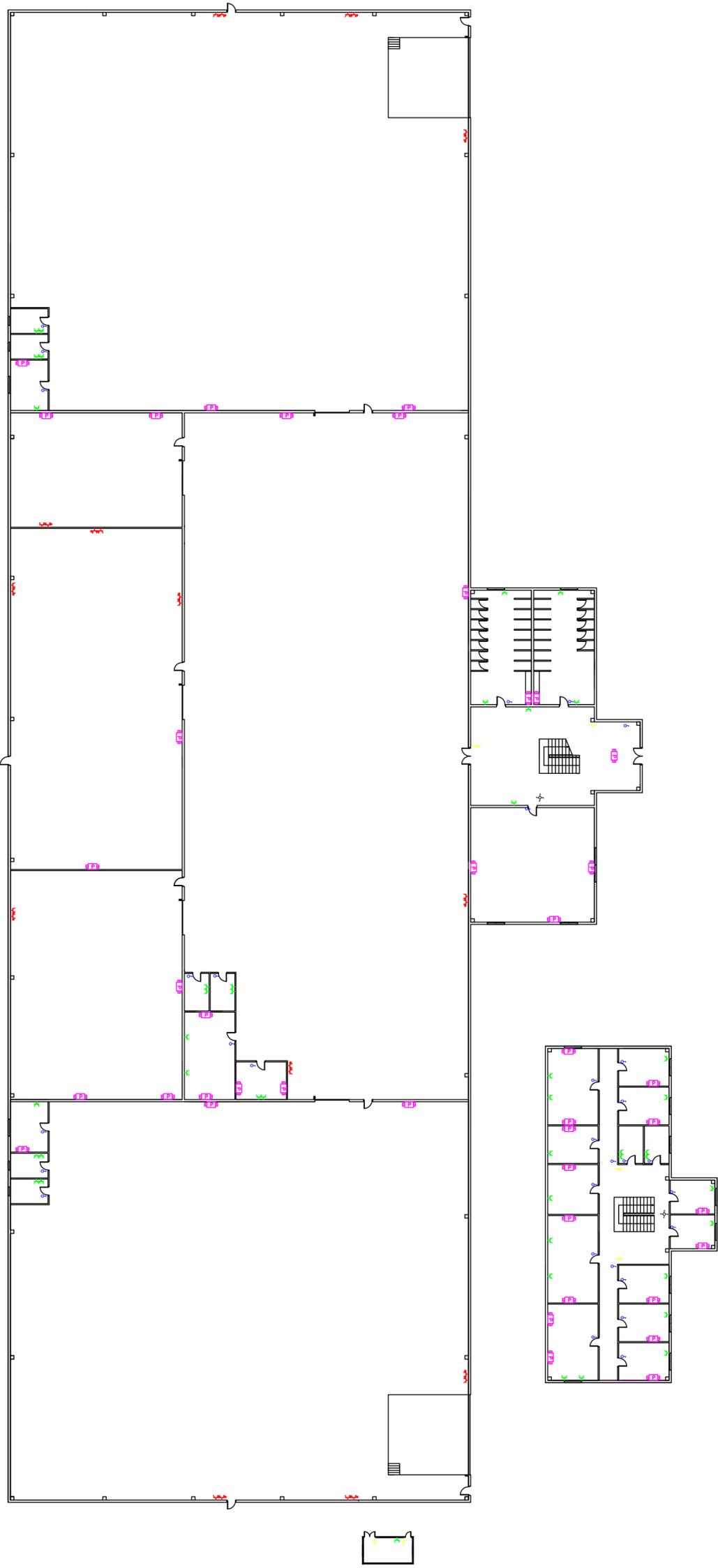
 de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: DE ANTONIO GOÑI JOSE J.
PLANO: SITUACION DE MAQUINARIA	FECHA: ABRIL 2011	ESCALA: 1/300
	FIRMA: 	Nº PLANO: 3



LEYENDA

CB1	Cuadro de baja Tensión
GD	Cuadro General de Distribución
C1	Cuadro Alimentación de Salud
C2	Cuadro Oficina Alimentación de Salud
C3	Cuadro Molinero
C4	Cuadro de Taller
C5	Cuadro Alimentación de Molinos
C6	Cuadro Oficina Inyección
C7	Cuadro Inyección
C8	Cuadro Alimentación de Entrada
C9	Cuadro Oficina Alimentación de Entrada
C10	Cuadro Planta Baja
C11	Cuadro Planta Puntos
	Bandeja

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO:	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
		PROYECTO:	REALIZADO:
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		FIRMA:	DE ANTONIO GOÑI JOSE J.
PLANO:	SITUACIÓN CUADROS Y CANALIZACIÓN EN BANDEJA	FECHA:	ABRIL 2011
		ESCALA:	1/300
		Nº PLANO:	4



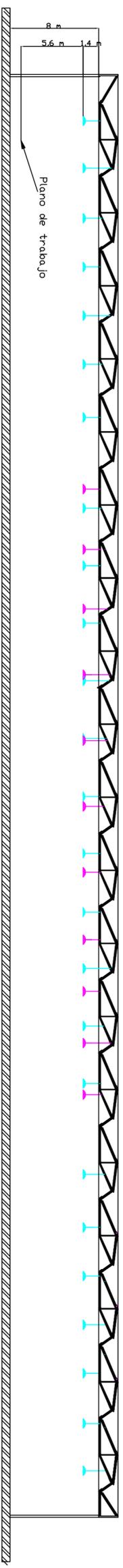
LEYENDA

	Compu
	Interruptor

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	ET.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: DE ANTONIO GOÑI JOSE J.

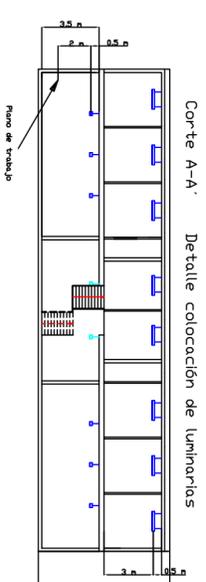
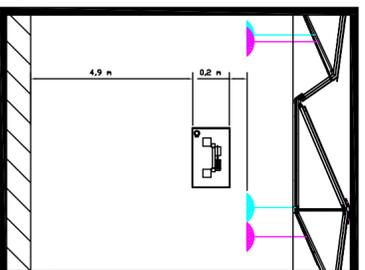
PLANO: INTERRUPTORES Y TOMAS DE CORRIENTE	FECHA: ABRIL 2011	ESCALA: 1/300	Nº PLANO: 5
---	----------------------	-------------------------	-----------------------

Colocación de aparatos de alumbrado- Sección longitudinal



Plano de trabajo

Detalle Puente Grúa-Luminarias
Escala 1/100



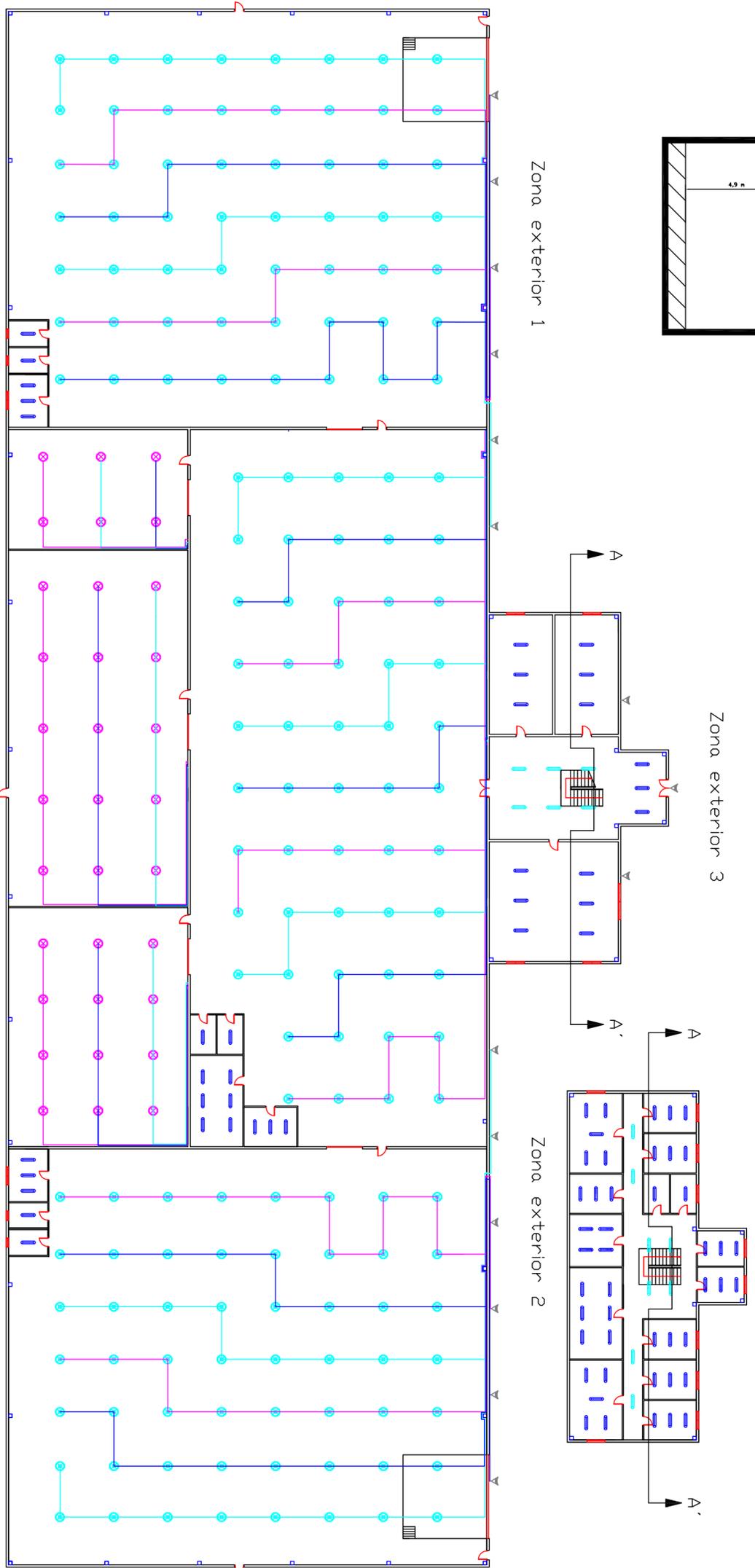
Corte A-A' Detalle colocación de luminarias

Plano de trabajo

Zona exterior 1

Zona exterior 3

Zona exterior 2



SIMBOLOGIA ELECTRICA

Simbolo	Denominación
	Alimentación trifásica 3x230/400 V 50 Hz
	Alimentación bifásica 2x230/400 V 50 Hz
	Alimentación monofásica 230/230 V 50 Hz
	Dispositivo de alumbrado (Luminaria)
	Cable eléctrico
	Canal eléctrico
	Caja de derivación eléctrica
	Interruptor eléctrico
	Tomacorriente eléctrico
	Conexión a tierra



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

REALIZADO:
DE ANTONIO GOÑI JOSE J.

FIRMA:

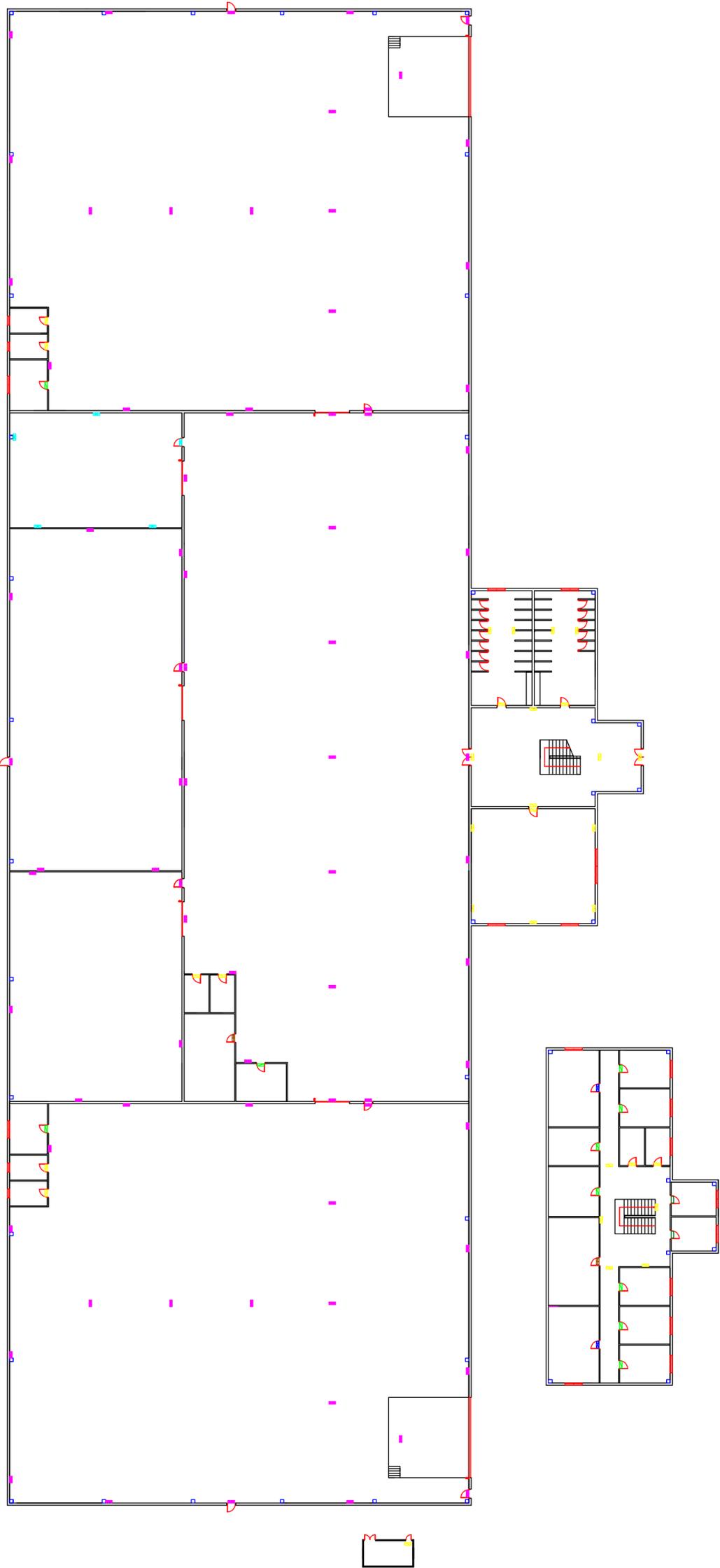
PLANO:

ILUMINACION INTERIOR Y EXTERIOR

FECHA:
ABRIL 2011

ESCALA:
1/300

Nº PLANO:
6



SIMBOLÓGIA ELECTRICA

Simbolo	Denominación
	Emergencia Legrand C3 61508
	Emergencia Legrand 365 61561
	Emergencia Legrand C3 61510
	Emergencia Legrand C3 61512
	Emergencia Legrand 365 61586
	Emergencia Legrand 365 61553
	Emergencia Legrand C3 61514

Nota:
 Las luminarias se instalarán a una altura de 2,5 m en la zona de oficinas, comedor, vestuarios y centro de transformación, y de 5,5 metros en la zona de taller, inyección, almacenes y rolería



Universidad Pública
 de Navarra
 Nafarroako
 Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
 INGENIERO TECNICO
 INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:
 DEPARTAMENTO DE
 PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE
 INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

REALIZADO:
DE ANTONIO GOÑI JOSE J.

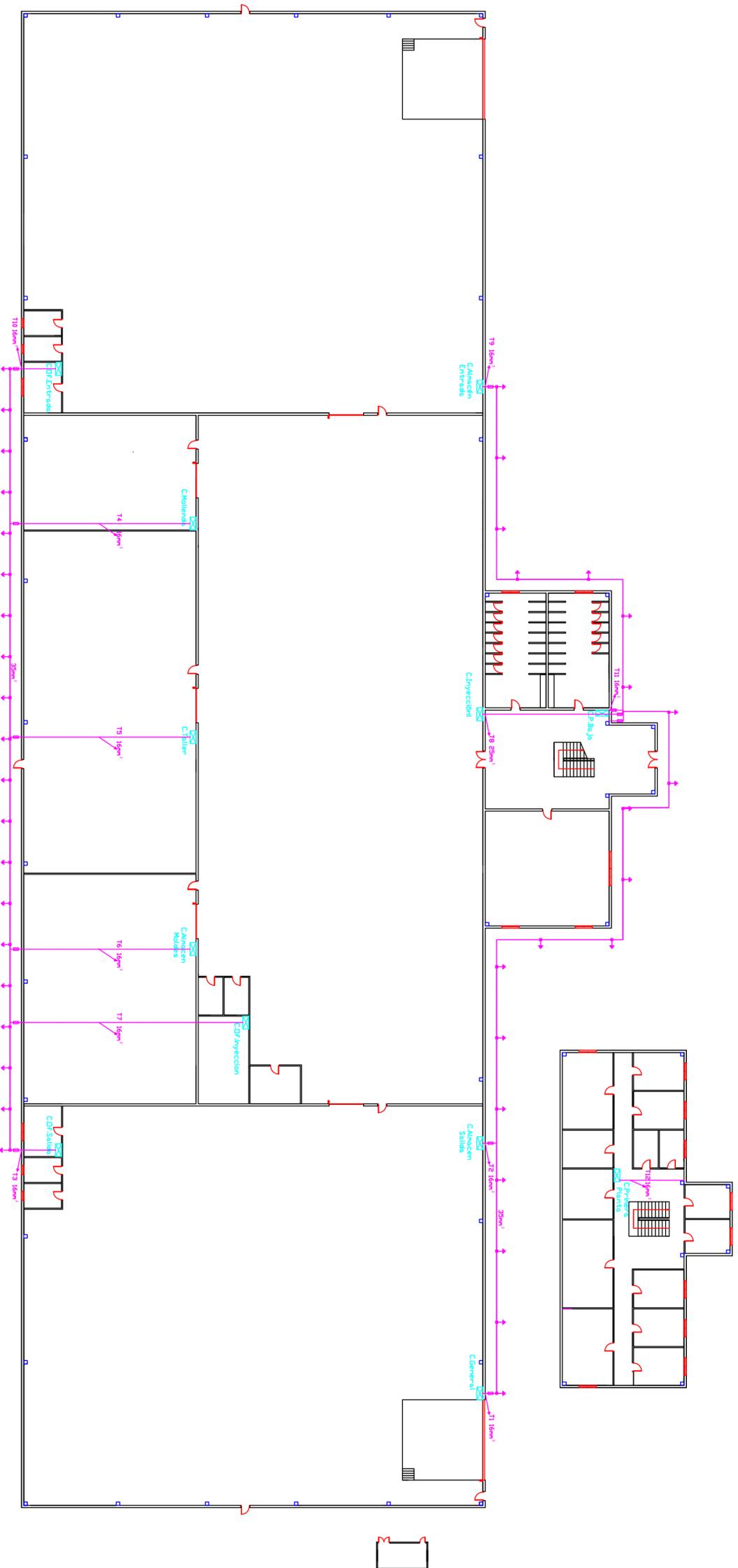
PLANO:

ALUMBRADO DE EMERGENCIA

FECHA:
 ABRIL 2011

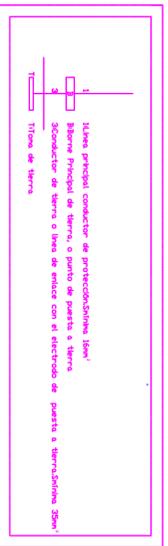
ESCALA:
 1/300

Nº PLANO:
 7



LEYENDA

■	Cable de anclaje y acondicionamiento de puntos a tierra
□	Acuerdo de anclaje
↑	Pico de cobre de 2 x de longitud y 20 mm de anchura



NOTA:
 La tierra estará enterrada a 0,8 metros de profundidad, se unirá a los cables a través de un tubo de conexión y se unirá al punto de tierra.
 Se aconseja la utilización de cables de cobre en cada caso para verificar el correcto estado de los mismos y de una vez en cada caso para verificar el correcto estado de la línea de enlace.
 La línea de enlace se enterrará a 0,8 metros.

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO:	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	
REALIZADO:	DE ANTONIO GOÑI JOSE J.	
FIRMA:		
FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
ABRIL 2011	1/300	8
PLANO:	TIERRA DE LA NAVE	

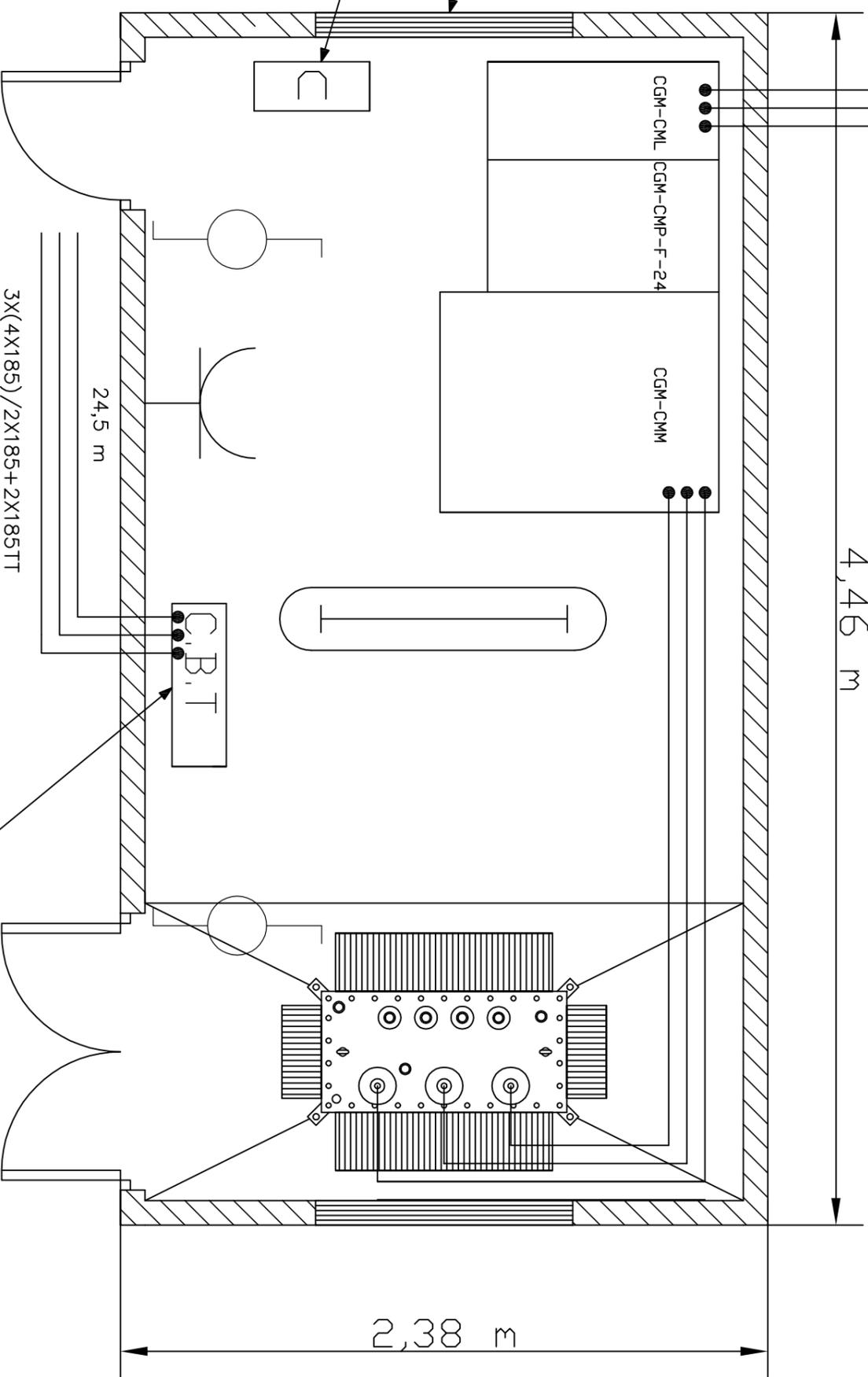
Linea de Media tensión
13,2KV;
IBERDROLA

Entrada al Centro de
Transformación subteranea

4,46 m

Rejilla de ventilación
(chapa de acero galvanizado)

Cuadro de Contadores



Leyenda

	CGM-CML: Celda de línea; Vn=24kV; In=400A
	CGM-CMP-F-24: Celda de protección con fusible; Vn=24kV; In=400A
	CGM-CMM: Celda de medida; Vn=24kV; In=400A
	TRAFD: Transformador de distribución; 13200/420V
	CUADRO BAJA TENSION: Armario metálico de 11 módulos, de dimensiones: 650x600x230mm; IP55;
	MASTER TL-D SUPER 80 58W/840 SLV
	PHILIPS PACIFIC TCW 596-D58 WLC
	Interruptor Comutador
	Toma Monofásica



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:

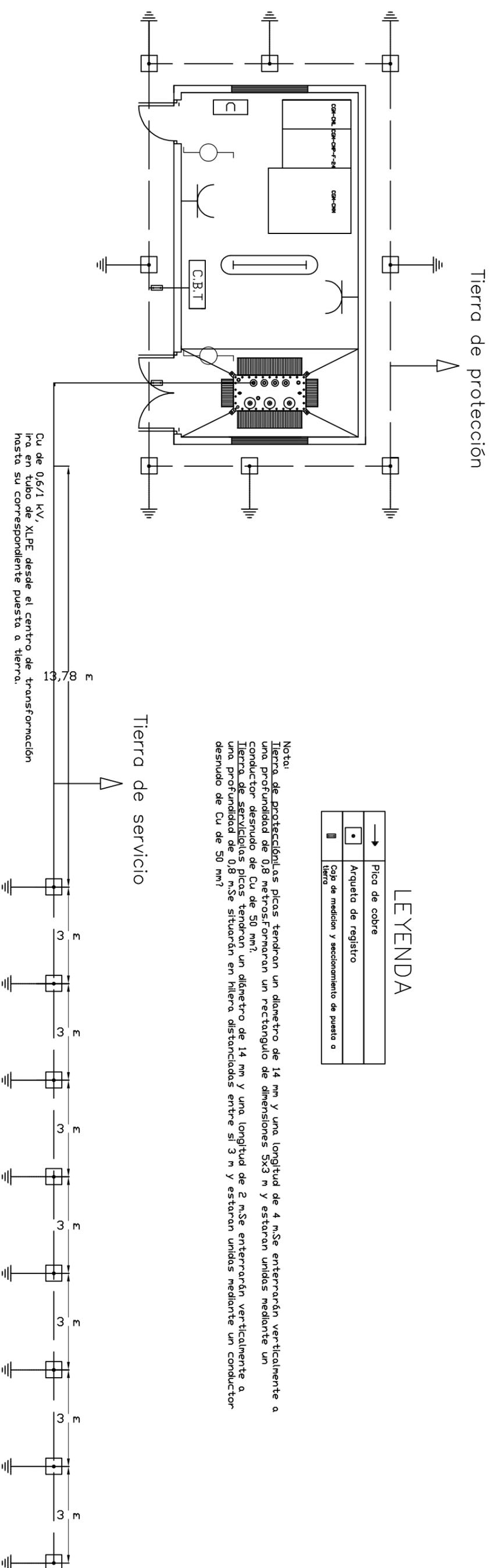
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

REALIZADO:
DE ANTONIO GOÑI JOSE J.

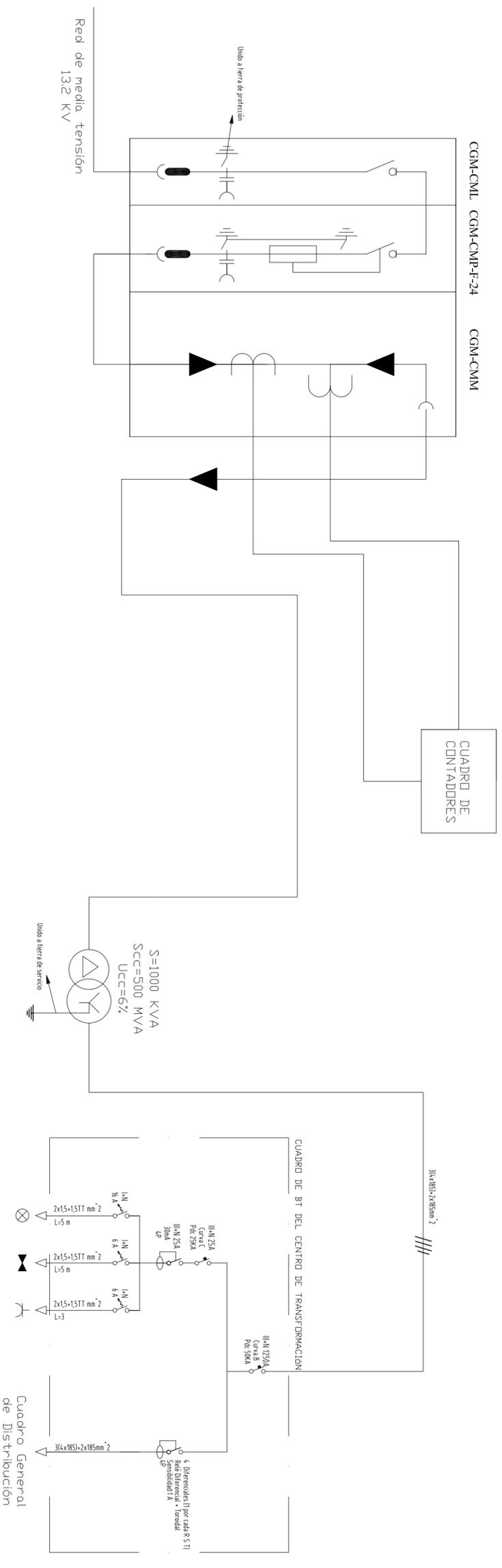
PLANO:

CENTRO DE TRANSFORMACION

FECHA: ABRIL 2011
ESCALA: 1/20
Nº PLANO: 9



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		REALIZADO: DE ANTONIO GOÑI JOSE J.
PLANO: PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACION		FIRMA: FECHA: ABRIL 2011
		ESCALA: 1/50
		Nº PLANO: 10



	CGM-CML Caida de linea		Transformador 1000 KVA 13200/400 V
	CGM-CMP-F-24 Caida de proteccion con fusible		Interruptor magnetotermico
	Seccionador de puesta a tierra In=50 A		Interruptor diferencial
	Interruptor seccionador. In=50 A		Interruptor automatico
	Indicador de presencia de tension		Interruptor automatico
	Interruptor automatico de corte con fusible. Fusibles 300 A		Iluminacion
	Transformadores de tension tipojores de relacion 13200-23000/110 Aislamiento 24 KV		Alumbrado de emergencia
	Transformadores de intensidad de relacion 30-60/3 A Aislamiento 24 KV		Tomas de corriente

Universidad Pública de Navarra
 Nafarroako Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
 INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

REALIZADO:

DE ANTONIO GOÑI JOSE J.

FIRMA:

PLANO:

CUADRO UNIFILAR DEL C.T

FECHA:

ABRIL 2011

ESCALA:

S/E

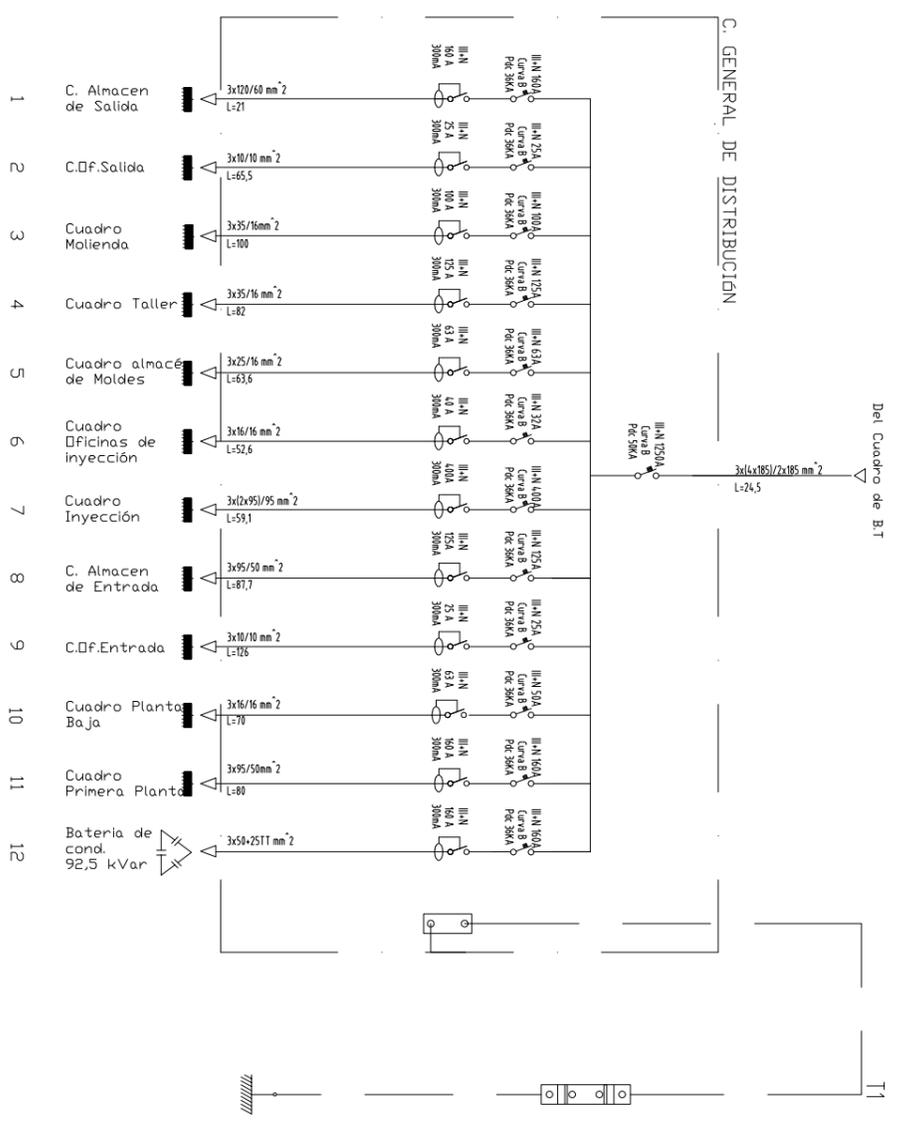
Nº PLANO:

11

SIMBOLÓGIA ELECTRICA

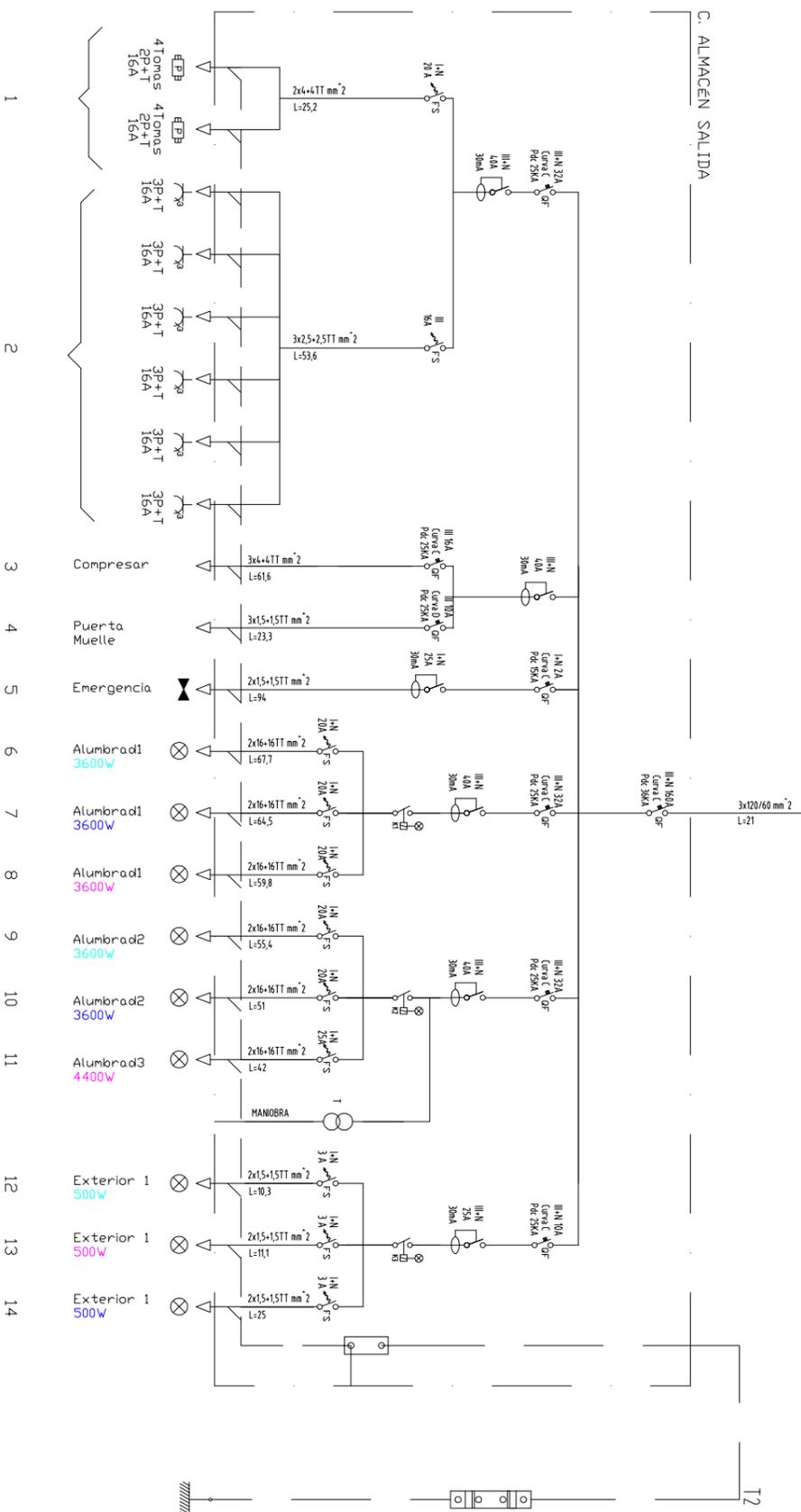
Denominación

	Cuadro auxiliar
	Interruptor automático QF
	Interruptor diferencial
	Tiempo



	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		REALIZADO: DE ANTONIO GOÑI JOSE J.
PLANO: CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCION		FIRMA:	FECHA:
		ESCALA:	Nº PLANO:
		ABRIL 2011	12

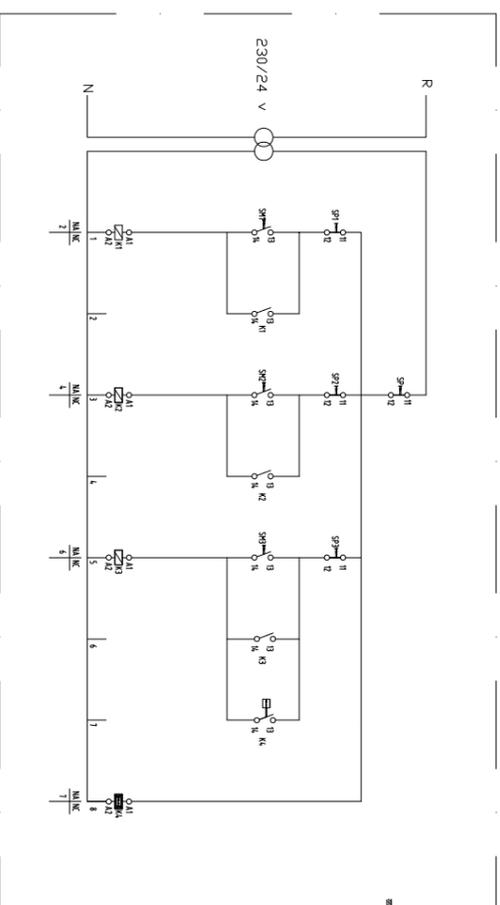
De Cuadro General de Distribución



SIMBOLÓGIA ELECTRICA

Símbolo	Denominación
	Transformador
	Contactor
	Interruptor automático QF
	Interruptor diferencial
	Relé Magnético FS
	Aluminado
	Emergencia
	4 Tomas 2P+T
	Base enchufe 16A 3P+T
	Tierra
	Pulsador de marcha
	Pulsador de parada

ESQUEMA DE MANDO ALUMBRADO ALMACEN DE SALIDA



Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.

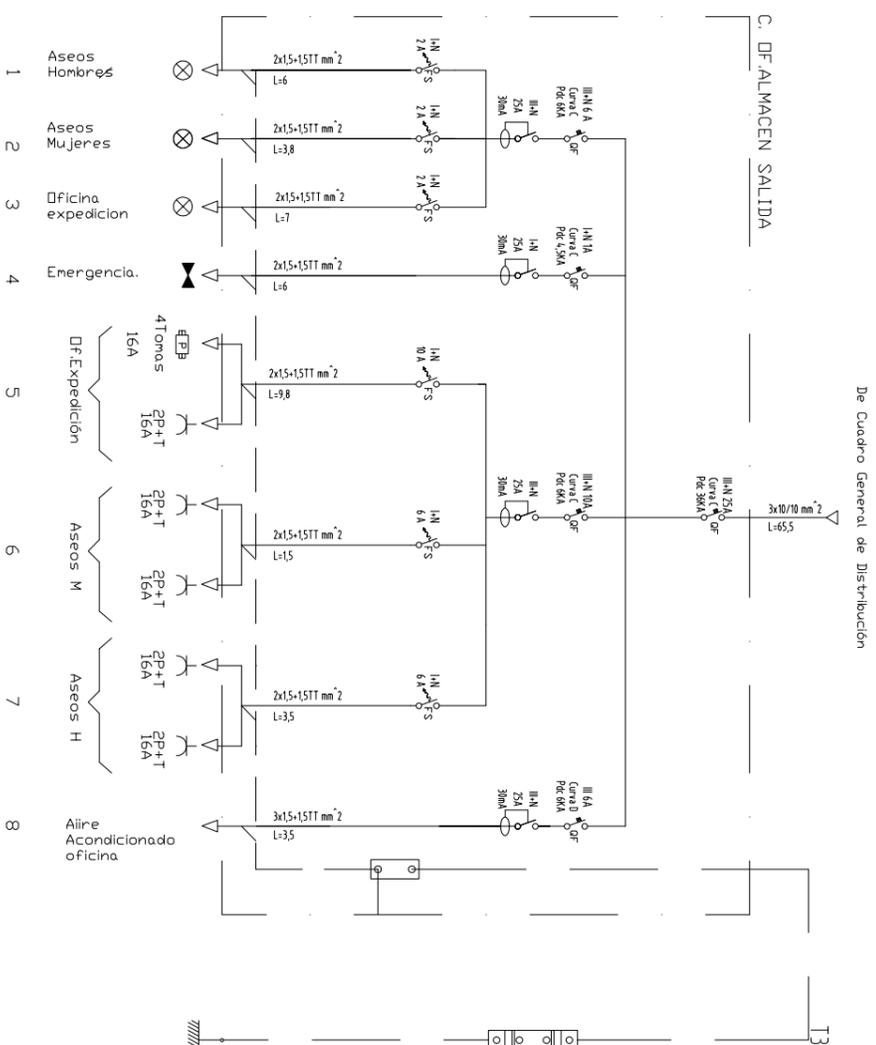
DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO: **INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

REALIZADO: **DE ANTONIO GOÑI JOSE J.**

PLANO: **CUADRO AUXILIAR ALMACEN DE SALIDA**

FECHA: ABRIL 2011
ESCALA: S/E
Nº PLANO: 13



SIMBOLÓGIA ELECTRICA
Simbolo Denominación

	Interruptor automático QF
	Interruptor diferencial
	Magneto térmico FS
	Alumbrado
	Emergencia
	4 Tomas 2P+T
	Base enchufe 16A 2P+T
	Tierra



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

REALIZADO:

DE ANTONIO GOÑI JOSE J.

FIRMA:

PLANO:

CUADRO AUXILIAR OF. ALMACEN DE SALIDA

FECHA:

ABRIL 2011

ESCALA:

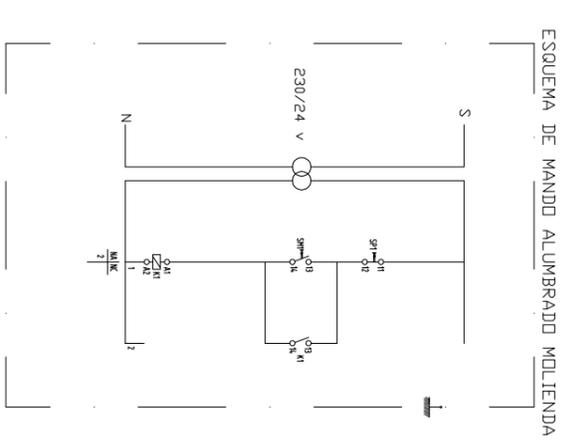
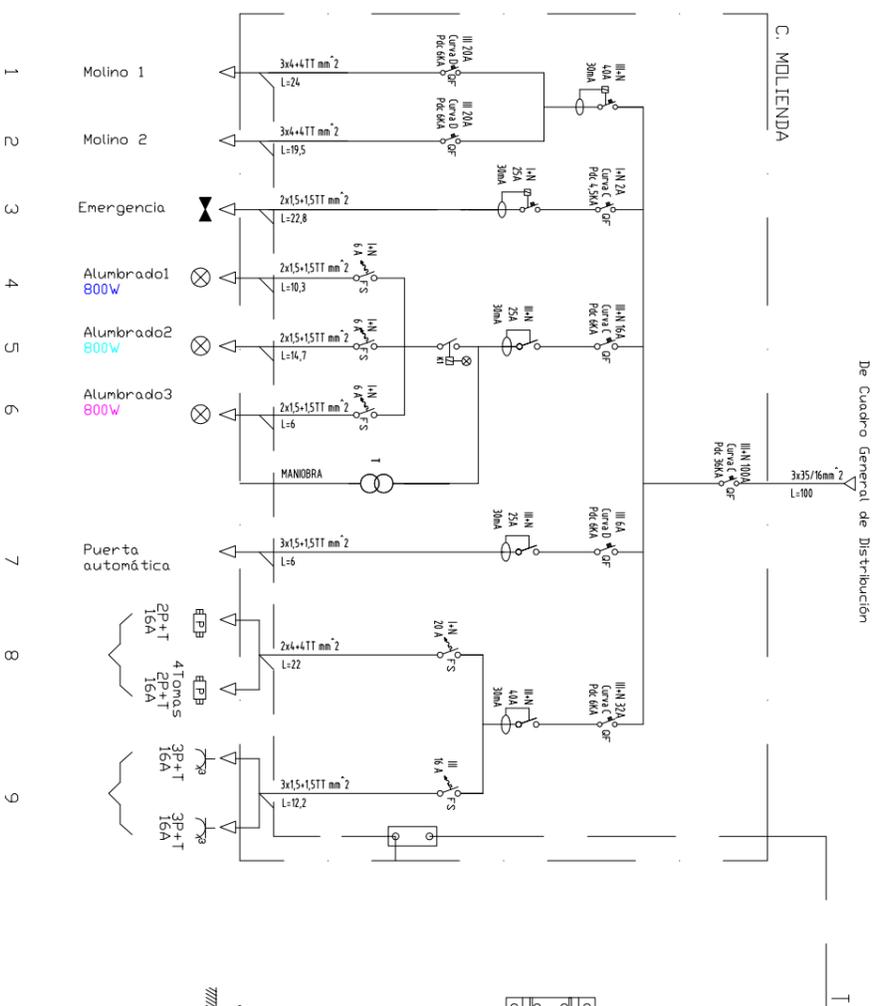
S/E

Nº PLANO:

14

Simbolo	Denominación
	Transformador
	Contactor
	Interruptor automático QF
	Interruptor diferencial
	Magnetotérmico FS
	Alumbrado
	Emergencia
	4 Tomas 2P+T
	Base enchufe 16A 3P+T
	Tierra
	Pulsador de marcha
	Pulsador de parada

SIMBOLGIA ELECTRICA




Universidad Pública de Navarra
 Nafarroako Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL

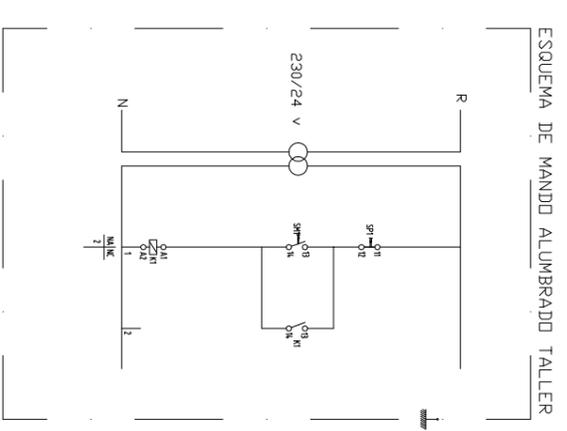
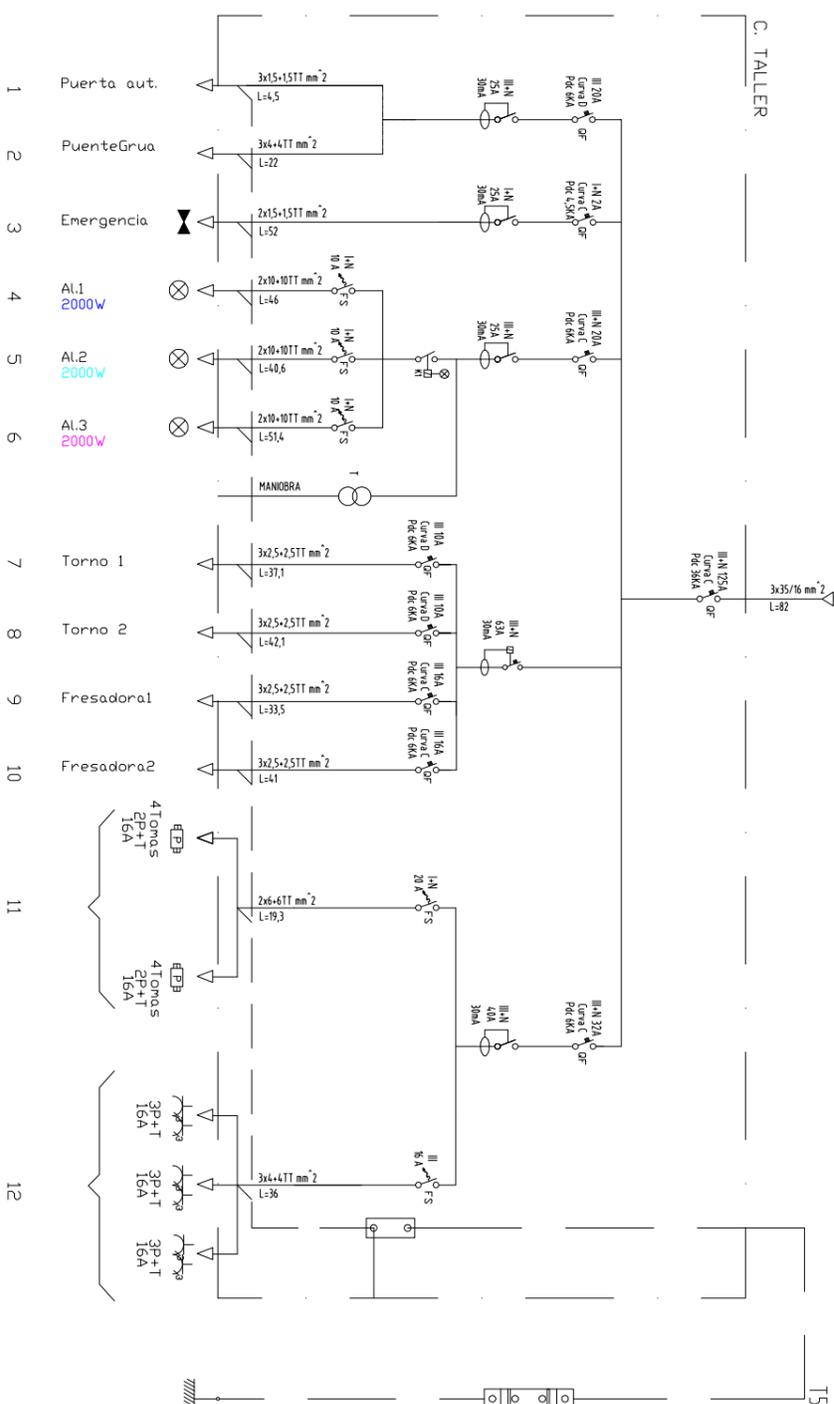
PROYECTO:
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

REALIZADO:
DE ANTONIO GOÑI JOSE J.

PLANO:
CUADRO AUXILIAR .MOIENDA

FIRMA:
 FECHA: **ABRIL 2011**
 ESCALA: **S/E**
 Nº PLANO: **15**

De Cuadro General de Distribución



SIMBOLOGIA ELECTRICA
 Símbolo Denominación

	Transformador
	Contactor
	Interruptor automático GF
	Interruptor diferencial
	Fusible Magnético
	Magnetoeléctrico FS
	Alumbrado
	Emergencia
	4 Tomas 2P+T
	Base enclosure 16A 3P+T
	Tierra
	Pulsador de marcha
	Pulsador parada

Universidad Pública de Navarra
 Nafarroako Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
 INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.

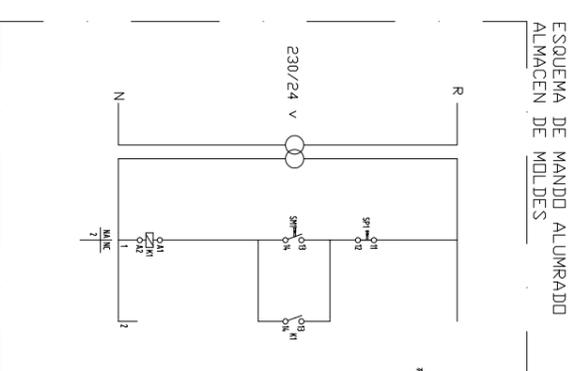
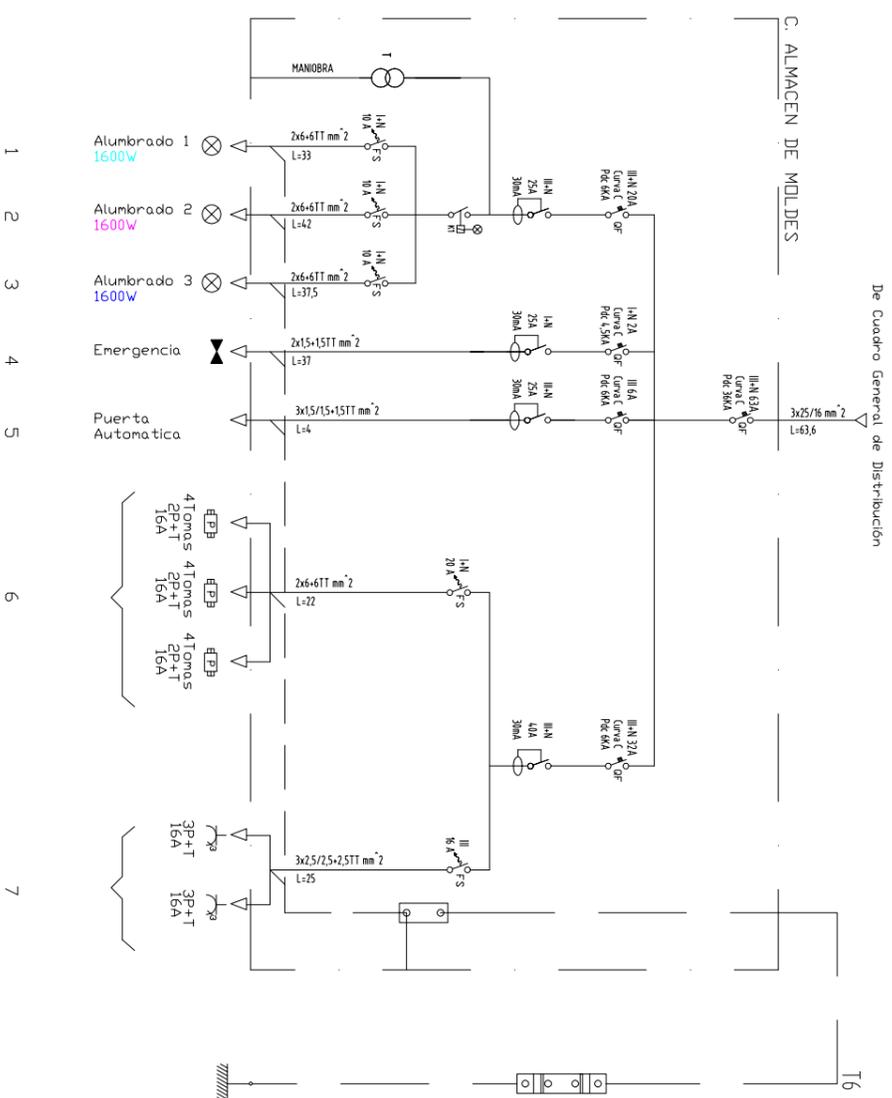
DEPARTAMENTO:
 DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
 REALIZADO:
DE ANTONIO GOÑI JOSE J.

PROYECTO:
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

FIRMA:

PLANO:
CUADRO AUXILIAR TALLER

FECHA: ABRIL 2011
 ESCALA: S/E
 Nº PLANO: 16



SIMBOLGIA ELECTRICA

Símbolo	Denominación
	Transformador
	Contactor
	Interruptor automático QF
	Interruptor diferencial
	Interruptor diferencial
	Aluminado
	Emergencia
	4 Tomos 2P+T
	Base enchufe 16A 3P+T
	Tierra
	Pulsador de marcha
	Pulsador de parada

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.

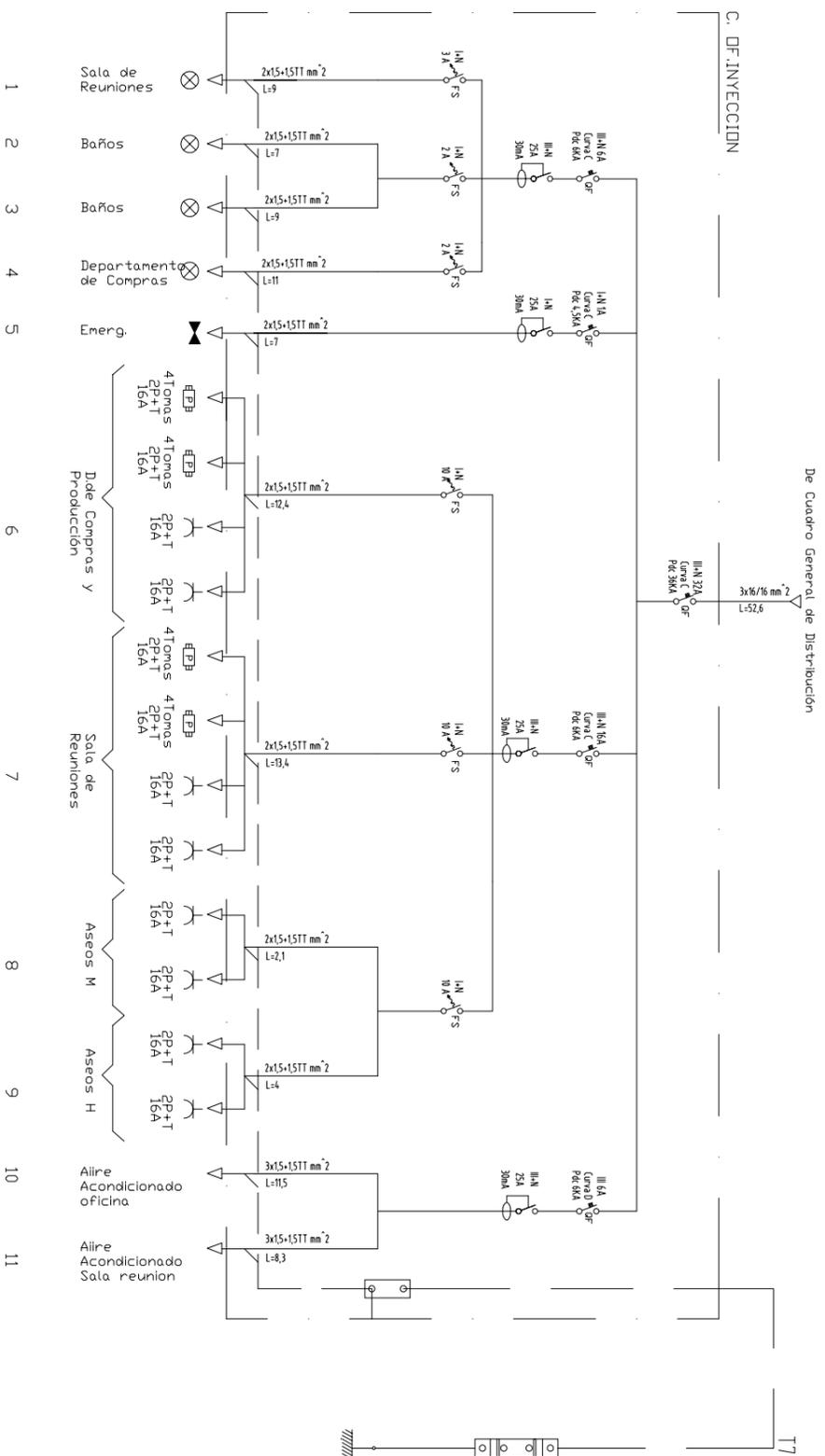
PROYECTO:
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

PLANO:
CUADRO AUXILIAR ALMACEN DE MOLDES

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL

REALIZADO:
DE ANTONIO GOÑI JOSE J.

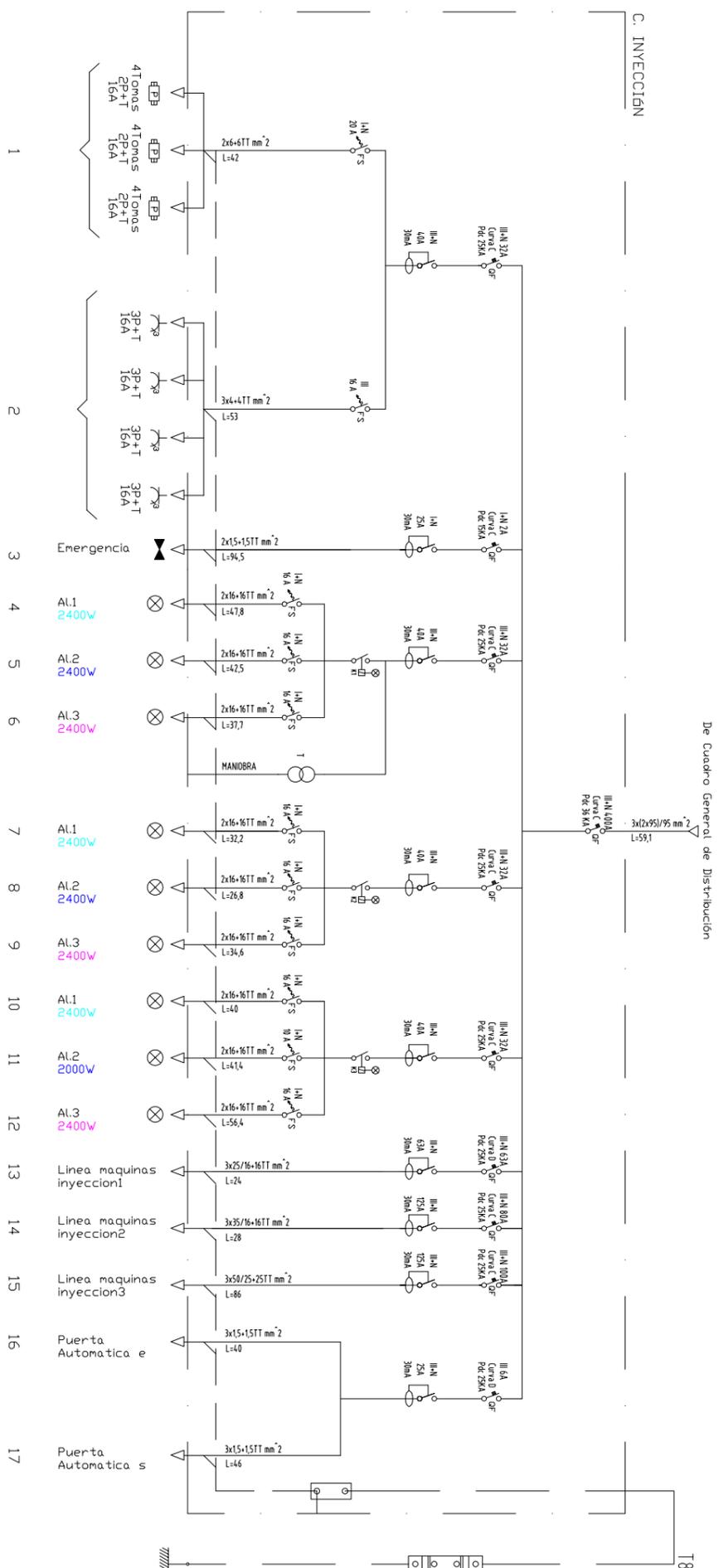
FECHA: ABRIL 2011
 ESCALA: S/E
 Nº PLANO: 17



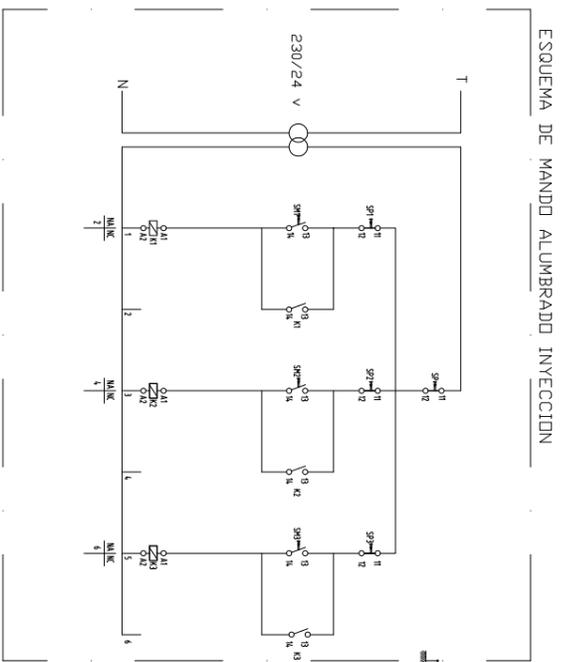
SIMBOLGIA ELECTRICA
Simbolo Denominación

	Interruptor automatico qf
	Interruptor diferencial
	Magnetotermico FS
	Alumbrado
	Emergencia
	4 Tomas 2P+T
	Base enchufe 16A 2P+T
	Tierra

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		REALIZADO: DE ANTONIO GOÑI JOSE J.
PLANO: CUADRO AUXILIAR OF.INYECCION		FIRMA: FECHA: ABRIL 2011
		ESCALA: S/E
		Nº PLANO: 18

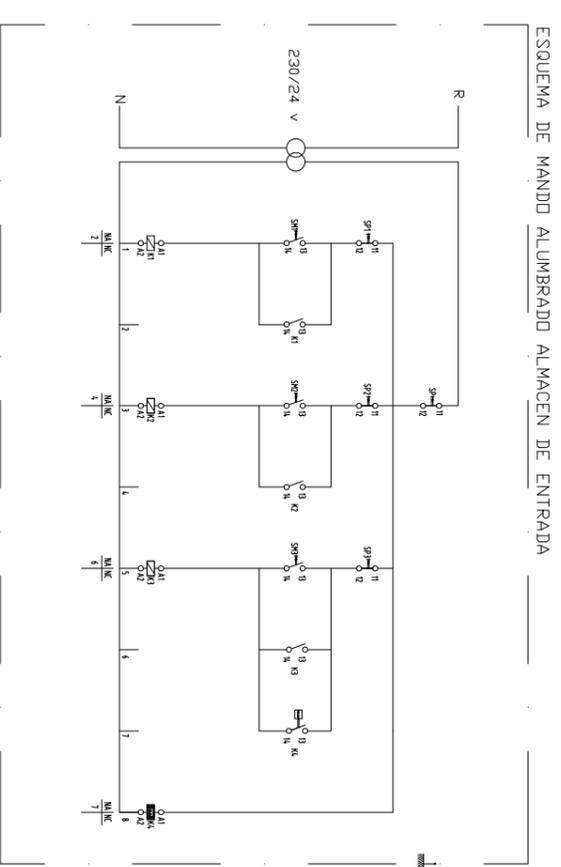
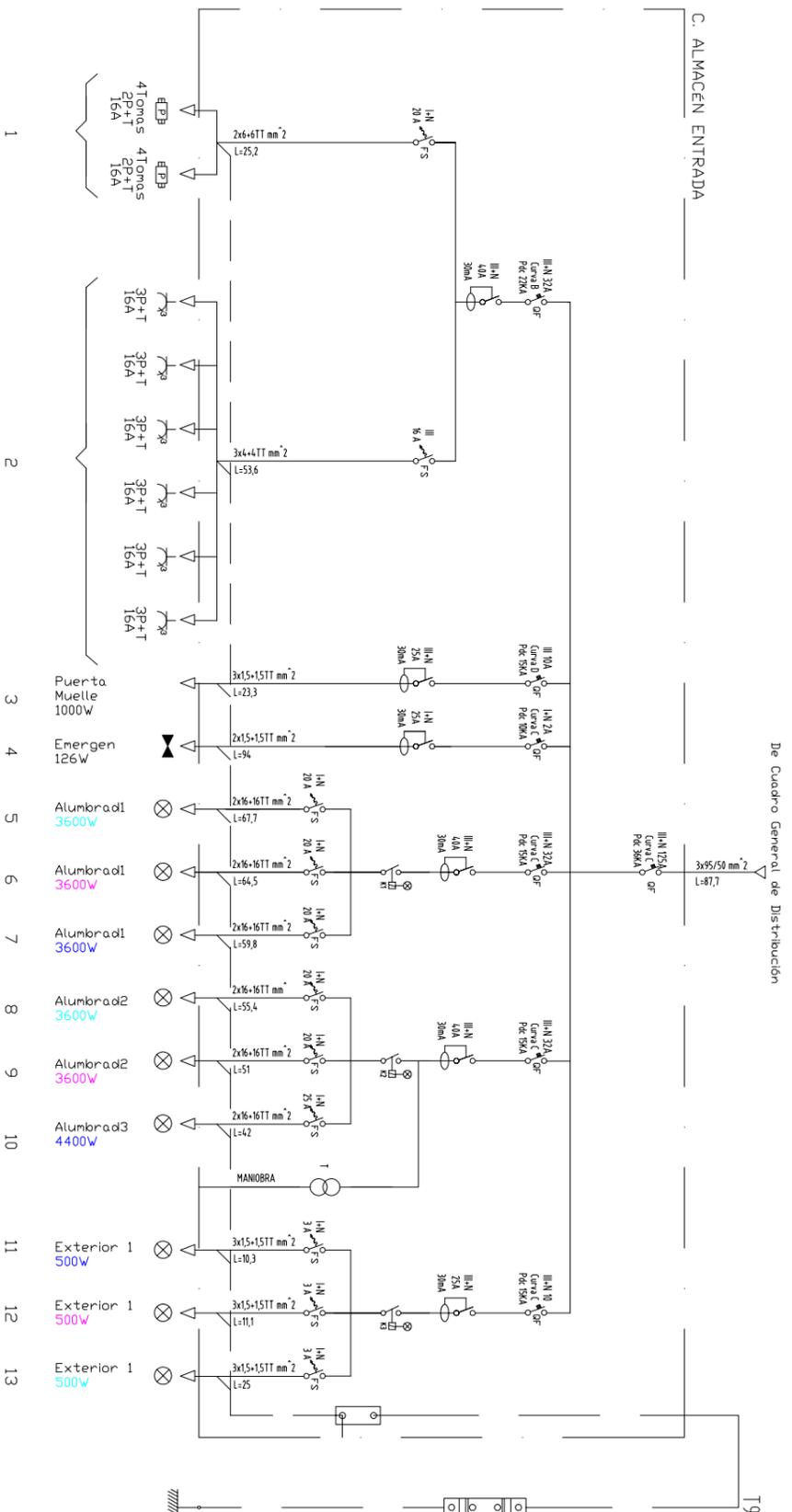


Simbolo	Denominación
	Transformador
	Conector
	Interruptor automatico QF
	Interruptor diferencial Puesta a tierra Reserv. de Corriente
	Interruptor diferencial Puesta a tierra Magnetotermico FS
	Magnético FS Fusibles Fusibles
	Alumbrado
	Emergencia
	4 Tomas 2P+T
	Base enchufe 16A 3P+T
	Tierra
	Pulsador de murcho
	Pulsador de parada




Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa
E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
REALIZADO: DE ANTONIO GOÑI JOSE J.

INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
CUADRO AUXILIAR INYECCION
PLANO: 19
FECHA: ABRIL 2011
ESCALA: S/E
Nº PLANO: 19



SIMBLOGIA ELECTRICA

Símbolo	Denominación
	Transformador
	Contacto
	Interruptor automático QF
	Interruptor diferencial
	Magnetoeléctrico FS
	Alarabido
	Emergencia
	4 Tones 2P+T
	Base enchufe 16A 3P+T
	Tierra
	Pulsador de marcha
	Pulsador de parada



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO
INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

REALIZADO:
DE ANTONIO GOÑI JOSE J.

FIRMA:

PLANO:

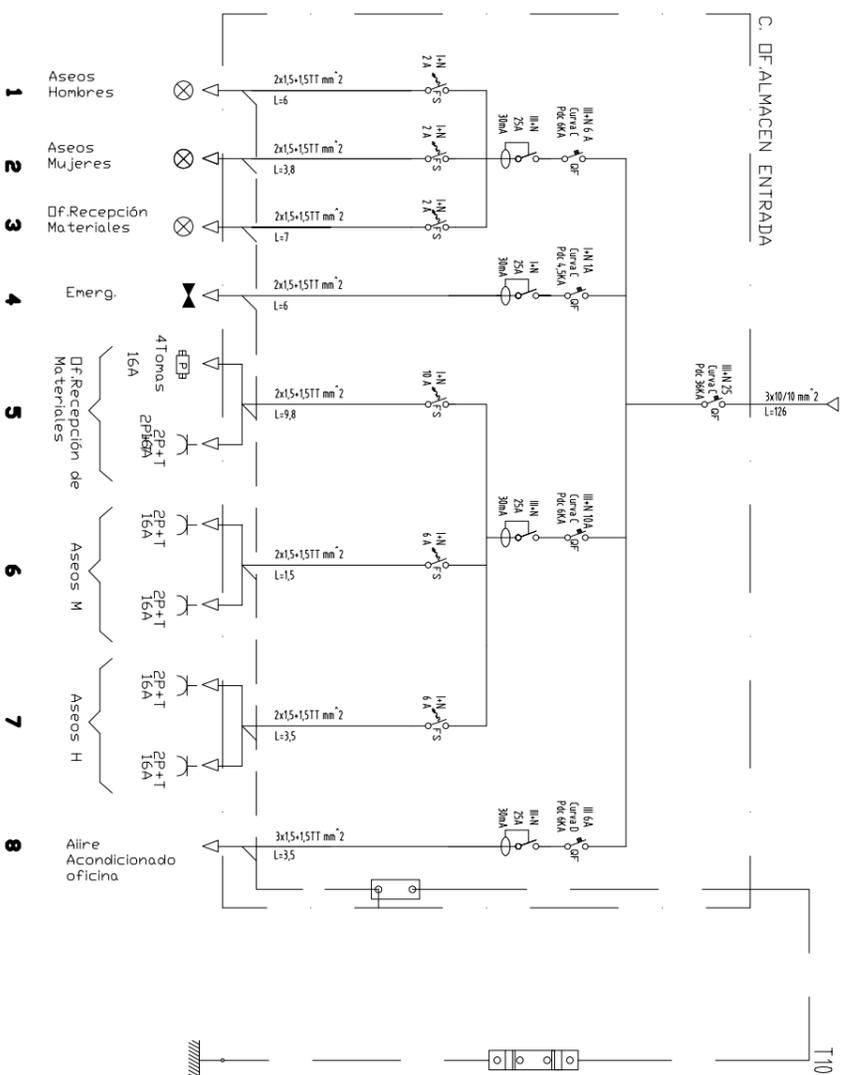
CUADRO AUXILIAR ALMACEN DE ENTRADA

FECHA: ESCALA: Nº PLANO:

ABRIL 2011 S/E

20

De Cuadro General de Distribución



SIMBOLÓGIA ELECTRICA

Símbolo Denominación

	Interruptor automático QF
	Fusible
	Interruptor diferencial
	Magnetotérmico FS
	Alumbrado
	Emergencia
	4 Tomas 2P+T
	Base enchufe 16A 2P+T
	Tierra



Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

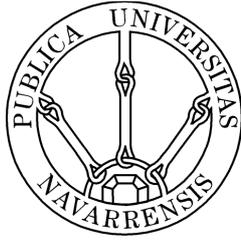
REALIZADO:

DE ANTONIO GOÑI JOSE J.

PLANO:

CUADRO AUXILIAR OF. ALMACEN DE ENTRADA

FECHA: ABRIL 2011
ESCALA: S/E
Nº PLANO: 21



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: José Javier de Antonio Goñi

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Abril de 2011



4 PLIEGO DE CONDICIONES



INDICE

4.1 Objeto	4
4.2 Condiciones generales.....	4
4.2.1 Normas generales.....	4
4.2.2 Ámbito de aplicación.....	4
4.2.3 Conformidad o variación de las condiciones.....	4
4.2.4 Rescisión	4
4.2.5 Condiciones generales	4
4.3 Condiciones de la ejecución.....	5
4.3.1 Datos de la obra	5
4.3.2 Obras que comprende	5
4.3.3 Mejoras y variaciones del proyecto	5
4.3.4 Personal	6
4.3.5 Condiciones de pago	6
4.4 Condiciones particulares	7
4.4.1 Disposiciones aplicables.....	7
4.4.2 Contradicciones y omisiones del proyecto	7
4.4.3 Prototipos	7
4.5 Normativa general.....	8
4.6 Conductores	9
4.6.1 Materiales	9
4.6.2 Redes aéreas para distribución de energía eléctrica	9
4.6.3 Sección de los conductores. Caídas de tensión.....	10
4.7 Receptores.....	11
4.7.1 Condiciones generales de la instalación	11
4.7.2 Conexión de receptores	11
4.7.3 Receptores de alumbrado. Instalación.....	12
4.7.4 Receptores a motor. Instalación.....	12
4.7.5 Aparatos de caldeo. Instalación	12
4.8 Protección contra sobrintensidades y sobretensiones	13
4.8.1 Protección de las instalaciones	13
4.8.2 Situación de los dispositivos de protección	13
4.8.3 características de los dispositivos de protección	13
4.9 Protección contra contactos directos e indirectos	14
4.9.1 Protección contra contactos directos	14



4.9.2 Protección contra contactos indirectos	14
4.9.3 Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto	15
4.10. Alumbrados especiales.....	16
4.10.1 Alumbrado de emergencia	16
4.10.2 Alumbrado de señalización.....	16
4.10.3 Locales con alumbrados especiales	16
4.10.4 Fuentes propias de energía	17
4.10.5 Instrucciones complementarias.....	17
4.11. Local	17
4.11.1 Prescripciones de carácter general.....	17
4.12. Mejoramiento del factor de potencia.....	18
4.13. Puestas a tierra	19
4.13.1 Objeto de la puesta a tierra	19
4.13.2 Definición	19
4.13.3 Partes que comprende la puesta a tierra.....	19
4.13.4 Electrodo. Naturaleza. Constitución. Dimensiones.....	20
4.13.5 Resistencia de tierra	21
4.13.6 Características y condiciones de instalación de las líneas de enlace con tierra, de las líneas principales de tierra y de sus derivaciones	21
4.13.7 Separación entre las tomas de tierra de las masas, de las instalaciones de utilización y de las masas de un Centro de transformación	23
4.13.8 Revisión de las tomas de tierra	23



4.1 Objeto

El objeto de este pliego de condiciones es, establecer la exigencia que deben satisfacer los materiales, el montaje y la realización de las obras de la instalación eléctrica de baja tensión y el centro de transformación de una nave industrial dedicada a la inyección de materiales plásticos.

Dicha nave se encuentra situada en el polígono industrial de Barbatain, Comarca II, parcela nº 17

4.2 Condiciones generales

4.2.1 Normas generales

Todas las instalaciones que se realicen en el desarrollo del presente proyecto, deberán cumplir lo preceptuado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como la reglamentación complementaria, deberán cumplir el Reglamento Electrotécnico para Centros de Transformación de Iberdrola (compañía suministradora).

4.2.2 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 obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial anteriormente descrita.

4.2.3 Conformidad o variación de las condiciones

Se aplicarán estas condiciones para todas las obras incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista, conoce estos pliegos, no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudiera introducir el autor del proyecto.

4.2.4 Rescisión

Si la ejecución de las obras no fuera efectuada, o si el material presentado no reuniese las condiciones necesarias, se podrá procederá a la rescisión del contrato con pérdida de la fianza.

En este caso se fijará un plazo para tomar las medidas cuya paralización pudiera perjudicar las obras sin que durante este plazo se empiecen más trabajos.

No se abandonarán los acopios que se hubieran efectuado.

4.2.5 Condiciones generales

El contratista deberá cumplir cuantas disposiciones vigentes hubiera de carácter social y de protección a la empresa nacional.



4.3 Condiciones generales de ejecución

4.3.1 Datos de obra

Se entregará al contratista una copia de los planos, memoria y pliegos de condiciones, así como cuantos planos o datos necesite la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia, a su costa, del presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

4.3.2 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.

El contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna modificación de cualquier naturaleza, tanto en la ejecución de las obras en relación con el proyecto, como en las condiciones técnicas específicas.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, considerando nave industrial a las oficinas, almacenes, nave propiamente dicha, locales no nombrados que se encuentren dentro de la propiedad, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes.

- a) Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- b) Suministros de todo material necesario para las instalaciones.
- c) Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
 - Colocación de luminarias.
 - Colocación de cableado.
 - Instalación de las protecciones eléctricas.
 - Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
 - Ejecución del centro de transformación.

4.3.3 Mejoras y variaciones del proyecto

No se considerarán como mejoras o variaciones del proyecto nada más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente, por escrito, por el director de obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independientemente del contratista.



4.3.4 Personal

El contratista no podrá utilizar en los trabajos, persona, 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 en varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores, personal idóneo, el cual deberá atender cuantas órdenes procedan de la dirección técnica de las obras, estando a la expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido.

4.3.5 Condiciones de pago

Se abonarán las unidades realmente ejecutadas, completamente terminadas, a los precios indicados en el presupuesto, y aplicándoles el coeficiente de subasta si lo hubiere.

Si alguna obra no se halla debidamente ejecutada, con sujeción estricta a las condiciones del contrato y fuese, sin embargo, admitida, podrá ser recibida provisional y aun definitivamente, en su caso; pero el contratista quedará obligado a conformarse con la rebaja que el director de obra señale y la propiedad apruebe, salvo en el caso que prefiera demolerla y rehacer a su costa, con arreglo a las condiciones del contrato.

No tendrá derecho el contratista a abono de obras ejecutadas sin orden concreta de la propiedad o del director de obra. Las obras accesorias y auxiliares ordenadas al contratista, se abonarán a precios de la contrata, si le son aceptables, con la rebaja correspondiente o la bonificación hecha en subasta. Si contienen materiales o unidades de obra no previstas en el proyecto, y que por tanto, no tiene precio señalado en el presupuesto, se determinará previamente el correspondiente precio contradictorio entre la propiedad y el contratista. Si se ejecutan las obras sin haberse cumplido este requisito previo, deberá conformarse con la tasación que realiza el director de obra.

Cuando la propiedad o el director de obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción, sea en el curso de ejecución de obra o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión necesaria. Los gastos de estas operaciones serán de cuenta del contratista, cuando se confirmen los vicios o defectos supuestos.



4.4 Condiciones particulares

4.4.1 Disposiciones aplicables

Además 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 publicas.
- 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 las DIN; UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía.

4.4.2 Contradicciones y omisiones del proyecto

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y la memoria, prevalecerá lo prescrito en esta última.

Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra que sean indispensables para llevar a cabo el espíritu o intención expuestos en los planos y 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.

4.4.3. 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.



4.5 Normativa general

a) Se calificará como instalación eléctrica de baja tensión todo conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión de un fin particular.

Producción, conversión, transformación, transmisión distribución o utilización de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1000 V para corriente alterna.

b) Los materiales, aparatos y receptores utilizados en las instalaciones eléctricas de baja tensión cumplirán en lo que se refiere a condiciones de seguridad técnica, dimensiones y calidad, lo determinado en el reglamento.

c) Si en la instalación eléctrica están integrados circuitos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite establecido para baja tensión se deberá cumplir en ellos las prescripciones del reglamento de alta tensión.

Nota: En virtud de este artículo se detallará la normativa a cerca del transformador en un capítulo específico del presente pliego.

d) Cuando se construya un local, edificio, o agrupación de estos, cuya previsión de carga exceda de 50 kVA, 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 el suministro de energía previsible. El local, que debe ser de fácil acceso, se destinará exclusivamente a la finalidad prevista y no podrá utilizarse como depósito de materiales, ni de piezas o elementos de recambio.

e) Corresponde al Ministerio de Industria, con arreglo a la ley del 24 de noviembre de 1939, la ordenación e inspección de la generación, transformación, distribución y aplicación de la energía eléctrica.

f) Las delegaciones provinciales del Ministerio de Industria, autorizarán el enganche y funcionamiento de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Según su importancia, sus fines o la peligrosidad de sus características o de su situación, las delegaciones exigirán la presentación de un proyecto de la instalación, suscrito por un técnico competente, antes de iniciarse el montaje de la misma. En todo caso, y para autorizar cualquier instalación, la delegación deberá recibir y conformar el boletín extendido por el instalador autorizado que realiza el montaje, así como un acta de las pruebas realizadas por la compañía suministradora en la forma en que se establece en las instrucciones complementarias.



4.6 Conductores

4.6.1 Materiales

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas. Pueden ser desnudos o aislados. Los conductores aislados serán de tensión nominal no inferior a 100 V. Y tendrán un aislamiento apropiado que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie. Podrán utilizarse conductores de menor tensión nominal siempre que cumplan las condiciones de instalación señaladas para los mismos en la instrucción MI-BT 003.

Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otros materiales aislantes equivalentes que resistan las acciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión, debiendo ofrecer una resistencia suficiente a los esfuerzos mecánicos a que estén sometidos.

4.6.2 Redes aéreas para distribución de energía eléctrica. Cálculo mecánico y ejecución de las instalaciones

4.6.2.1 Instalaciones de conductores aislados

Cuando se trate de conductores de tensión nominal inferior a 1000 voltios:

- a) Sobre aisladores de 1000 voltios de tensión nominal.
- b) Bajo envueltas aislantes resistentes a la intemperie que proporcionen un aislamiento con relación a tierra equivalente a 1000 voltios de tensión nominal.

Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán cuidadosamente, de modo que en ellos la elevación de temperatura no sea superior a la de los conductores.

Se utilizarán piezas metálicas apropiadas resistentes a la corrosión, que aseguran un contacto eléctrico eficaz. En los conductores sometidos a tracción mecánica, los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del conductor, el 90% de su carga de rotura, no siendo admisible en estos empalmes su realización por soldadura o por torsión directa de los conductores, aunque este último sistema puede utilizarse cuando estos sean de cobre y su sección no superior a 10 mm².

En los empalmes y conexiones de conductores aislados o de estos con conductores desnudos se utilizarán accesorios adecuados resistentes a las acciones de la intemperie y se colocaran de forma que evite la infiltración de la humedad en los conductores aislados.

Las derivaciones se harán en las proximidades inmediatas de los soportes de línea (aisladores, cajas de derivación, etc.) y no originarán tracción mecánica sobre la misma.



4.6.2.2 Sección mínima del conductor neutro:

El conductor neutro tendrá, como mínimo, la sección que a continuación se especifica:

a) En distribución monofásica o de corriente continua:

- A dos hilos: igual a la del conductor de fase o polar.
- A tres hilos: hasta 16 mm² de cobre, igual a la del conductor de fase o polar; para secciones entre 16 y 35 mm² será de 16 mm²; para secciones superiores a 35 la mitad de la sección de los conductores de fase.

b) En distribuciones trifásicas:

- A cuatro hilos (tres fases y neutro): hasta 16 mm² de cobre, igual a la del conductor de fase o polar; para secciones entre 16 y 35 mm² será de 16 mm²; para secciones superiores a 35 la mitad de la sección de los conductores de fase.

4.6.2.3 Continuidad del conductor neutro:

El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada por alguno de los dispositivos siguientes:

a) Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en las fases o que establezcan la conexión del neutro antes que las fases y desconecten estas antes que el neutro.

b) Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señaladas y que solo pueden ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en este caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén Previamente las fases, ni conectadas estas sin haberlo sido el neutro previamente.

4.6.3 Sección de los conductores. Caídas 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 alumbrado y del 6,5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculara considerando alimentados todos los aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente.



4.7 Receptores

4.7.1 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 de 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 prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobreesfuerzos siendo de aplicación para ello lo dispuesto en la instrucción MI-BT 022. Se adoptarán las características intensidad - tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

4.7.2 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 instrucción MI-BT 043.

Se admitirá, cuando prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecta a un conjunto de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor móvil. 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 móvil, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los conductores en la entrada al aparato estarán protegidos contra riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materias 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° 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.

4.7.3 Receptores de alumbrado. Instalación

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ello 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 lámparas fluorescentes se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleven una corrección del factor de potencia hasta 0.95.

Para la instalación de lámparas suspendidas sobre vías públicas, se seguirá lo dispuesto a la instrucción MIE BT 09 del Reglamento Electrotécnico para baja tensión.

4.7.4 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 m si la potencia del motor es igual o menor a 1 KW.
- 1 m si la potencia nominal es superior a 1 KW.

Todos los motores de potencia superior a 0.25 CV, y todos los situados en 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 este.

4.7.5 Aparatos de caldeo. Instalación

Los aparatos de caldeo se instalarán de manera que no puedan inflamar las materias combustibles circundantes, aun en caso de empleo negligente o defectos previsibles de los mismos.

Los aparatos de caldeo industrial que estén destinados a estar en contacto con materias combustibles o inflamables y que en su uso normal no estén bajo la vigilancia de un operario, estarán provistos de un limitador de temperatura que interrumpa o reduzca el caldeo antes de alcanzar una temperatura peligrosa.

Los aparatos de caldeo por aire caliente estarán constituidos de manera que su elemento de caldeo sólo pueda ponerse en servicio después de hacerlo el ventilador correspondiente y cese aquel cuando el ventilador deje de funcionar. Los aparatos fijos,



llevaran además, dos limitadores de temperatura, independientes entre sí, que impidan una elevación excesiva de ésta en los conductos de aire.

4.8 Protección contra sobreintensidades y sobretensiones

4.8.1 Protección de las instalaciones

4.8.1.1 Protección contra sobreintensidades

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobreintensidades.

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

4.8.1.2 Protección contra sobrecargas

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

El dispositivo de protección general puede estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar o por un interruptor automático que corte únicamente los conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor neutro.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

4.8.2 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 fin interruptores automáticos, diferenciales y fusibles.

4.8.3 Características de los dispositivos de protección

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.



- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

- 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 cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores automáticos, llevaran marcada su intensidad y tensión nominal, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse y el símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o, en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

4.9 Protección contra contactos directos e indirectos

4.9.1 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 m hacia arriba, 1 m hacia abajo y 1 m 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.

a) 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 1 mA.

4.9.2 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 obligaran 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 puede aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.

4.9.3 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 automático 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 predeterminado.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir del cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en un tiempo conveniente la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

4.10 Alumbrados especiales

4.10.1 Alumbrado de emergencia

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del público 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 este constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Este alumbrado se instalará en las salidas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Si hay un cuadro principal de distribución, en el local donde este se instale, así como sus accesos, estarán provistos de alumbrado de emergencia.

Deberá entrar en funcionamiento al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70% de su tensión nominal.

4.10.2 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 normal, complementario o procedente 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 pasara automáticamente al segundo suministro.

Cuando los locales o dependencias que deban iluminarse con este alumbrado, coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz de ambos alumbrados podrán ser los mismos.

4.10.3 Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales

- a) Con alumbrado de emergencia:



Todos los locales de reunión que puedan albergar a 300 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios.

b) Con alumbrado de señalización:

Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de un lux.

4.10.4 Fuentes propias de energía

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos 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 distribuidoras 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.

La capacidad mínima de esta fuente propia de energía será como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de emergencia en las condiciones señaladas en el apartado 2.1 de esta instrucción.

4.10.5 Instrucciones complementarias

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales estarán protegidos por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en el local existen varios puntos de luz estos deberán ser alimentados por, al menos, dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

4.11 Local

4.11.1 Prescripciones de carácter general

Las instalaciones en los locales a que afectan las presentes prescripciones cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan.

a) Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente, o



igualmente en el caso en existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia los justifique.

b) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocara junto o sobre él el dispositivo de mando y protección preceptivo, según la instrucción MI-BT 016. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalara, de todas formas, en dicho punto, un dispositivo de mando y protección.

Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectara mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman mas de 15 A se alimentaran directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

c) El cuadro general de distribución, e igualmente los cuadros secundarios, se instalaran 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, por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras de fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica y siempre antes del cuadro general.

d) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución, y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocara una placa indicadora del circuito al que pertenecen.

e) Las canalizaciones estarán constituidas por:

- Conductores aislados, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público.

- Conductores aislados, de tensión nominal de aislamiento 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 1000 V, armados colocados directamente sobre las paredes.

f) Se adoptaran las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

4.12 Mejoramiento del factor de potencia

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencia 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.

- Para 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 de un 10% del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.

Cuando se instalen condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias se descarga a tierra.

4.13 Puestas a tierra

4.13.1 Objeto de la puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen con el objeto principal de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

4.13.2 Definición

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

4.13.3 Partes que comprende la puesta a tierra

a) Tomas de tierra:

Las tomas de tierra están constituidas por los elementos siguientes:

- Electrodo: Es una masa metálica, permanentemente en contacto con el terreno, para facilitar el paso a este de las corrientes de defectos que puedan presentarse o la carga eléctrica que tenga o pueda tener.

- Línea de enlace con tierra: Esta formada por los conductores que unen el electrodo o conjunto de electrodos con el punto de puesta a tierra.

- Punto de puesta a tierra: Es un punto situado fuera del suelo que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.



Las instalaciones que lo precisen dispondrán de un número suficiente de puntos de puesta a tierra, convenientemente distribuidos, que estarán conectados al mismo electrodo o conjunto de electrodos.

El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante útiles apropiados separarse estas, con el fin de poder realizar la medida de resistencia a tierra.

b) Líneas principales de tierra:

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

c) Derivaciones de las líneas principales de tierra:

Estarán constituidas por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas.

d) Conductores de protección:

Sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

En el circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas a la línea principal de tierra.

En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección aquellos que tienen las masas:

- Al neutro de la red.
- A otras masas.
- A elementos metálicos distintos de las masas.
- A un relé de protección.

Los circuitos de puesta a tierra formaran una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos, cualquiera que sean estos. Siempre la conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuara por derivaciones desde este.

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

4.13.4 Electrodo, Naturaleza, Constitución, Dimensiones y Condiciones de instalación



Los electrodos pueden ser artificiales o naturales. Se entiende por electrodos artificiales los establecidos con el exclusivo objeto de obtener la puesta a tierra, y por electrodos naturales las masas metálicas que puedan existir enterradas.

Para las puestas a tierra se emplearan principalmente electrodos artificiales. No obstante, los electrodos naturales que existieran en la zona de una instalación y que presenten y aseguren un buen contacto permanente con el terreno puedan utilizarse bien solos o conjuntamente con otros electrodos artificiales. En general, se puede prescindir de estos cuando su instalación presente requisitos anteriormente señalados, con sección suficiente y la resistencia de tierra que se obtenga con los mismos presente un valor adecuado.

a) Picas verticales:

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- Tubos de acero galvanizado de 25 mm. de diámetro exterior, como mínimo.
- Perfiles de acero dulce galvanizado de 60 mm, de lado, como mínimo.
- Barras de cobre o de acero de 14 mm. de diámetro, como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 m. si son necesarias dos picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas es recomendable que sea igual, al menos, a la longitud enterrada de las mismas; si son necesarias varias picas conectadas en paralelo, la separación entre ellas deberá ser mayor que en el caso anterior.

4.13.5 Resistencia de tierra

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

24 V en local o emplazamiento conductor.

50 V en los demás casos.

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

Bien entendido que los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan mas que un valor muy aproximado de la resistencia de tierra del electrodo.

4.13.6 Características y condiciones de instalación de las líneas de enlace con tierra, de las líneas principales de tierra y de sus derivaciones

Los conductores que constituyen las líneas de enlace con tierra, las líneas principales de tierra y sus derivaciones, serán de cobre o de otro metal de alto punto de



fusión y su sección debe ser ampliamente dimensionada de tal forma que cumpla las condiciones siguientes:

a) La máxima corriente de falta que pueda producirse en cualquier punto de la instalación no debe originar en el conductor una temperatura cercana a la de fusión, ni poner en peligro los empalmes o conexiones en el tiempo máximo previsible de la duración de la falta, el cual solo podrá ser considerado como menor de dos segundos en los casos justificados por las características de los dispositivos de corte utilizados.

b) De cualquier forma los conductores no podrán ser, en ningún caso, de menos de 16 mm^2 de sección para las líneas principales de tierra ni de 35 mm^2 para las líneas de enlace con tierra, si son de cobre. Para otros metales o combinaciones de ellos, la sección mínima será aquella que tenga la misma conductancia que un cable de cobre de 16 mm^2 ó 35 mm^2 , según el caso.

Para las derivaciones de las líneas principales de tierra, las secciones mínimas serán las que se indican en la instrucción MI-BT 018 para los conductores de protección.

Los conductores de enlace con tierra desnudos enterrados en el suelo se considerará que forman parte del electrodo.

Si en una instalación existen tomas de tierra independientes, se mantendrá entre los conductores de tierra un aislamiento apropiado a las tensiones susceptibles de aparecer entre estos electrodos en caso de falta.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección será lo mas corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste mecánico. Además los conductores de protección cumplirán con lo establecido en la instrucción MI-BT 018.

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masa que se desean poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos se dispone que las conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y con los electrodos se efectúen con todo cuidado por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicas las conexiones efectuadas. A este fin, y procurando siempre que la resistencia de los contactos no sea elevada, se protegerán estos en forma adecuada con envolventes o pastas, si ello se estimase conveniente.

Se prohíbe intercalar en los circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Solo se permite disponer de un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma a tierra.



4.13.7 Separación entre las tomas de tierra de las masas, de las instalaciones de utilización y las masas de un centro de transformación

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masas, no estarán unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación. Si no se hace el control mediante la medida efectuada entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas del centro de transformación, se considera que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

a) No existe canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalizaciones de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.

b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra de otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos de 15 m. Para terrenos cuya resistividad no sea elevada. Cuando el terreno sea mal conductor esta distancia será aumentada.

c) El centro de transformación esta situado en un recinto aislado de los locales de utilización, o bien si esta contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, esta establecido de tal forma que sus elementos metálicos no estén unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

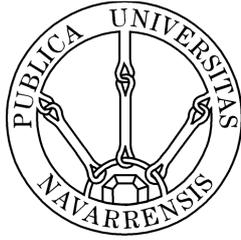
4.13.8 Revisión de las tomas de tierra

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, cualquier instalación de toma a tierra deberá ser obligatoriamente comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación para el funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuara esta comprobación anualmente en la época en que el terreno este mas seco. Para ello se mediará la resistencia de tierra, reparando inmediatamente los defectos que se encuentren. En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, estos, así como también los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

Pamplona, Abril de 2011

José Javier de Antonio Goñi



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO

Alumno: José Javier de Antonio Goñi

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Abril de 2011



PRESUPUESTO



ÍNDICE

5.1. Capítulo I: Acometida	3
5.1.1. Acometida.....	3
5.2. Capítulo II: Protecciones	4
5.2.1. Cuadro General de Distribución	4
5.2.2. Cuadro auxiliar 1. Almacén de Salida	6
5.2.3. Cuadro auxiliar 2. Oficina Almacén de Salida	7
5.2.4. Cuadro auxiliar 3. Molienda	8
5.2.5. Cuadro auxiliar 4. Taller	10
5.2.6. Cuadro auxiliar 5. Almacén de Moldes	11
5.2.7. Cuadro auxiliar 6. Oficina Inyección.....	13
5.2.8. Cuadro auxiliar 7. Inyección.....	14
5.2.9. Cuadro auxiliar 8. Almacén de Entrada.....	16
5.2.10. Cuadro auxiliar 9. Oficina Almacén de Entrada.....	17
5.2.11. Cuadro auxiliar 10. Planta Baja Oficinas.....	18
5.2.12. Cuadro auxiliar 11. Primera Planta.....	20
5.2.13. Resumen: Protecciones	22
5.3. Capítulo III: Conductores, tubos y canalizaciones	23
5.4. Capítulo IV: Puesta a tierra.....	25
5.5. Capítulo V: Alumbrado	26
5.5.1. Alumbrado interior de la nave	26
5.5.2. Alumbrado exterior de la nave	26
5.5.3. Alumbrado de emergencia.....	27
5.5.4. Resumen: Alumbrado interior, exterior y de emergencia.....	27
5.6. Capítulo VI: Tomas y elementos varios.....	28
5.7. Capítulo VII: Compensación de la energía	29
5.7.1. Batería de Condensadores.....	29
5.8. Capítulo VIII: Centro de Transformación.....	29
5.8.1. Obra civil	29
5.8.2. Caseta del centro.....	30
5.8.3. Transformador de Potencia.....	30
5.8.4. Aparamenta de media tensión.....	30
5.8.5. Equipo de baja tensión.....	32
5.8.6. Puesta a tierra del centro.....	34
5.8.7. Varios.....	35
5.8.8. Resumen: Centro de Transformación	35
5.9. Capítulo IX: Equipo de Seguridad y Salud.....	36


5.10. Resumen presupuesto total de la instalación..... 37
5.1. Capítulo I:Acometida
5.1.1. Acometida

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.1.1.1	Metros de conductor de Cobre RV-K Retenax Flex 0,6/1 kV de 185 mm ² , de Pirelli. Totalmente instalado.	25	44,68	1.3404,1
5.1.1.2	Metros de conductor de Cobre RV-K Retenax Flex 0,6/1 kV de 95 mm ² , de Pirelli. Totalmente instalado.	25	32,57	3.257
5.1.1.3	Metros de tubo de XLPE de 160 mm de diámetro.	25	7,10	177,5
5.1.1.4	Arqueta tronco piramidal de 1x1 m ² de base y 1m de profundidad. El cierre será con marco y tapa de fundición 0,60x0,60 m ² . Totalmente instalada.	1	145,00	145
5.1.1.5	Zanja de tierra de 40x80 cm, con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada.	25	3,15	78,75
5.1.1.6	Elemento recto KGF-14ED25. Totalmente instalado.	2	2.137,20	4.274,40
5.1.1.7	Codo plano KGF-14LB.	1	1.175,40	1.175,40
5.1.1.8	Terminal de conexión KHO-16BC1.	1	706,30	706,60
5.1.1.9	Terminal de conexión KHO-16AL01.	1	586,45	586,45
5.1.1.10	Material aleatorio de la instalación y medios			150,00



	auxiliares.			
TOTAL				11.885,1

5.2. Capítulo II: Protecciones

5.2.1. Cuadro General de Distribución

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.1.1	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin, Modelo: Prisma, Sistema P, con IP55, de medidas: 1450x600x230mm, con su placa de montaje y puesta a tierra. Totalmente instalado	1	575,25	575,25
5.2.1.2	Interruptor automático, Merlin Gerin, Serie micrologic 2.0 NS 1250 Poder de Corte: 50KA, Curva B,III+N Calibre: 1250 A	1	7884,45	7884,45
5.2.1.3	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS160N 4P 160A 36kA	3	807,95	2423,85
5.2.1.4	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 25A 36KA.	2	305,8	611,6
5.2.1.5	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 100A 36KA.	1	488,97	488,97
5.2.1.6	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 160 4P 125A 36KA.	2	598,17	1196,34
5.2.1.7	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 63A 36KA.	1	385,39	385,39
5.2.1.8	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 32A 36KA.	1	312,45	312,45
5.2.1.9	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS	1	1839,74	1839,74



	400/630 4P 400A 36KA.			
5.2.1.10	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 50A 36KA.	1	420,24	420,24
5.2.1.11	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 160A, Sensib:300mA	3	726,12	2178,36
5.2.1.12	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:300mA	2	218,24	436,48
5.2.1.13	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 100A, Sensib:300mA	1	496,09	496,09
5.2.1.14	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 125A, Sensib:300mA	1	543,32	543,32
5.2.1.15	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 63A, Sensib:300mA	1	296,64	296,64
5.2.1.16	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:300mA	1	224,98	224,98
5.2.1.17	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 400A, Sensib:300mA	1	1426,13	1426,14
SUBTOTAL				21.740,23



5.2.2. Cuadro auxiliar 1. Almacén de Salida

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.2.1	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin, Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de medidas: 1750x600x230mm, con su placa de montaje y puesta a tierra. Totalmente instalado	1	670,65	670,65
5.2.2.2	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS160N 4P 160A 36kA	1	807,95	807,95
5.2.2.3	Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P+N 25KA C32	3	303,94	911,82
5.2.2.4	Interruptor magnetotérmico Merlin Gerin P+N 20 A	6	57,85	347,1
5.2.2.5	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 3P 16A	1	84,06	84,06
5.2.2.6	Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P 25KA D10	1	189,3	189,3
5.2.2.7	Interruptor automático, Merlin Gerin C60H P+N 15kA C2	1	84,82	84,82
5.2.2.8	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 25A	1	58,32	58,32
5.2.2.9	Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P+N 25KA C10	1	258,19	258,19
5.2.2.10	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 3A	3	84,82	254,46
5.2.2.11	Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P 25KA C16	1	193,16	193,16
5.2.2.12	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC,	4	266,03	1064,12



	Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA			
5.2.2.13	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA	1	255,91	255,91
5.2.2.14	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 2P, 25A, Sensib:30mA	1	138,87	138,87
SUBTOTAL				5309,91

5.2.3. Cuadro auxiliar 2. Oficina Almacén de Salida

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.3.1	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin, Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de medidas: 850x600x230mm, con su placa de montaje y puesta a tierra. Totalmente instalado.	1	334,19	334,19
5.2.3.2	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 25A 36KA. Totalmente instalado	1	305,8	305,8
5.2.3.3	Interruptor automático magnetotérmico, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C6	1	97,69	97,69
5.2.3.4	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 2A	3	45,10	135,3
5.2.3.5	Interruptor automático, Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C1	1	45,10	45,10
5.2.3.6	Interruptor automático Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C10	1	94,46	94,46
5.2.3.7	Interruptor magnetotérmico,	1	36,26	36,26



	Merlin Gerin P+N C10			
5.2.3.8	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 6A	2	39	78
5.2.3.9	Interruptor automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D6	1	155,45	155,45
5.2.3.10	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA	3	255,91	766,35
5.2.3.11	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA	1	138,87	138,87
SUBTOTAL				2187,47

5.2.4. Cuadro auxiliar 3. Molienda

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.4.1	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin, Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de medidas: 1050x600x230mm, con su placa de montaje y puesta a tierra. Totalmente instalado.	1	391,56	391,56
5.2.4.2	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 100A 36KA. Totalmente instalado	1	488,97	488,97
5.2.4.3	Interruptor Automático Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D20	2	147,23	294,46
5.2.4.4	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN 2P 4,5KA C2	1	45,10	45,10
5.2.4.5	Interruptor Automático,	1	94,40	94,40



	Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C16			
5.2.4.6	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 6A	3	39	117
5.2.4.7	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D6	1	155,45	155,45
5.2.4.8	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C32	1	100,21	100,21
5.2.4.9	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 20A	1	38,06	38,06
5.2.4.10	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 16A	1	36,95	36,95
5.2.4.11	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA	2	266,03	532,06
5.2.4.12	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA	1	138,87	138,87
5.2.4.13	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA	2	255,91	511,82
SUBTOTAL				2944,91



5.2.5. Cuadro auxiliar 4. Taller

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.5.1	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin, Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de medidas: 1250x600x230mm, con su placa de montaje y puesta a tierra. Totalmente instalado..	1	466,55	466,55
5.2.5.2	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 160 4P 125A 36KA. Totalmente instalado	1	598,17	598,17
5.2.5.3	Interruptor Automático Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D20	1	147,23	147,23
5.2.5.4	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN 2P 4,5KA C2	1	45,10	45,10
5.2.5.5	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA C20	1	106,7	106,7
5.2.5.6	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C10	3	36,2	108,6
5.2.5.7	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D10	2	140,38	280,76
5.2.5.8	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA C16	2	67,71	135,42
5.2.5.9	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C32	1	106,21	106,21
5.2.5.10	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 20A	1	38,06	38,06
5.2.5.11	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin	1	67,71	67,71



	3P 16A			
5.2.5.12	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA	2	255,91	511,82
5.2.5.13	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA	1	138,87	138,87
5.2.5.14	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 63A, Sensib:30mA	1	577,17	577,17
5.2.5.15	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA	1	266,03	266,03
SUBTOTAL				3594,4

5.2.6. Cuadro auxiliar 5. Almacén de Moldes

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.6.1	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin, Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de medidas: 850x600x230mm, con su placa de montaje y puesta a tierra. Totalmente instalado.	1	334,19	334,19
5.2.6.2	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 63A 36KA. Totalmente instalado	1	385,39	385,39
5.2.6.3	Interruptor Automático Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C20	1	162,78	162,78
5.2.6.4	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 2P 10A	3	36,26	108,78
5.2.6.5	Interruptor Automático,	1	45,10	45,10



	Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C2			
5.2.6.6	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA C6	1	70,48	70,48
5.2.6.7	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P +N 6KA C32	1	106,21	106,21
5.2.6.8	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 20A	1	38,06	38,06
5.2.6.9	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 3P 16A	1	67,71	67,71
5.2.6.10	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA	2	255,91	511,82
5.2.6.11	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA	1	138,87	138,87
5.2.6.12	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA	1	266,03	266,03
SUBTOTAL				2235,42



5.2.7. Cuadro auxiliar 6. Oficinas inyección.

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.7.1	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin, Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de medidas: 850x600x230mm, con su placa de montaje y puesta a tierra. Totalmente instalado..	1	334,19	334,19
5.2.7.2	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 32A 36KA. Totalmente instalado	1	312,45	312,45
5.2.7.3	Interruptor Automático Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C6	1	97,67	97,67
5.2.7.4	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C3	1	45,10	45,10
5.2.7.5	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N C2	2	45,10	90,2
5.2.7.6	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C1	1	45,10	45,10
5.2.7.7	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C16	1	94,46	94,46
5.2.7.8	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 10A	2	36,26	72,52
5.2.7.9	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 16A	1	36,95	36,95
5.2.7.10	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D6	1	155,45	155,45
5.2.7.11	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC,	3	255,91	767,73



	Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA			
5.2.7.12	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA	1	138,87	138,87
SUBTOTAL				2190,69

5.2.8. Cuadro auxiliar 7. Inyección.

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.8.1	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin, Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de medidas: 1750x600x230mm, con su placa de montaje y puesta a tierra. Totalmente instalado.	1	670,65	670,65
5.2.8.2	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 400/630 4P 400A 36KA. Totalmente instalado	1	1839,74	1839,74
5.2.8.3	Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P+N 25KA C32	1	131,84	131,84
5.2.8.4	Interruptor automático, Merlin Gerin C60H P+N 15kA C2	1	90,63	90,63
5.2.8.5	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 3P 16A	1	84,06	84,06
5.2.8.6	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 20A	1	57,85	57,85
5.2.8.7	Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P+N 25KA C32	3	303,94	911,82
5.2.8.8	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin	8	56,18	449,44



	P+N 16A			
5.2.8.9	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 10A	1	55,08	55,08
5.2.8.10	Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P+N 25KA C63	1	238,63	238,63
5.2.8.11	Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P+N 25KA D80	1	269,6	269,6
5.2.8.12	Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P 25KA D100	1	312,63	312,63
5.2.8.13	Interruptor automático, Merlin Gerin NG125N 3P 25KA C6	1	120,30	120,30
5.2.8.14	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA	4	266,03	1064,12
5.2.8.15	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA	1	138,87	138,87
5.2.8.16	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 63A, Sensib:30mA	1	577,17	577,17
5.2.8.17	Interruptor diferencial Merlín Gerin Bloque vigi para NG 125.125 A Sensib:30mA	2	568,10	1136,2
5.2.8.18	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA	1	255,91	255,91
SUBTOTAL				8404,54

**5.2.9. Cuadro auxiliar 8: Almacén de Entrada**

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.9.1	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin, Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de medidas: 1750x600x230mm, con su placa de montaje y puesta a tierra. Totalmente instalado..	1	670,65	670,65
5.2.9.2	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 160 4P 125A 36KA. Totalmente instalado	1	598,17	598,17
5.2.9.3	Interruptor automático, Merlin Gerin C120H 3P+N 15KA C32	1	219,28	219,28
5.2.9.4	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 20A	6	45,38	272,28
5.2.9.5	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 3P 16A	1	73,01	73,01
5.2.9.6	Interruptor automático, Merlin Gerin C120H 3P 15KA D10	1	207,65	207,65
5.2.9.7	Interruptor automático, Merlin Gerin C60N P+N 10kA C2	1	89,77	89,77
5.2.9.8	Interruptor automático, Merlin Gerin C120H 3P+N 15KA C32	2	184,74	369,48
5.2.9.9	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 16A	5	49,69	248,45
5.2.9.10	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 25A	1	54,36	54,36
5.2.9.11	Interruptor automático, Merlin Gerin C120H 3P 15KA C10	1	127,5	127,5



5.2.9.12	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 3A	3	89,77	269,31
5.2.9.13	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA	3	266,03	798,09
5.2.9.14	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA	2	255,91	511,82
5.2.9.15	Interruptor diferencial Merlín Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA	1	138,87	138,87
SUBTOTAL				4417,64

5.2.10. Cuadro auxiliar 9. Oficina Almacén de Entrada

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.10.1	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin, Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de medidas: 850x600x230mm, con su placa de montaje y puesta a tierra. Totalmente instalado..	1	334,19	334,19
5.2.10.2	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 25A 36KA. Totalmente instalado	1	305,8	305,8
5.2.10.3	Interruptor automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C6	1	97,69	97,69
5.2.10.4	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 2A	3	45,10	135,3
5.2.10.5	Interruptor automático, Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C1	1	45,10	45,10
5.2.10.6	Interruptor automático,	1	94,46	94,46



	Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C10			
5.2.10.7	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 10A	1	36,26	36,26
5.2.10.8	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 6A	2	39	78
5.2.10.9	Interruptor automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA D6	1	155,45	155,45
5.2.10.10	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA	3	255,91	767,73
5.2.10.11	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA	1	138,87	138,87
SUBTOTAL				2422,34

5.2.11. Cuadro auxiliar 10. Planta Baja oficinas

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.11.1	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin, Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de medidas: 1250x600x230mm, con su placa de montaje y puesta a tierra. Totalmente instalado..	1	466,55	466,55
5.2.11.2	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS 100 4P 50A 36KA. Totalmente instalado.	1	420,24	420,24



5.2.11.3	Interruptor Automático Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C10	1	97,69	97,69
5.2.11.4	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin I+N 6A	3	39	117
5.2.11.5	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C6	1	70,98	70,98
5.2.11.6	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C2	4	45,10	180,4
5.2.11.7	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C25	1	101,87	101,87
5.2.11.8	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 20A	2	38,06	76,12
5.2.11.9	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 16A	1	36,95	36,95
5.2.11.10	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA	3	255,91	767,73
5.2.11.11	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA	1	138,87	138,87
SUBTOTAL				2474,4



5.2.12. Cuadro auxiliar 11. Primera Planta

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.12.1	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin, Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de medidas: 1750x600x230mm, con su placa de montaje y puesta a tierra. Totalmente instalado.	1	670,65	670,65
5.2.12.2	Interruptor automático, Merlin Gerin Compact NS160N 4P 160A 36kA Totalmente instalado	1	807,95	807,95
5.2.12.3	Interruptor Automático Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C10	1	97,69	97,69
5.2.12.4	Interruptor magnetotermico, Merlin Gerin P+N 6 A	3	39	117
5.2.12.5	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C16	1	95,55	95,55
5.2.12.6	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin I+P 10A	3	36,26	108,78
5.2.12.7	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN P+N 4,5KA C1	1	45,10	45,10
5.2.12.8	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 6KA C16	1	67,71	67,71
5.2.12.9	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P 4,5KA C25	1	70,98	70,98
5.2.12.10	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C32	1	106,21	106,21
5.2.12.11	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin	3	38,75	116,25



	P+N 25A			
5.2.12.12	Interruptor Automático, Merlin Gerin DPN-N 3P+N 6KA C40	1	132,35	132,35
5.2.12.13	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin P+N 32A	3	40,50	121,5
5.2.12.14	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 25A, Sensib:30mA	4	255,91	1279,55
5.2.12.15	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, P+N, 25A, Sensib:30mA	1	138,87	138,87
5.2.12.16	Interruptor diferencial Merlin Gerin Clase AC, Tipo ID, 4P, 40A, Sensib:30mA	2	266,03	532,06
SUBTOTAL				4508,2



5.2.13. Resumen: Protecciones

Presupuesto Capítulo II	Importe (€)
Cuadro General de Protección	21.740,23
Cuadro Auxiliar 1.Almacén de Salida	5309,91
Cuadro Auxiliar 2.Oficina Almacén de Salida	2187,97
Cuadro Auxiliar 3.Molienda	2944,91
Cuadro Auxiliar 4.Taller	3594,9
Cuadro Auxiliar 5.Almacén de Moldes	2235,42
Cuadro Auxiliar 6.Oficina Inyección	2190,69
Cuadro Auxiliar 7.Inyección	8404,54
Cuadro Auxiliar 8.Almacén de Entrada	4417,64
Cuadro Auxiliar 9.Oficina Almacén de Entrada	2422,34
Cuadro Auxiliar 10.Planta Baja Oficina	2474,4
Cuadro Auxiliar 11.Primer Plant	4508,2
TOTAL	62430,7



5.3. Capítulo III: Conductores, tubos y canalizaciones

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.3.1	Metros de conductor 3G1,5 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	1192	2,46	2932,32
5.3.2	Metros de conductor 3G2,5 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	26	3,69	95,94
5.3.3	Metros de conductor 3G4 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	78	5,49	428,22
5.3.4	Metros de conductor 3G6 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	108	7,78	840,24
5.3.5	Metros de conductor 3G10 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	138	13,3	1835,4
5.3.6	Metros de conductor 3G16 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	1040	20,9	21740
5.3.7	Metros de conductor 4G1,5 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	248	3,28	813,4
5.3.8	Metros de conductor 4G2,5 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	232,3	4,9	1136,8
5.3.9	Metros de conductor 4G4 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	942,1	7,062	6653,1
5.3.10	Metros de conductor 1x10 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	766	4,15	3178,9
5.3.12	Metros de conductor 1x16 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	490	6,3	3087
5.3.13	Metros de conductor 1x25 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	190,8	9,68	1869
5.3.14	Metros de conductor 1x35 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	546	14,022	7656



5.3.15	Metros de conductor 1x95 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	417,3	34,57	14426
5.3.16	Metros de conductor 1x120 ENERGY RV-K FOC 0,6/1 kV, de Pirelli.	354,6	54,3	19254,7
5.3.17	Metros de tubo de PVC rigido de 12 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario.	713	1,43	1019,59
5.3.18	Metros de tubo de PVC rigido de 20 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario	22	1,95	42,9
5.3.19	Metros de tubo de PVC rigido de 25 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario	1178,1	2,17	2556,26
5.3.20	Metros de tubo de PVC flexible de 12 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario.	139,94	0,39	54,57
5.3.21	Metros de tubo de PVC flexible de 20 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario.	242,1	0,95	229,99
5.3.22	Metros de tubo de PVC flexible de 25 mm de diámetro. Incluye fijaciones y material complementario.	221,2	1,20	265,44
5.3.23	Bandeja perforada de 400mm de ancho y 100mm de alto reforzada de chapa de acero galvanizado. Incluso fijaciones, tornilleria y otros elementos necesarios para s montaje.	230	73,57	16921
5.3.24	Bandeja perforada de 100mm de ancho y 60mm de alto reforzada de chapa de acero galvanizado. Incluso	150	12,87	1930



	fijaciones, tornillería y otros elementos necesarios para s montaje.			
TOTAL				108.966,07

5.4. Capítulo IV: Puesta a tierra

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.4.1	Pica de tierra de acero y recubierta de cobre, de 2 m de longitud y 20 mm de diámetro, de la marca Klk. Ref. 20NU183	40	19,29	771,6
5.4.2	Arqueta de hierro fundido para pica. Marca Klk. Ref. AC-M 200 FE.	40	6,95	278
5.4.3	Grapa para la conexión de picas, de aleación de cobre, de la marca Klk. Ref. KU-1625 Ix. (Incluye tornillería de acero inoxidable).	40	5,93	237,2
5.4.4	Punto de puesta a tierra, de la marca Klk. Ref. PT-4. (Incluye tornillería de acero inoxidable).	12	14,52	174,24
5.4.5	Terminales, de la marca Klk. Ref. TK 150 T. (Incluye tornillería de acero inoxidable). Totalmente insatado.	40	4,95	198
SUBTOTAL				1659,04

**5.5. Capítulo V: Alumbrado****5.5.1. Alumbrado interior de la nave**

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.5.1.1	Lámpara Philips MASTER HPI Plus 400W/745 BU E40 1SL	165	92,1	15.180
5.5.1.2	Fluorescente Philips MASTER TL-D Súper 80 58W/840 1SL	164	13,17	2.132
5.5.1.3	Fluorescente Philips TL-D Super 80 36W	14	10,17	142,38
5.5.1.4	Lámpara Philips MASTER HPI Plus 400W/643 E40 HCR	33	85,37	2.784,21
5.5.1.5	DISANO 1215 Photon extensivo JM-E400	33	160	5.280
5.5.1.6	Luminaria Philips Cabana HPK150 1xHPI-P 400W-BU/745 Con P-WB+GPK150 R	165	266	43.890
5.5.1.7	Luminaria philips pacific tcw 596 2xTL-D58 WIC LW D TW3	82	115,55	9.471
5.5.1.8	Luminaria philips pacific tcw 2152XTL-D36	7	109,63	767,41
SUBTOTAL				79.647

5.5.2. Alumbrado exterior de la nave

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.5.2.1	Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W/645 E40 SLV;	14	58,54	819,56
5.5.2.2	Luminaria Philips; Modelo: Tempo; Ref: MWF331 HPI-TP250W K S;	14	168	2.352
SUBTOTAL				3.171,56



5.5.3. Alumbrado de emergencia

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.5.3.1	Luminaria de emergencia Legrand: C3 61508	2	39,78	79,56
5.5.3.2	Luminaria de emergencia Legrand: B65 61561	13	59,84	777,92
5.5.3.3	Luminaria de emergencia Legrand: C3 61510	10	50,17	501,7
5.5.3.4	Luminaria de emergencia Legrand: C3 61512	2	60,07	120,14
5.5.3.5	Luminaria de emergencia Legrand: B65 61562	5	68,22	341,1
5.5.3.6	Luminaria de emergencia Legrand: C361514	2	65,44	130,88
5.5.3.7	Luminaria de emergencia Legrand: B65 61563	78	78,81	6147,18
SUBTOTAL				8.098,48

5.5.4. Resumen: Alumbrado interior, exterior y de emergencia

Presupuesto Capítulo V	Importe (€)
Alumbrado interior de la nave	79.647
Alumbrado exterior de la nave	3.171,56
Alumbrado de emergencia	8.098,48
TOTAL	90.917,04



5.6. Capítulo VI: Tomas y elementos varios

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.6.1	Toma de corriente monofásica de 16 A con caja de empotrar, 230V. Marca: Eunea Ref. 70041.18	45	5,97	268,6
5.6.2	Bloques de tomas de corriente .Torretas babilon. Ref 42 51 003	38	37,6	1406
5.6.3	Base cetac 3P+T- 16A.	26	2,89	75,14
5.6.4	Mecanismo interruptor unipolar 16 A con caja de empotrar. Marca: Eunea Ref. 30101.90	30	2,90	87
5.6.5	Mecanismo conmutador 16 A con caja de empotrar. Marca: Eunea	4	3,16	12,64
5.6.5	Mecanismo conmutador de cruce 16 A con caja de empotrar. Marca: Eunea	2	4,80	9,6
SUBTOTAL				1.858,98



5.7. Capítulo VII: Compensación de la energía

5.7.1. Bateria de Condensadores

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.7.1.1	Suministro de batería automática de condensadores con regulador electrónico modelo G.C.E, formada por escalones de 2.5+5+10+15+20+20+20 =92,5 kVAr en polipropileno metalizado, con dimensiones 1730x690x440, con embarrado, fusible y contadores formando un conjunto compacto y protegido contra contacto directo.	1	2787,00	2787,00
SUBTOTAL				2.787,00

5.8. Capítulo VIII: Centro de transformación

5.8.1. Obra civil

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.8.1.1	Excavación de foso para alojar el edificio prefabricado, apertura por medios mecánicos, en cualquier tipo de terreno, retirada productos de excavación y transporte a vertedero. Incluido accesorios y mano de obra. -	1	844,00	844,00
SUBTOTAL				844,00



5.8.2. Caseta del centro

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.8.2.1	Edificio de hormigón prefabricado Marca: Ormazabal. Modelo PFU-4. Incluyendo transporte y montaje	1	8360,07	8360,07
SUBTOTAL				8360,07

5.8.3. Transformador de potencia

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.8.3.1	Transformador trifásico, con neutro accesible en el secundario, de potencia 1000kVA, refrigeración natural de aceite, de tensión 13,2/0,4 kV, grupo de conexión Dyn11, tensión de cortocircuito 6 % y regulación primaria de 2.5 %, 5 %.Incluye instalación	1	15500	15500
SUBTOTAL				15.500

5.8.4. Aparamenta de media tensión

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.8.4.1	CELDA DE LINEA: Celda CGM-CML-24 Marca: ORMAZABAL. Celda Dotada con un interruptor seccionador de tres	1	1245,00	1245,00



	<p>posiciones, permite comunicar en embarrado de conjunto de las celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de cables de Media Tension.</p> <p>Características Eléctricas: Vn=24 KV, In=400 A.</p> <p>Características físicas: Ancho=370 mm, Alto 1800mm, Fondo 850mm, Peso=135 Kg.</p> <p>Incluido transporte, montaje y conexión</p>			
5.8.4.2	<p>CELDA DE PROTECCIÓN: Celda: CGM-CMP-F-24 Marca: Ormazabal.</p> <p>Características eléctricas. Vn = 24kV, In= 400A.</p> <p>Características físicas: Ancho= 420 mm, Alto= 1800mm, 850, Peso= 125 Kg.</p> <p>Incluye tres fusibles limitadores de 24 KV y 63 A.</p> <p>Incluido transporte, montaje y conexión.</p>	1	4950,00	4950,00
5.8.4.3	<p>CELDA DE MEDIDA: Celda:CGM-CMM-24 Marca: Ormazabal.</p> <p>Características eléctricas:Vn=24KV.</p> <p>Características físicas:Ancho=800mm, Alto=1800mm.</p> <p>Incluido transporte, montaje y conexión.</p>	1	4960,00	4960,00
	SUBTOTAL			11.155



5.8.5. Equipo de baja tensión

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.8.5.1	PUNTES B.T. 400 V: Juego de puentes de cables de Baja Tensión, de sección 1 x 150 mm ² Al (XLPE) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión formados por un grupo de cables en la cantidad 1 x Fase + 1 x Neutro de 3 m de longitud. Totalmente instalados.	1	420,00	420,00
5.8.5.2	MEDIDA DE ENERGÍA: Conjunto de medida de energía, que incluye el tubo de acero galvanizado y sus fijaciones; el conductor para los circuitos de intensidad y tensión; y el módulo de medida de tarifa doble que incluye dos contadores de activa con un taxímetro y un contador de reactiva, así como un reloj para discriminación de tarifas. Totalmente instalado.	1	1765,00	1765,00
5.8.5.3	Armario metálico de distribución Marca: Merlin Gerin, Modelo: Prisma, Sistema P, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x230mm. Ref. 08303.	1	294,3	294,3
5.8.5.4	Interruptor automático Merlin Gerin Serie micrologic 2.0 NS1250 Poder de corte:50 KA, curva	1	7890,85	7890,85



	B,III+N Calibre:1250 A			
5.8.5.5	Interruptor diferencial Merlin Gerin clase AC, tipo ID, 4P , Calibre 25,sensibilidad:30mA	1	255,91	255,91
5.8.5.6	Relé + toroidal Merlin Gerin Vigirex con regulación para el de Amperaje Sensibilidad:1 A	4	140,11	560,45
5.8.5.7	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 3P+N C16	1	131,84	131,84
5.8.5.8	Interruptor magnetotérmico, Merlin Gerin 3P+N C6	2	122,11	144,22
5.8.5.9	Luminaria philips pacific tcw 596 2xTL-D58 WIC LW D TW3	1	115,55	115,55
5.8.5.10	Luminaria de emergencia Legrand: B65 61561	1	59,84	59,84
5.8.5.11	Metros 3G1,5 ENERGY RV- K FOC 0,6/1KV de pirelli	13	2,46	31,98
5.8.5.12	Toma de corriente monofásica de 16 A	2	5,97	11,94
5.8.5.13	Conmutador 16 A con caja de empotrar.	2	3,16	6,32
	SUBTOTAL			11.688,28



5.8.6. Puesta a tierra del centro

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.8.6.1	Tierra de protección del centro de transformación realizada en anillo de 5 x 3 m a 0,8 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm ² y 8 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 4 metros de largo. Incluida línea de tierra interior formada por conductor de cobre desnudo de 50 mm ² . Incluidas arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluida soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada.	1	980,00	980,00
5.8.6.2	Tierra de servicio realizada en hilera con 21m de conductor de cobre desnudo de 50 mm ² uniendo 8 picas de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud separada 3 m entre sí a 0,8 m de profundidad, unido al centro de transformación por conductor de cobre de 50 mm ² RV-K 0.6/1 KV. Incluida arqueta de registro y caja de seccionamiento. Incluidos elementos de conexión. Totalmente instalado y conexionado.	1	590,00	590,00
SUBTOTAL				1.570,00



5.8.7. Varios

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.8.7.1	Extintor de eficacia equivalente 89B.	1	55,45	55,45
5.8.7.2	Banqueta aislante para maniobrar la aparata	1	111,25	111,25
5.8.7.3	Guantes de amianto	1	52,30	52,30
5.8.7.4	Placa reglamentaria de "peligro de muerte".	2	12,40	24,80
5.8.7.5	Placa reglamentaria de "primeros auxilios".	1	12,40	12,40
SUBTOTAL				256,20

5.8.8. Resumen: Centro de Transformación

Presupuesto Capítulo VII	Importe (€)
Obra civil	844
Caseta del centro	8360,07
Transformador	15500
Aparata de media tensión	11155
Equipo de baja tensión	11688,28
Puesta a tierra del centro	1570
Varios	256,20
TOTAL	49.373,55 €



5.9. Capítulo VIII: Equipo de Seguridad y Salud

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.9.1	Casco	6	5,68	34,08
5.9.2	Calzado de seguridad	6	28,47	170,82
5.9.3	Traje normal	6	9,53	57,18
5.9.4	Impermeable	2	4,45	8,90
5.9.5	Gafas de seguridad	6	6,18	37,08
5.9.6	Tapones	6	1,00	6,00
5.9.7	Guantes aislantes	6	3,50	21,00
5.9.8	Faja protección lumbar	3	2,80	11,2
5.9.9	Arnés de seguridad	3	62,50	187,5
5.9.10	Material primeros auxilios	1	200	200
5.9.11	Extintor de polvo químico ABC de eficacia 34ª/233B, de 6kg.	1	40,00	40,00
5.9.12	Placa de señalización en PVC serigrafiado de 50x30 cm.	1	4,00	4,00
5.9.13	Señal de seguridad triangular de 70 cm, normalizada.	1	16,00	16,00
5.9.14	Cinta de señalización bicolor color amarillo y negro	12	0,62	7,44
5.9.15	Cinta bicolor rojo-blanco de material plástico, incluso colocación y desmontaje.	12	0,62	7,44
5.9.16	Cinturón portaherramientas.	1	5,89	5,89
5.9.17	Alquiler aparatos elevadores	2	500	1000
5.9.18	Alquiler andamio	2	200	400
5.9.19	Escaleras portátiles	4	50	200
SUBTOTAL				2414,53



5.10. Resumen presupuesto total de la instalación

Capítulo 1.....	11.885,1 €
Capítulo 2.....	62.430,7 €
Capítulo 3.....	108966,07 €
Capítulo 4.....	1659,04 €
Capítulo 5.....	90.917,04 €
Capítulo 6.....	1.858,98 €
Capítulo 7.....	2.787,00 €
Capítulo 8.....	49.373,55 €
Capítulo 9.....	2414,53 €
Presupuesto de ejecución material	332.292,01 €
Gastos generales	16614,6 €
Beneficio industrial.....	33.229,2€
Presupuesto de ejecución por contrata sin IVA.....	382135,81 €
I.V.A. en vigor (18%)	62803,18 €
Presupuesto de ejecución por contrata	444938,99 €
El presupuesto de ejecución por contrata asciende a la cantidad de cuatrocientos Cuarenta y cuatro mil novecientos treinta y ocho con noventa y nueve céntimos Honorarios de proyecto.....	17797,55 €



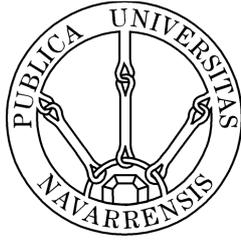
Honorarios de dirección de obra 17797,55 €

PRESUPUESTO TOTAL 480.534,10 €

El presupuesto total asciende a la cantidad de cuatrocientos ochenta mil quinientos treinta y cuatro con diez céntimos.

Fdo. José Javier de Antonio Goñi

PAMPLONA, Abril de 2011



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 6: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y
SALUD

Alumno: José Javier de Antonio Goñi

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Abril de 2011



INDICE

6.1 Objeto del estudio	2
6.2 Autor del estudio básico de seguridad y salud	2
6.3 Descripción del emplazamiento y de la obra	2
6.4 Identificación de los riesgos	3
6.5 Medidas de prevención de los riesgos	3
6.5.1 Protecciones colectivas generales	3
6.5.1.1- Señalización	3
6.5.1.1.1- Colores de seguridad	4
6.5.1.1.2- Tipos de señales	5
6.5.1.2 Iluminación	6
6.5.2 Protección de personas en la instalación eléctrica	7
6.5.3 Aparatos elevadores	8
6.5.4 Protección contra caídas de altura de personas u objetos	9
6.5.4.1 Escaleras portátiles	9
6.5.4.2 Andamios	9
6.5.5 Protección contra contactos eléctricos	10
6.5.5.1 Protección contra contactos eléctricos directos	10
6.5.5.2 Protección contra contactos eléctricos indirectos	10
6.5.6 Normativa a aplicar en las fases de estudio	11
6.5.6.1 Normativa general	11
6.5.6.2 Protecciones personales	12
6.5.6.3 Manipulación manual de cargas	13
6.5.6.4 Manipulación de cargas con la grúa	14
6.5.6.5 Disposiciones mínimas de seguridad y salud que deberán aplicarse en las obras	15
6.5.6.5.1 Relativas a los lugares de trabajo	15
6.5.6.5.2 Normativa particular a trabajos en redes eléctricas	20
6.5.6.5.3 Normativa particular a cada medio a utilizar	22
6.6 Legislación de aplicación al presente estudio	25



6.1.- Objeto del estudio.

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud está redactado para dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

6.2 Autor del estudio básico de seguridad y salud

La orden de encargo correspondiente, designa al ingeniero José Javier de Antonio Goñi, como encargado redactor del proyecto y del estudio básico de seguridad y salud.

6.3 Descripción del emplazamiento y la obra.

DATOS DEL EMPLAZAMIENTO	
Accesos a la obra	Los propios del local.
Edificaciones colindantes	Naves Industriales.
Suministro de energía eléctrica	Acometida individual.
Suministro de agua	Acometida individual.
Sistema de saneamiento	Existente.

DESCRIPCION DE LA OBRA Y SUS FASES	
Replanteo	Marcado del terreno de las obras indicadas en el proyecto.
Reforma de la instalación eléctrica	Instalación de luminarias, cuadros eléctricos y canalizaciones.
Remates	Pruebas de la instalación

El contratista acreditará ante la dirección de la obra la adecuada formación y adiestramiento de todo el personal de la obra en materia de prevención y primeros auxilios.

Así mismo la dirección comprobará que existe un plan de emergencia para atención de personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales precisos. La dirección y teléfono deberán estar visibles en lugar estratégico.

Antes de comenzar la jornada, los mandos procederán a planificar los trabajos de acuerdo con el plan, informando a los operarios claramente de las maniobras a realizar, los



posibles riesgos y las medidas preventivas y de protección a tener en cuenta, deben cerciorarse de que lo han entendido.

6.4 Identificación de riesgos.

Los riesgos más frecuentes que se pueden dar en la nave son:

- Atrapamientos.
- Aplastamientos.
- Atropellos o colisiones.
- Caída de objetos o de máquinas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Golpes o cortes con objetos o maquinaria.
- Pisada sobre objetos punzantes.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.

6.5 Medidas de prevención de los riesgos.

6.5.1 Protecciones colectivas generales.

6.5.1.1- Señalización.

El Real Decreto 485/1997, de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:



- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

6.5.1.1.1- Colores de seguridad.

Los colores de seguridad podrán formar parte de una señalización de seguridad o constituirlos por sí mismos. En el siguiente cuadro se muestran los colores de seguridad, su significado y otras indicaciones sobre su uso.

Color	Significado	Indicaciones y precisiones
Rojo	Señal de prohibición	Comportamientos peligrosos.
	Peligro-alarma	Alto, parada, evacuación.
	Material y equipos de lucha contra incendios	Identificación y localización.
Amarillo o amarillo anaranjado	Señal de advertencia	Atención, precaución verificación
Azul	Señal de obligación	Comportamiento o acción específica
		Obligación de utilizar un equipo de protección individual.
Verde	Señal de salvamento o auxilio	Puertas, salidas, pasajes
	Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad



Cuando el color de fondo sobre el que tenga que aplicarse el color de seguridad pueda dificultar la percepción de este último, se utilizará un color de contraste que enmarque o se alterne con el de seguridad, de acuerdo con la siguiente tabla:

Color de seguridad	Color de contraste
Rojo.....	Blanco.
Amarillo o amarillo anaranjado.....	Negro.
Azul.....	Blanco.
Verde.....	Blanco.

Cuando la señalización de un elemento se realice mediante un color de seguridad, las dimensiones de la superficie coloreada deberán guardar proporción con las del elemento y permitir su fácil identificación.

6.5.1.1.2- Tipos de señales

a) En forma de panel:

- Serán de material resistente a la intemperie, presiones ambientales y golpes.
- Se colocarán en una altura o posición adecuada próxima al riesgo u objeto a señalar.
- Su ubicación estará bien iluminada, visible y exenta de obstáculos.

Señales de advertencia:	
Forma:	Triangular
Color de fondo:	Amarillo
Color de contraste:	Negro
Color de símbolo:	Negro



Señales de prohibición:	
Forma:	Redonda
Color de fondo:	Blanco
Color de contraste:	Rojo
Color de símbolo:	Negro



Señales de obligación:	
Forma:	Redonda
Color de fondo:	Azul
Color de símbolo:	Blanco



Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios:	
Forma:	Rectangular o cuadrada
Color de fondo:	Rojo
Color de símbolo:	Blanco



Señales de salvamento o socorro:	
Forma:	Rectangular o cuadrada
Color de fondo:	Verde
Color de símbolo:	Blanco



b) Cinta de señalización.

En caso de señalar obstáculos, zonas de caída de objetos, caída de personas a distinto nivel, choques, golpes, etc., se señalará con los antes dichos paneles o bien se delimitará la zona de exposición al riesgo con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 45 °.

c) Cintas de delimitación de zona de trabajo.

Las zonas de trabajo se delimitarán con cintas de franjas alternas verticales de colores blanco y rojo.

6.5.1.2 Iluminación.

Zonas donde se ejecuten tareas con:

- Baja exigencia visual → 100 lux (mínimo).
- Exigencia visual moderada → 200 lux (mínimo).
- Exigencia visual alta → 500 lux (mínimo).
- Exigencia visual muy alta → 1000 lux (mínimo).

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando un error de apreciación visual durante la realización de un trabajo, pueda suponer un peligro para el trabajador o para terceros.

Además, deberá cumplirse que:



- Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad.
- Los equipos portátiles de alumbrado eléctrico serán de 24 V.
- Prohibición total de utilizar iluminación de llama.

6.5.2 Protección de personas en la instalación eléctrica.

La Instalación Eléctrica deberá estar ajustada al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus hojas de interpretación, además de certificada por un instalador autorizado.

La Instalación deberá proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañe peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

El proyecto, la realización y la elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

Los cables serán adecuados a la carga que han de soportar, conectados a las bases mediante clavijas normalizadas, blindados y conexionados con uniones antihumedad y antichoque.

Los fusibles serán blindados y calibrados según la carga máxima a soportar por los interruptores.

Continuidad de la toma de tierra en las líneas de suministro interno de obra con un valor máximo de la resistencia de 80 Ohmios. Las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente.

Las tomas de corriente estarán provistas de conductor de toma a tierra y serán blindadas.

Todos los circuitos de suministro a las máquinas e instalaciones de alumbrado estarán protegidos por fusibles blindados o interruptores magnetotérmicos y disyuntores diferenciales de alta sensibilidad en perfecto estado de funcionamiento.

Distancia de seguridad a líneas de Alta Tensión: $3,3 \text{ metros} + \text{Tensión (en KV)} / 100$. Ante el desconocimiento del voltaje de la línea se mantendrá una distancia de seguridad de 5 metros.

Cuando los trabajos se realicen en condiciones de humedad muy elevadas será preceptivo el empleo de transformadores portátiles de seguridad (de 24 V) o protección mediante transformador de separación de circuitos.



6.5.3 Aparatos elevadores.

Deberán ajustarse a su normativa específica, pero en cualquier caso, deberán satisfacer igualmente las condiciones siguientes (artículo 6C del Anexo IV del R.D. 1627/97):

- Todos sus accesorios serán de buen diseño y construcción, teniendo resistencia adecuada para el uso al que están destinados.
- Deberán instalarse y utilizarse correctamente.
- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido formación adecuada.
- Presentarán, de forma visible, indicación sobre la carga máxima que puedan soportar.
- No podrán utilizarse para fines diferentes de aquellos a los que estén destinados.

Durante la utilización de los mencionados aparatos elevadores, en aras de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, deberán comprobarse los siguientes sistemas preventivos:

- Seguridad de carga máxima: Es el sistema de protección que impide trabajar con cargas superiores a las máximas admitidas por el cabrestante de elevación, es decir, por la carga nominal del pie de flecha.

Normalmente van montadas en pie de flecha o contraflecha y están formadas por arandelas tipo “Schnrr”, accionadas por el tiro del cable de elevación. Al deformarse las arandelas, accionan un microinterruptor que impide la elevación de la carga y en algunos modelos, también que el carro se traslade hacia delante.

Se regulan de forma que con la carga nominal no corten y lo hagan netamente, al sobrepasar esta carga nominal como máximo en un 10 %.

- Seguridad de final de recorrido de gancho de elevación: Consiste en dos microrruptores que impiden la elevación del gancho cuando éste se encuentra en las cercanías del carro y el descenso del mismo por debajo de la cota elegida como inferior (cota cero). De esta forma, se impiden las falsas maniobras de choque del gancho contra el carro y el aflojamiento del cable de elevación por posar el gancho en el suelo.



- El gruísta antes de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera, frenos y velocidades, así como de los licitadores de giro, si los tuviera.
- Si durante el funcionamiento de la grúa se observara que los comandos de la grúa no se corresponden con los movimientos de la misma, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata a la Dirección Técnica de la obra o al Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.
- Evitar en todo momento pasar las cargas por encima de las personas.

6.5.4 Protección contra caídas de altura de personas u objetos.

El riesgo de caída de altura de personas (precipitación, caída al vacío) es contemplado por el Anexo II del R.D. 1627/97 de 24 de Octubre de 1.997 como riesgo especial para la seguridad y salud de los trabajadores, por ello, de acuerdo con los artículos 5.6 y 6.2 del mencionado Real Decreto se adjuntan las debidas preventivas específicas adecuadas.

6.5.4.1 Escaleras portátiles

Tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no supongan un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas.

Las escaleras que tengan que utilizarse en obra habrán de ser preferentemente de aluminio o hierro, a no ser posible se utilizarán de madera, pero con los peldaños ensamblados y no clavados. Estarán dotadas de zapatas, sujetas en la parte superior y sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior..

Previamente a su utilización se elegirá el tipo de escalera a utilizar, en función de la tarea a la que está destinada y se asegurará su estabilidad. No se emplearan escaleras excesivamente cortas o largas, ni empalmadas.

6.5.4.2 Andamios

Los materiales que los formen deberán tener una buena protección contra la corrosión atmosférica debiendo, igualmente, estar exentos de toda impureza o anomalía que puedan afectar su comportamiento en su utilización.

Los elementos de construcción soldados deben ser de acero calmado.



Los dispositivos de unión entre elementos desmontables deben ser eficaces y fáciles de comprobar. Deben permitir un fácil montaje y bloqueo con el fin de ofrecer una total seguridad, que impida cualquier desunión accidental de sus elementos.

La resistencia y la rigidez de las bases deben ser las adecuadas para transmitir con efectividad la carga prevista en el cálculo del andamio, desde éste hasta su nivel de apoyo. La pieza de apoyo de cada base debe tener un espesor mínimo igual a 5 mm y la superficie de contacto con su plano de apoyo debe ser como mínimo de 150 mm². La anchura mínima debe ser de 120 mm.

6.5.5 Protección contra contactos eléctricos.

6.5.5.1. Protección contra contactos eléctricos directos.

Los cables eléctricos que presenten defectos del recubrimiento aislante se habrán de reparar o cambiar para evitar la posibilidad de contactos eléctricos con el conductor.

Los cables deberán estar dotados de clavijas en perfecto estado a fin de que la conexión a los enchufes se efectúe correctamente.

En general se cumplirá lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

6.5.5.2.- Protección contra contactos eléctricos indirectos.

Esta protección consistirá en la puesta a tierra de las masas de la maquinaria eléctrica, asociada a un dispositivo diferencial.

El valor de la resistencia a tierra será tan bajo como sea posible y como máximo será igual o inferior al cociente de dividir la tensión de seguridad, que en locales secos será de 50 V y en los locales húmedos de 24 V, por la sensibilidad en amperios del diferencial.



6.5.6 Normativa a aplicar en las fases de estudio.

6.5.6.1 Normativa general.

Exige el R.D. 1627/97 de 24 de Octubre la realización de este Estudio de Seguridad y Salud que debe contener una descripción de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas preventivas adecuadas; relación de aquellos otros que no han podido evitarse conforme a lo señalado anteriormente, indicando las protecciones técnicas tendentes a reducir los riesgos y las medidas preventivas que los controlen.

Se tendrá en cuenta, la tipología y características de los materiales y elementos que hayan de usarse, determinación del proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos. Tal es lo que se manifiesta en el Proyecto de Obra al que acompaña este Estudio de Seguridad y Salud.

Sobre la base de lo establecido en este estudio, se elaborará el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (artículo 7 del citado R.D.) por el Contratista en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la instalación a que se refiere este Proyecto. En dicho plan se recogerán las propuestas de medidas de prevención alternativas que el contratista crea oportunas siempre que se justifiquen técnicamente y que tales cambios no impliquen la disminución de los niveles de prevención previstos. Dicho plan deberá ser aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de las obras (o por la Dirección Facultativa si no fuera precisa la Coordinación citada).

A tales personas compete la comprobación, a pie de obra, de los siguientes aspectos técnicos previos:

- Revisión de los planos del Proyecto de instalación.
- Replanteo.
- Maquinaria y herramientas adecuadas.
- Medios de transporte adecuados al proyecto.
- Elementos auxiliares precisos.
- Materiales, fuentes de energía a utilizar.
- Protecciones colectivas necesarias, etc.



Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

- Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.
- Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.
- El comienzo de los trabajos, sólo deberá acometerse cuando se disponga de todos los elementos necesarios para proceder a su asentamiento y delimitación definida de las zonas de influencia durante las maniobras, suministro de materiales, así como el radio de actuación de los equipos en condiciones de seguridad para las personas y los restantes equipos.
- Se establecerá un “planning” para el avance de los trabajos, así como la retirada y acopio de la totalidad de los materiales empleados, en situación de espera.
- Se revisará todo lo concerniente a la instalación eléctrica comprobando su adecuación a la potencia requerida y el estado de conservación en el que se encuentra.
- Será debidamente cercada la zona en la cual pueda haber peligro de caída de materiales y no se haya podido apantallar adecuadamente la previsible parábola de caída del material.

6.5.6.2 Protecciones personales.

Cuando los trabajos requieran la utilización de prendas de protección personal, éstas llevarán el sello –CE- y serán adecuadas al riesgo que tratan de paliar, ajustándose en todo a lo establecido en el R.D. 773/97 de 30 de Mayo.

En caso de que un trabajador tenga que realizar un trabajo esporádico en alturas superiores a 2 metros y no pueda ser protegido mediante protecciones colectivas adecuadas, deberá ir provisto de cinturón de seguridad homologado (de sujeción o antiácidas según proceda), en vigencia de utilización (no caducada), con puntos de anclaje no improvisados, sino previstos en proyecto y en la planificación de los trabajos, debiendo acreditar previamente que ha recibido la formación suficiente por parte de sus mandos jerárquicos, para ser utilizado restrictivamente, pero con criterio.



6.5.6.3 Manipulación manual de cargas.

No se manipularán manualmente por un solo trabajador más de 25 Kg.

Para el levantamiento de una carga es obligatorio lo siguiente:

- Asentar los pies firmemente manteniendo entre ellos una distancia similar a la anchura de los hombros, acercándose lo más posible a la carga.
- Flexionar las rodillas, manteniendo la espalda erguida.
- Agarrar el objeto firmemente con ambas manos si es posible.
- El esfuerzo de levantar el peso lo deben realizar los músculos de las piernas
- Durante el transporte, la carga debe permanecer lo más cerca posible del cuerpo, debiendo evitarse los giros de la cintura.

Para el manejo de cargas largas por una sola persona se actuará según los siguientes criterios preventivos:

- Llevará la carga inclinada por uno de sus extremos, hasta la altura del hombro.
- Avanzará desplazando las manos a lo largo del objeto, hasta llegar al centro de gravedad de la carga.
- Se colocará la carga en equilibrio sobre el hombro.
- Durante el transporte, mantendrá la carga en posición inclinada, con el extremo delantero levantado.

Es obligatoria la inspección visual del objeto pesado a levantar para eliminar aristas afiladas.

Es obligatorio el empleo de un código de señales cuando se ha de levantar un objeto entre varios, para aportar el esfuerzo al mismo tiempo. Puede ser cualquier sistema a condición de que sea conocido o convenido por el equipo.



6.5.6.4 Manipulación de cargas con la grúa.

En todas aquellas operaciones que conlleven el empleo de aparatos elevadores, es recomendable la adopción de las siguientes normas generales:

- Señalar de forma visible la carga máxima que pueda elevarse mediante el aparato elevador utilizado.
- Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.
- Emplear para la elevación de materiales recipientes adecuados que los contengan, o se sujeten las cargas de forma que se imposibilite el desprendimiento parcial o total de las mismas.
- Las eslingas llevarán placa de identificación donde constará la carga máxima para la cual estén recomendadas.
- De utilizar cadenas éstas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 de la carga nominal máxima. Estarán libres de nudos y se enrollarán en tambores o polichas adecuadas.
- Para la elevación y transporte de piezas de gran longitud se emplearán palonniers o vigas de reparto de cargas, de forma que permita esparcir la luz entre apoyos, garantizando de esta forma la horizontalidad y estabilidad.
- El gruista antes de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera. Si durante el funcionamiento de la grúa se observara inversión de los movimientos, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata a la Dirección Técnica de la obra.



6.5.6.5 Disposiciones mínimas de seguridad y salud que deberán aplicarse en las obras.

6.5.6.5.1 Relativas a los lugares de trabajo.

Observación: las obligaciones previstas en esta parte del anexo se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

a) Estabilidad y solidez.

- Deberá procurarse de modo apropiado y seguro la estabilidad de los materiales y equipos y, en general, de cualquier elemento que en cualquier desplazamiento pudiera afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores.
- El acceso a cualquier superficie que conste de materiales que no ofrezcan una resistencia suficiente solo se autorizará en caso de que se proporcionen equipos o medios apropiados para que el trabajo se realice de manera segura.
- Los puestos de trabajo móviles o fijos situados por encima o por debajo del nivel del suelo deberán ser sólidos y estables teniendo en cuenta:
 - El número de trabajadores que los ocupen.
 - Las cargas máximas que, en su caso, puedan tener que soportar, así como su distribución.
 - Los factores externos que pudieran afectarles.
- En caso de que los soportes y los demás elementos de estos lugares de trabajo no poseyeran estabilidad propia, se deberá garantizar su estabilidad mediante elementos de fijación apropiados y seguros con el fin de evitar cualquier desplazamiento inesperado o involuntario del conjunto o parte de dichos puestos de trabajo.
- Deberá verificarse de manera apropiada la estabilidad y la solidez y especialmente después de cualquier modificación de la altura del puesto de trabajo.

b) Instalaciones de suministro y reparto de energía.

- La instalación eléctrica de los lugares de trabajo en las obras deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.
- En todo caso y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, dicha instalación deberá satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.



- Las instalaciones deberán proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañen ningún peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.
- El proyecto, la realización y la elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

c) Vías y salidas de emergencia.

- Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.
- En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.
- El número, distribución y dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como del número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.
- Las vías y salidas específicas deberán señalizarse conforme al R.D. 485/97. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.
- Las vías y salidas de emergencia, así como las de circulación y las puertas que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas por ningún objeto para que puedan ser utilizadas sin trabas en ningún momento.
- En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías de salida y emergencia deberán disponer de iluminación de seguridad de la suficiente intensidad.

d) Detección y lucha contra incendios.

- Según las características de la obra y las dimensiones y usos de los locales, los equipos presentes, las características físicas y químicas de las sustancias o materiales y del número de personas que puedan hallarse presentes, se dispondrá de un número suficiente de dispositivos contra incendios .



e) Ventilación.

- Teniendo en cuenta los métodos de trabajo y las cargas físicas impuestas a los trabajadores, éstos deberán disponer de aire limpio en cantidad suficiente.
- Si se utiliza una instalación de ventilación, se mantendrá en buen estado de funcionamiento y no se expondrá a corrientes de aire a los trabajadores.

f) Exposición a riesgos particulares

- Los trabajadores no estarán expuestos a fuertes niveles de ruido, ni a factores externos nocivos (gases, vapores, polvos).
- Si algunos trabajadores deben permanecer en zonas cuya atmósfera pueda contener sustancias tóxicas o no tener oxígeno en cantidad suficiente o ser inflamable, dicha atmósfera deberá ser controlada y deberán adoptarse medidas de seguridad al respecto.
- En ningún caso podrá exponerse a un trabajador a una atmósfera confinada de alto riesgo. Deberá estar bajo vigilancia permanente desde el exterior para que se le pueda prestar un auxilio eficaz e inmediato.

g) Temperatura.

Debe ser adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, teniendo en cuenta el método de trabajo y la carga física impuesta.

h) Iluminación.

- Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación de obras deberán disponer de suficiente iluminación natural (si es posible) y de una iluminación artificial adecuada durante la noche y cuando no sea suficiente la natural.
- Las instalaciones de iluminación de los locales, las vías y los puestos de trabajo deberán colocarse de manera que no creen riesgos de accidentes para los trabajadores.

i) Espacio de trabajo.

Las dimensiones del puesto de trabajo deberán calcularse de tal manera que los trabajadores dispongan de la suficiente libertad de movimientos para sus actividades, teniendo en cuenta la presencia de todo el equipo y material necesario.



j) Primeros auxilios.

- Será responsabilidad del Empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en la todo momento por personal con suficiente formación para ello.
- Así mismo, deberán adoptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina.
- Cuando el tipo de actividad requiera, deberá contarse con uno o varios locales para primeros auxilios.
- Los locales para primeros auxilios deberán estar dotados de las instalaciones y el material de primeros auxilios indispensables y tener fácil acceso para las camillas. Deberán estar señalizados conforme el Real Decreto sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- En todos los lugares en los que las condiciones de trabajo lo requieran, se deberá disponer también de material de primeros auxilios, debidamente señalizado y de fácil acceso.
- Una señalización claramente visible deberá indicar la dirección y el número de teléfono del servicio local de urgencia.

k) Caídas de objetos.

- Los trabajadores deberán estar protegidos contra la caída de objetos o materiales, para ello se utilizarán, siempre que sea técnicamente posible, medidas de protección colectiva.
- Cuando sea necesario, se establecerán pasos cubiertos o se impedirá el acceso a las zonas peligrosas.
- Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco.

l) Caídas de altura.

- Las plataformas, andamios y pasarelas, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente.



- Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.
- Los trabajos en altura solo podrán efectuarse en principio con la ayuda de equipos concebidos para tal fin, o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberán disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalentes.
- La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, periodo de no utilización o cualquier otra circunstancia.

m) Andamios y escaleras.

- Los andamios deberán proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite su desplome o desplazamiento accidentalmente.
- Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios, deberán construirse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas tengan o estén expuestas a caídas de objetos. A tal efecto, sus medidas se ajustarán al número de trabajadores que vayan a utilizarlos.
- Los andamios deberán ir inspeccionados por una persona competente:
 - Antes de su puesta en servicio.
 - A intervalos regulares en lo sucesivo.
 - Después de cualquier modificación, periodo de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia o a su estabilidad.

- Los andamios móviles deberán asegurarse contra los desplazamientos involuntarios.

n) Instalaciones, máquinas y equipos.

- Las instalaciones, máquinas y equipos utilizados en las obras deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso y a salvo de las disposiciones específicas de la normativa citada, deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.



- Las instalaciones, máquinas y equipos incluidas las herramientas manuales o sin motor, deberán:
 - Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta en la medida de lo posible los principios de la ergonomía.
 - Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
 - Utilizarse exclusivamente para los trabajadores que hayan recibido una formación adecuada.
- Las instalaciones y los aparatos a presión deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

o) Instalaciones de distribución de energía.

- Deberán verificarse y mantenerse con regularidad las instalaciones de distribución de energía presentes en la obra, en particular las que estén sometidas a factores externos.
- Las instalaciones existentes antes del comienzo de la obra, deberán estar localizadas, verificadas y señalizadas claramente.

6.5.6.5.2 Normativa particular a trabajos en redes eléctricas.

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

- Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.
- Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.

Después de haber realizado las operaciones previas (apertura de circuitos, bloqueo de los aparatos de corte y verificación de la ausencia de tensión) a la realización de los trabajos eléctricos, se deberán realizar en el propio lugar de trabajo, las siguientes:

- Verificación de la ausencia de tensión y de retornos.
- Puesta en cortocircuito lo más cerca posible del lugar de trabajo y en cada uno de los conductores sin tensión, incluyendo el neutro. Si la red conductora es aislada y no puede realizarse la puesta en cortocircuito, deberá procederse como si la red estuviera en tensión, en cuanto a protección personal se refiere.



- Delimitar la zona de trabajo, señalizándola adecuadamente si existe la posibilidad de error en la identificación de la misma.

Protecciones personales:

- Los guantes aislantes, además de estar perfectamente conservados y ser verificados frecuentemente, deberán estar adaptados a la tensión de las instalaciones o equipos en los cuales se realicen trabajos o maniobras.
- En los trabajos y maniobras sobre fusibles, seccionadores, bornas o zonas en tensión en general, en los que pueda cebarse intempestivamente el arco eléctrico, será preceptivo el empleo de:
 - Casco de seguridad normalizado para Alta Tensión.
 - Pantalla facial de policarbonato don atalaje aislado.
 - Gafas con ocular filtrante de color ópticamente neutro.
 - Guantes dieléctricos (en la actualidad se fabrican hasta 30.000 V), o si se necesita mucha precisión, guantes de cirujano bajo guantes de tacto en piel de cabritilla curtida al cromo con manguitos incorporados (tipo taponero).

Para garantizar la seguridad de los trabajadores y para minimizar la posibilidad de que se produzcan contactos eléctricos directos, al intervenir en instalaciones eléctricas realizando trabajos sin tensión; se seguirán al menos tres de las siguientes reglas (cinco reglas de oro de la seguridad eléctrica):

- Los trabajos en tensión se realizarán cuando existan causas muy justificadas.
- Se realizarán por parte de personal autorizado y adiestrado en los métodos de trabajo a seguir, estando en todo momento presente un Jefe de trabajos que supervisará la labor del grupo de trabajo.
- Las herramientas que utilicen y las prendas de protección personal deberán ser homologados.

Al realizar trabajos en proximidad a elementos en tensión, se informará al personal de este riesgo y se tomarán las siguientes precauciones.

- En un primer momento, se considerará si es posible cortar la tensión en aquellos elementos que producen el riesgo.



- Si no es posible cortar la tensión, se protegerá mediante mámparas aislantes (vinilo).

6.5.6.5.3 Normativa particular a cada medio a utilizar.

a) Herramientas de corte.

Causas de los riesgos:

- Rebabas en la cabeza de golpeo de la herramienta.
- Rebabas en el filo de corte de la herramienta.
- Extremo poco afilado.
- Sujetar inadecuadamente la herramienta o material a talar o cercenar.
- Mal estado de la herramienta.

Medidas de prevención:

- Las herramientas de corte no deben presentar un filo peligroso.
- La cabeza no debe presentar rebabas.
- Los dientes de las sierras deberán estar bien afilados y triscados. La hoja deberá estar bien templada (sin recalentamiento) y correctamente tensada.
- Cada tipo de sierra sólo se empleará en la aplicación específica para la que ha sido diseñada.
- En el empleo de alicates y tenazas y para cortar alambre, se girará la herramienta en plano perpendicular al alambre, sujetando uno de los lados y no imprimiendo movimientos laterales.
- No emplear este tipo de herramientas para golpear.

Medidas de protección:

- En trabajos de corte en que los recortes sean pequeños, es obligatorio el uso de gafas de protección contra proyección de partículas.
- Si la pieza a cortar es de gran volumen, se deberá planificar el corte de forma que el abatimiento no alcance al operario o sus compañeros.
- En el afilado de estas herramientas se usarán guantes y gafas de seguridad.



b) Herramientas de percusión.

Causas de los riesgos:

- Mangos inseguros, rajados o ásperos.
- Rebabas en aristas de cabeza.
- Uso inadecuado de la herramienta.

Medidas de prevención:

- Rechazar toda maceta con el mango defectuoso.
- No tratar de arreglar un mango rajado.
- La maceta se usará exclusivamente para golpear y siempre con la cabeza.
- Las aristas de la cabeza han de ser ligeramente romas.

Medidas de protección:

- Empleo de prendas de protección adecuadas, especialmente gafas de seguridad o pantallas faciales de rejilla metálica o policarbonato.
- Las pantallas faciales serán preceptivas si en las inmediaciones se encuentran otros operarios trabajando.

c) Herramientas punzantes.

Causas de los riesgos:

- Cabezas de cinceles y punteros floreados con rebabas.
- Inadecuada fijación al astil o mango de la herramienta.
- Material de calidad deficiente.
- Uso prolongado sin adecuado mantenimiento.
- Maltrato de la herramienta.
- Utilización inadecuada por negligencia o comodidad.



- Desconocimiento o imprudencia del operario.

Medidas de prevención:

- En cinceles y punteros comprobar las cabezas antes de comenzar a trabajar y desechar aquellos que presenten rebabas, rajadas o fisuras.
- No se lanzarán las herramientas, sino que se entregarán en la mano.
- Para un buen funcionamiento, deberán estar bien afiladas y sin rebabas.
- No cincelar, taladrar, marcar, etc nunca hacia uno mismo ni hacia otras personas. Deberá hacerse hacia fuera y procurando que nadie está en la dirección del cincel.
- No se emplearán nunca los cinceles y punteros para aflojar tuercas.
- El vástago será lo suficientemente largo como para poder cogerlo cómodamente con la mano o bien utilizar un soporte para sujetar la herramienta.
- No mover la broca, el cincel, etc hacia los lados para así agrandar un agujero, ya que puede partirse y proyectar esquirlas.
- Por tratarse de herramientas templadas no conviene que cojan temperatura con el trabajo ya que se tornan quebradizas y frágiles. En el afilado de este tipo de herramientas se tendrá presente este aspecto, debiéndose adoptar precauciones frente a los desprendimientos de partículas y esquirlas.

Medidas de protección:

- Deben emplearse gafas anti-impactos de seguridad, homologadas para impedir que esquirlas y trozos desprendidos de material puedan impactar en el ojo.
- Se dispondrá de pantallas faciales protectoras abatibles, si se trabaja en la proximidad de otros operarios.
- Utilización de protectores de goma maciza para asir la herramienta y absorber el impacto fallido (protector tipo “Gomanos” o similar).

d) Máquinas eléctricas portátiles.

De forma genérica, las medidas de seguridad a adoptar al utilizar las máquinas eléctricas portátiles son las siguientes:



- Cuidar de que el cable de alimentación está en buen estado, sin presentar abrasiones, aplastamientos, punzaduras, cortes o cualquier otro defecto.
- Conectar siempre la herramienta mediante clavija y enchufe adecuados a la potencia de la máquina.
- Asegurarse de que el cable de tierra existe y tiene continuidad en la instalación si la máquina a emplear no es de doble aislamiento.
- Al terminar se dejará la máquina limpia y desconectada de la corriente.
- Cuando se empleen en emplazamientos muy conductores (lugares muy húmedos, dentro de grandes masas metálicas, etc.) se utilizarán herramientas alimentadas a 24 V como máximo o mediante transformadores separadores de circuitos.
- El operario debe estar adiestrado en el uso y conocer las presentes normas.

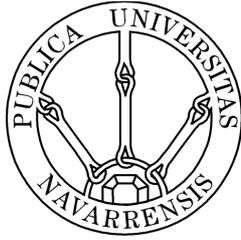
6.6 Legislación de aplicación al presente estudio.

- LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES (LEY 31/95 DE 8/11/95).
- REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN (R.D. 39/97 DE 7/1/97).
- DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (R.D. 485/97 DE 14/4/97).
- DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO (R.D. 486/97 DE 14/4/97).
- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN. (R.D. 842/2002 DE 2/8/02).
- REGLAMENTOS SOBRE: SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD, MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS.(MARIANO UNZETA LOPEZ)

Fdo. José Javier de Antonio Goñi



PAMPLONA, Abril de 2011



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 7: BIBLIOGRAFÍA

Alumno: José Javier de Antonio Goñi

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

Pamplona Abril de 2011



BIBLIOGRAFÍA



ÍNDICE

7.1. Reglamento, normativas y libros.....	3
7.2. Páginas Web de empresas	5
7.2.1. Direcciones de Empresas cuyos productos han sido utilizados en el presente proyecto.....	5
7.2.2. Direcciones de Empresas consultadas	6
7.3. Otras direcciones web de interés	7



7.1. Reglamento, normativas y libros

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

- Reglamento electrotécnico para Baja Tensión, que fue aprobado por el consejo de Ministros, reflejado en el Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002 y publicado en el BOE N°.224 de fecha 18 de septiembre de 2002.
- Instrucciones Técnicas Complementarias de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Instrucciones ITC-BT). Orden del 2 de agosto de 2002 del Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- 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 de leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- 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.
- Manual del alumbrado Westinghouse. Ed. CIE Inversiones editoriales. 4ª Edición.
- Instalación de NTE-IE electricidad. Normas Tecnológicas de la edificación. Ed. Paraninfo 1996. José Carlos Toledano.
- Instalaciones eléctricas. Tomos I, II, III. Ed. Siemens Aktiengesellschaft 1989. Günter G. Seip.
- Puesta a tierra en edificios y en instalaciones eléctricas. Ed. Paraninfo 1997. Juan José Martínez Requera y José Carlos Toledano Gasca.
- Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Canalizaciones, Materiales de alta y baja tensión y Centrales. Paul Hering
- Protecciones en las instalaciones eléctricas. Paulino Montané.
- Catalogo Compact NSX Masterpact, Interpact Vigirex y powerlogic(schneider electric).



- Catálogo Aparamenta Modular, Cofrets Modulares, Tomas industriales (Schneider Electric).
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría. Unesa. Febrero 1989.
- Normas Tecnológicas de la Edificación, Instalaciones: IEB: Baja tensión; IEI: Alumbrado interior; IEP: Puesta a tierra.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Anexo IV: Reglamento de iluminación en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre. Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.
- NBE-CPI/96: condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios, aprobada por el Real Decreto 2177/1996, de 4 de octubre, y publicada en el BOE el día 29 de octubre de 1996.
- Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “Iberdrola distribución eléctrica S.A.”
- Ley de prevención de riesgos laborales. Real Decreto 31/1995, de 8 de noviembre.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Reglamentos sobre: señalización de seguridad, manipulación manual de cargas.(Mariano Unzeta Lopez)



7.2. Páginas Web de empresas

7.2.1. Direcciones de Empresas cuyos productos han sido utilizados en el presente proyecto

En este apartado se adjuntan las direcciones web de las empresas cuyos productos han sido aplicados en el presente proyecto. En dichas páginas web se pueden encontrar los catálogos donde vienen los productos con sus características técnicas, regencias y en muchos casos el precio. En los casos donde no aparece el precio se ha tenido que consultar el precio de los productos vía e-mail con la empresa en cuestión. Las empresas y productos son los siguientes:

- PIRELLI. <http://www.pirelli.es>

Conductor DHZ1 12/20 kV para conexiones en A.T en el CT.
Conductor HEPR-Z1 12/20 kV para Acometida.
Terminales enchufables y atornillables en "T".
Conductor de cobre aislado DN-RA 0.6/1 kV.
Conductores para la distribución de energía en BT por la nave.

- MERLIN GERIN. <http://www.schneiderelectric.es>

Transformador de potencia 1000 kVA, 13,2/0,4 kV.
Interruptor automático diferencial
Interruptor magnetotérmico

- KLK ELECTRO MATERIALES. <http://www.klk.es>

Picas para las Puestas a Tierra.

- PHILIPS. <http://www.eurlighting.philips.com>

Lámparas y luminarias.

- LEGRAND. <http://www.legrandelectric.com>

Luminarias de Emergencia y Señalización.



- PEMSA. <http://www.pemsa.com>

Tubos de PVC para canalización de conductores.
Soportes horizontales para bandeja.

7.2.2. Direcciones de Empresas consultadas

En este apartado se cita una relación de empresas y sus direcciones web, clasificadas según los productos que fabrican relacionados con este proyecto, incluidas las utilizadas en el proyecto. Este apartado puede ser de utilidad para la futura ampliación o reforma en la nave industrial del presente proyecto u otros.

- *EDIFICIOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN PARA CT*

SCHNEIDER ELECTRIC. <http://www.schneiderelectric.es>
ORMAZÁBAL. <http://www.ormazabal.com>, C.T
POSTES NERVIÓN. <http://www.postesnervion.es>
IBERAPA. <http://www.iberapa.es>
INAEL. <http://www.inael.es>

- *CELDA MODULARES CON AISLAMIENTO EN SF6*

SCHNEIDER ELECTRIC. <http://www.schneiderelectric.es>
ORMAZÁBAL. <http://www.ormazabal.com>
IBERAPA. <http://www.iberapa.es>
INAEL. <http://www.inael.es>
MESA. <http://www.me-sa.es>
ABB. <http://www.abb.es>

- *TRANSFORMADORES DE POTENCIA*

SCHNEIDER ELECTRIC. <http://www.schneiderelectric.es>
PAUWELS. <http://www.pauwels.com>
COTRADIS. <http://www.cotradis.com>
MESA. <http://www.me-sa.es>
ABB. <http://www.abb.es>
INCOESA. <http://www.incoesa.com>
IMEFY. <http://www.imefy.com>

- *TRANSFORMADORES DE MEDIDA*

ARTECHE. <http://www.artech.com>
SCHNEIDER ELECTRIC. <http://www.schneiderelectric.es>



- *PICAS Y ACCESORIOS PARA PUESTAS A TIERRA*

KLK ELECTRO MATERIALES. <http://www.klk.es>

INDUSTRIAS ARRUTI. <http://www.arruti.com>

- *CABLES Y ACCESORIOS*

BICC GENERAL CABLE. <http://www.generalcable.com>

PIRELLI. <http://www.pirelli.es>

INCASA. <http://www.incasa-cables.com>

DRAKA. <http://www.draka.es>

FACOSA. <http://www.facosa.com>

- *TUBOS DE CANALIZACIÓN*

TUBIFOR. <http://www.directindustry.com>

DEUTSCH-NEUMANN <http://www.directindustry.com>

DURAPIPE. <http://www.directindustry.com>

EUROPWER. <http://www.directindustry.com>

HYDRAULICS. <http://www.directindustry.com>

AGRO. <http://www.directindustry.com>

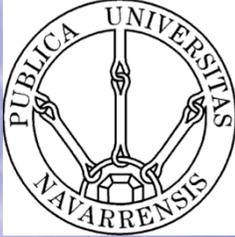
7.3. Otras direcciones web de interés

- <http://www.energuia.com>
- <http://www.sercobe.es>
- <http://www.arqui.com>
- <http://www.procuno.com>
- <http://www.electroindustria.com>
- <http://bdd.unizar.es>
- <http://www.coitiab.es/reglamentos/electricidad/jccm>
- <http://www.unesa.es>
- <http://www.iberdrola.es>
- <http://www.voltimum.es>
- <http://www.cnice.mec.es>
- http://www.uclm.es/area/ing_rural/BibliotecaProyectos.htm
- http://www.ingtecmech.uji.es/EPyPFC/PFC_leidos.htm



Fdo. José Javier de Antonio Goñi

PAMPLONA, Abril de 2011



INSTALACIÓN ELECTRICA EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL

Autor : José Javier de Antonio Goñi

Tutor: José Javier Crespo Ganuza

upna Pamplona, Abril de 2011
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

Objeto del proyecto

E.T.S.I.I.T.

- Diseño, calculo y descripción del montaje, maquinaria y materiales que son necesarias, según la normativa vigente, para la instalación eléctrica en B.T. de una nave industrial destinada a la Inyección de materiales plásticos.
- Diseño de la instalación y elección de los componentes necesarios para la conexión al sist. Eléctrico de M.T. y la transformación de la energía para poder ser usada por los receptores.

Normativa

E.T.S.I.I.T.

- Reglamento electrotécnico de baja tensión, reflejado en el Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002 e instrucciones complementarias.
- Reglamento electrotécnico de centros de transformación según el Real Decreto 3275/1982 del 12 de Noviembre de 1982.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.

Ubicación

E.T.S.I.I.T.



Nave industrial situada en el término municipal de Barbatain (Navarra). Parcela 17 del Polígono Comarca II

Pasos realizados

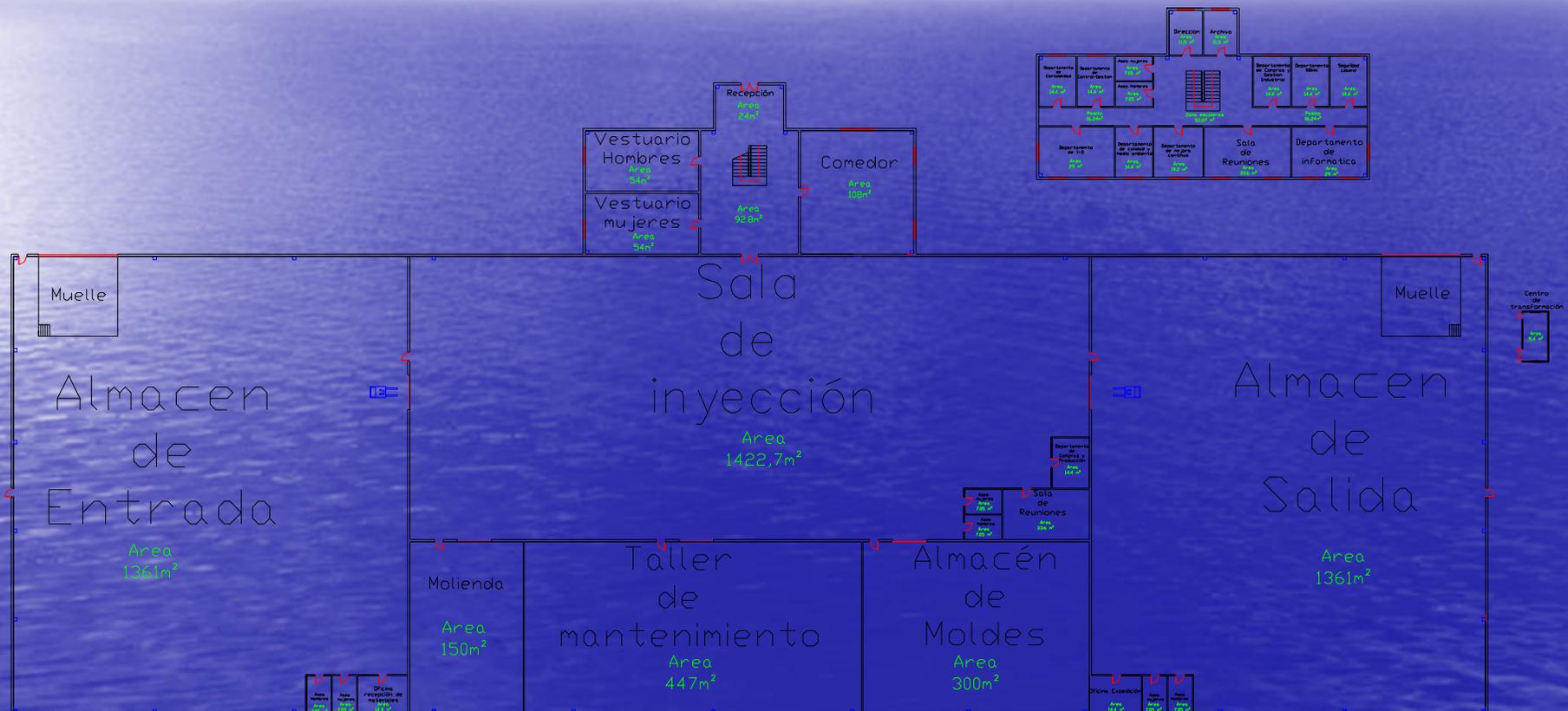
E.T.S.I.I.T.

1. Obtención datos de partida
 - Dimensiones y situación del local.
 - N^o, situación y potencias de maquinas en el taller.
2. Estudio y cálculo del alumbrado de la nave.
3. Cálculo de potencia prevista.
4. Diseño del Centro de Transformador.
5. Diseño de los cuadros y circuitos. Calculo de secciones de los conductores.
6. Selección de protecciones.
7. Diseño de puesta a tierra.

Descripción general de la Nave

E.T.S.I.I.T.

- La superficie total construida es de 5966,16 m². Altura: 8 y 3,5 m.(oficinas)
- Las distintas áreas de la nave son:



Demanda de Potencia de la Maquinaria

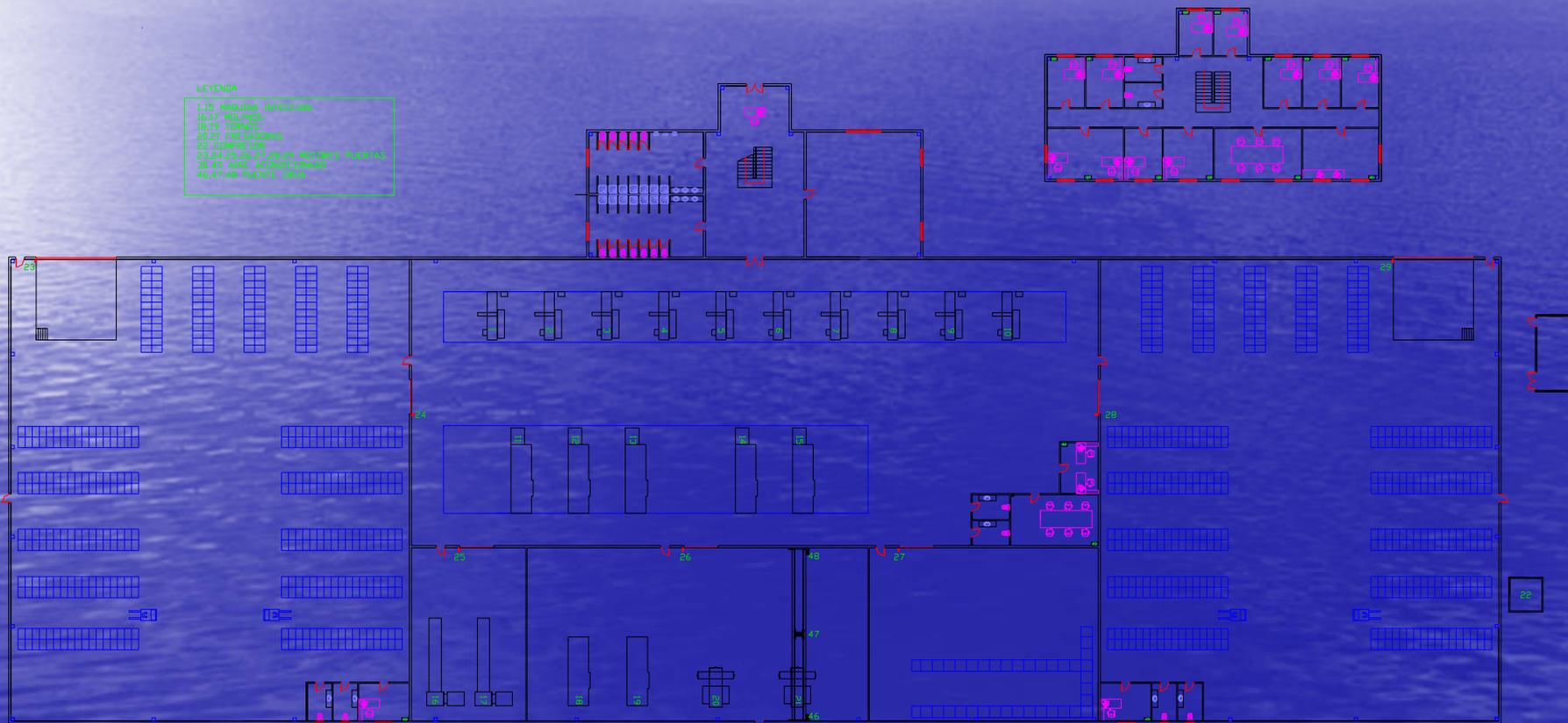
E.T.S.I.I.T.

MAQUINA	W/Und	Nº	W
Puert. Atm	750	5	3750
Puente Grúa	10000	1	10000
Torno	4000	2	8000
Fresadora	6400	2	12800
Puerta Muelle	1000	2	2000
Compresor	9500	1	9500
Molino	10000	2	20000
Maq Inyección 1	8500	10	85000
Maq Inyección 2	13000	5	65000
Aire acond.	1600	16	25600
TOTAL			231650

Situación Maquinaria

E.T.S.I.I.T.

- LEYENDA
- 1.15 MAQUINA INYECCION
 - 16.17 MOLINOS
 - 18.19 TORNOS
 - 20.21 FRESSADORAS
 - 22 COMPRESOR
 - 23,24,25,26,27,28,29 MOTORES PUERTAS
 - 30.45 AIRE ACONDICIONADO
 - 46,47,48 PUENTE GRUA



Cálculo de alumbrado interior y exterior y soluciones adoptadas

E.T.S.I.I.T.

- He calculado un alumbrado de tipo general, no se ha precisado un alumbrado localizado en ninguna de las estancias de la nave.
- Se utiliza un sistema de iluminación directa, ya que se buscan altos niveles de iluminación en el plano de trabajo de una manera económica.
- Se procura minimizar el efecto de sombras y deslumbramientos que acarrea este tipo de iluminación.
- Solución adoptada:
 - En las oficinas y demás locales de pequeña altura se ha utilizado fluorescentes de 58W.
 - En pasillos he colocado fluorescentes compactas de 36 W.
 - Y en el taller, almacenes, molienda y sala de inyección debido a sus grandes dimensiones y alturas, por proyectores suspendidos con lámparas de halogenuros metálicos de 400 W.
 - En el exterior se ha diferenciado 3 zonas y se ha utilizado lámparas de halogenuros metálicos de 250 W.

Alumbrado de emergencia

E.T.S.I.I.T.

- El tipo de alumbrado de emergencia elegido es no centralizado y no permanente.
- Se cumple con la normativa, colocando en todas las salidas una luminaria y en todos aquellos lugares en donde sea necesario.
- Prescripciones generales:
 - La dotación mínima será de 5 lux.
 - El flujo luminoso mínimo será de 30 Lm.
 - El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora.

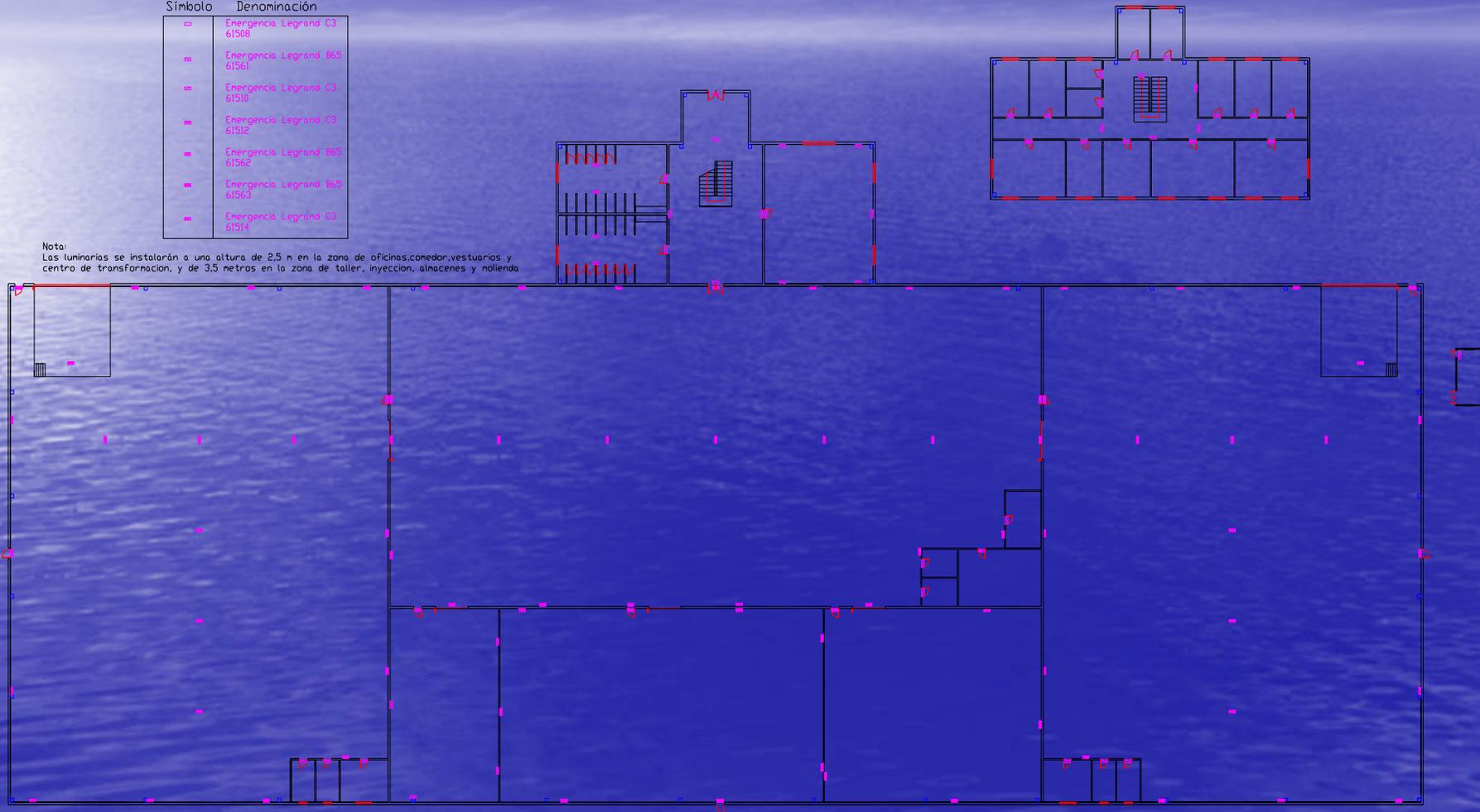
Alumbrado de Emergencia Situación

E.T.S.I.I.T.

SIMBOLOGIA ELECTRICA

Símbolo	Denominación
□	Emergencia Legrand C3 6150B
□	Emergencia Legrand 369 61561
□	Emergencia Legrand C3 61510
□	Emergencia Legrand C3 61512
□	Emergencia Legrand 369 61562
□	Emergencia Legrand 369 61563
□	Emergencia Legrand C3 61511

Nota:
Los luminarios se instalarán a una altura de 2,5 m en la zona de oficinas, comedor, vestuarios y centro de transformación, y de 3,5 metros en la zona de taller, inyección, almacenes y nollendo.



Potencia demandada por el alumbrado

E.T.S.I.I.T.

CUADRO	ALUMBRADO INTERIOR	ALUMBRADO DE EMERGENCIA	ALUMBRADO EXTERIOR
Taller	6000 W	48 W	
Cuadro Almacén de Entrada	22400 W	126 W	1500 W
Cuadro Almacén de Salida	22400 W	126 W	1500 W
Molienda	2400 W	30 W	
Cuadro Inyección	21200 W	144 W	
Cuadro Oficina Inyección	1182 W	24 W	
Cuadro Almacén de Moldes	4800 W	30 W	
Cuadro Of Almac.de Entrada	492 W	18 W	
Cuadro Of Almac.de Salida	492 W	18 W	
Cuadro Primera Planta	5824 W	84 W	
Cuadro Planta Baja	2636 W	120 W	750 W
TOTAL	89826 W	768 W	3750 W

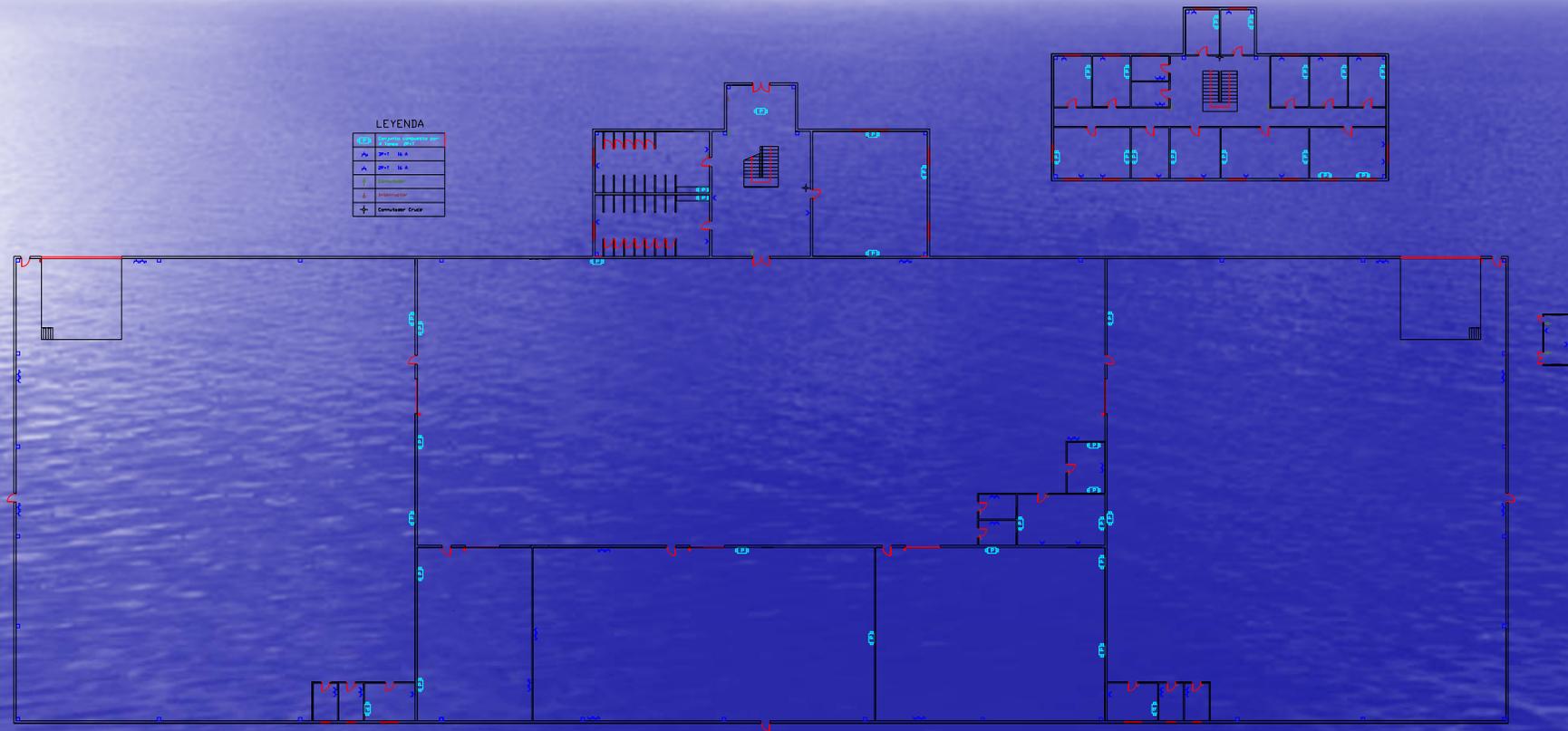
Diseño de las tomas de corriente

E.T.S.I.I.T.

- Para el calculo de las tomas de corriente se ha tenido en las exigencias del cliente.
- Parámetros principales:
 - Tomas Monofásicas
 - 197 tomas de corriente monofásicas de 16 A.
 - Tomas Trifásicas
 - 26 tomas de corriente monofásicas de 16 A.
- En las oficinas se ha limitado el consumo a 2300 W(10A) en cada oficina. Salvo excepciones.
- En Almacenes, taller, molienda y sala de inyección se ha limitado el consumo a 4600 W tomas monofásicas y 9700 W tomas trifásicas.

Situación Tomas

E.T.S.I.I.T.



Acometida

E.T.S.I.I.T.

- Características principales (IBERDROLA):
 - Tensión: 13,2 KV.
 - Frecuencia: 50 Hz
 - Potencia de cortocircuito de la red: 500 MVA
- Descripción:
 - Línea subterránea, de 19 metros. Zanja a 0,7 m.
 - 2 Tubos de PVC de 110 mm de diámetro. Conductores de aluminio de 50 mm² de sección.

Centro de transformación

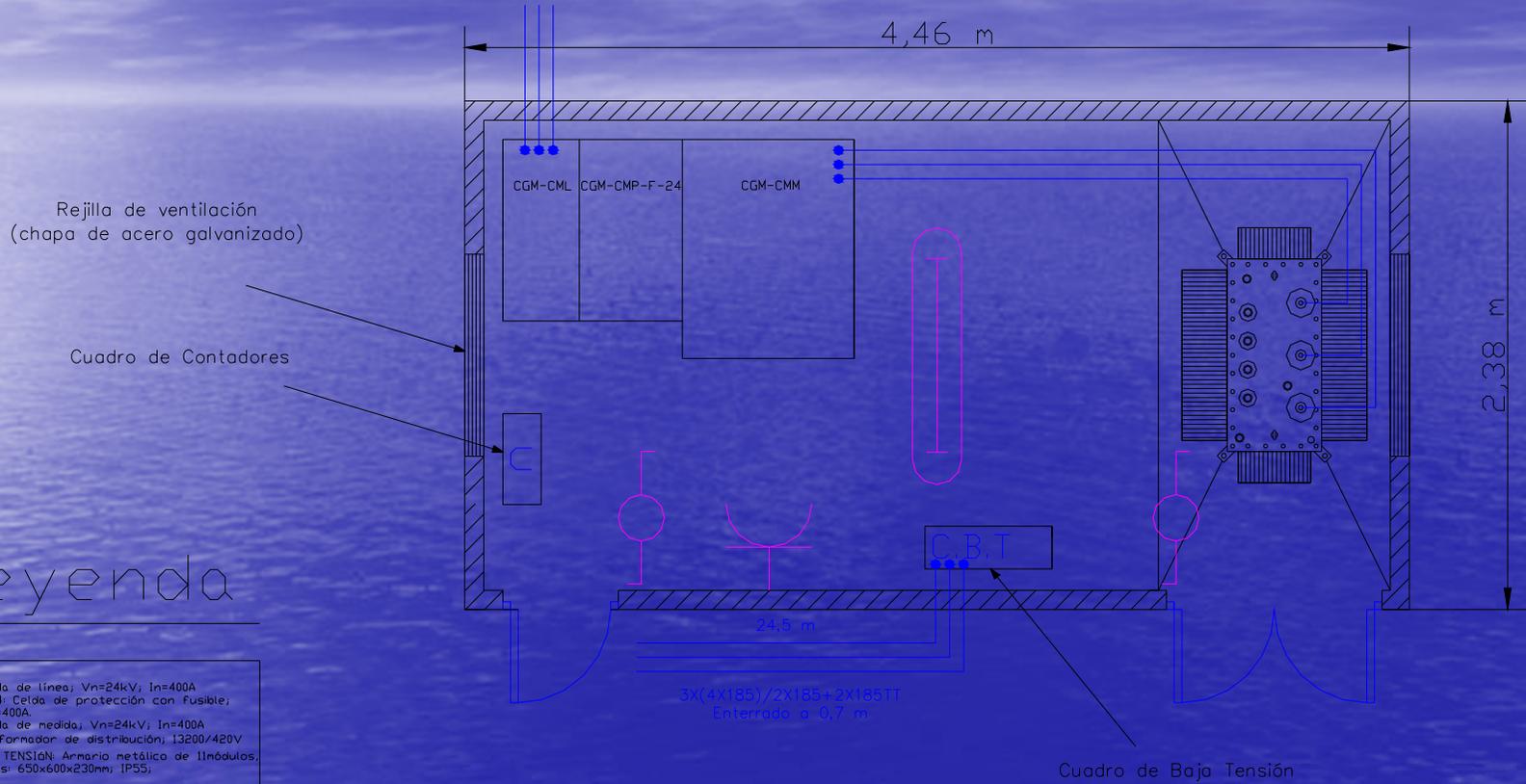
E.T.S.I.I.T.

- El diseño del centro se hará cumpliendo las disposiciones de:
 - Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e ITCs.
 - Reglamento electrotécnico de baja tensión e ITCs.
 - Reglamento de verificaciones eléctricas.
 - Normas UNE y recomendaciones Unesa que sean aplicables.
 - Normas particulares de la compañía suministradora.
 - Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

Principales componentes del C.T.

E.T.S.I.I.T.

- Transformador de potencia nominal 1000 kVA.
- 1 Celda de línea de Ormazabal CGM-CML .
 - Indicador de presencia de tensión.
 - Seccionador de puesta a tierra. $I_n=50$ A.
 - Indicador de presencia de sección
- 1 Celda de protección con fusibles de Ormazabal CGM-CMP-F-24.
 - Interruptor automático de corte con fusibles (3x63A).
 - Seccionador de puesta a tierra. $I_n=50$ A.
 - Indicador de presencia de sección
- 1 Celda de medida Ormazabal CGM-CMM.
 - Transformadores de tensión de relación 13200-22000/110
 - Transformadores de intensidad de relación 30-60/5 A.
 - 1 Cuadro general de B.T.
- Cuadro de contadores.
- 1 Cuadro general de B.T.
- Ventilación. Rejillas para ventilar por convección natural.



Leyenda

	CGM-CML: Celda de línea; Vn=24kV; In=400A
	CGM-CMP-F-24: Celda de protección con fusible; Vn=24kV; In=400A.
	CGM-CMM: Celda de medida; Vn=24kV; In=400A
	TRAFD: TransFormador de distribución; 13200/420V
	CUADRO BAJA TENSión: Armario metálico de 11módulos, de dimensiones: 650x600x230mm, IP55;
	MASTER TL-D SUPER 80 58W/840 SLV
	PHILIPS PACIFIC TCW 596-D58 WLC LW TW3
	Interruptor Conmutador
	Toma Monofásica

Puesta a tierra del centro de transformación

E.T.S.I.I.T.

- Para el cálculo de la puesta a tierra del centro de transformación, me he basado en la instrucción MIE-RAT 13 y en el documento editado por UNESA, titulado: “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”.
- Se ha establecido una instalación con dos tierras: tierra de servicio y tierra de protección.
 - 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 y la carcasa del transformador.
 - 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.

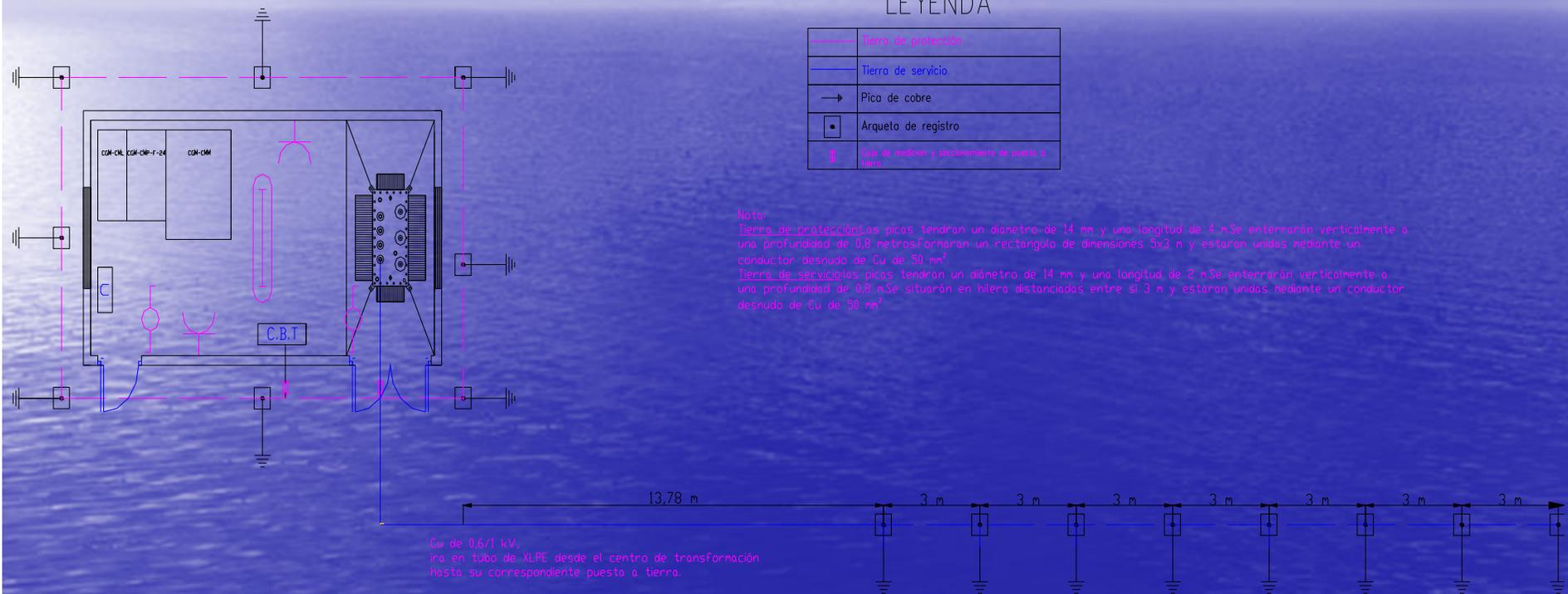
LEYENDA

	Tierra de protección
	Tierra de servicio
	Pica de cobre
	Arqueta de registro
	Caja de medición y seccionamiento de puesta a tierra

Nota:

Tierra de protección: Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 metros. Formarán un rectángulo de dimensiones 5x3 m y estarán unidas mediante un conductor desnudo de Cu de 50 mm².

Tierra de servicio: Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 m. Se situarán en hilera distanciadas entre sí 3 m y estarán unidas mediante un conductor desnudo de Cu de 50 mm².



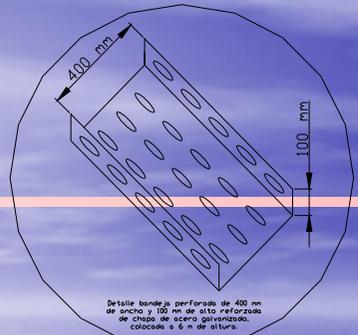
Cálculo de la sección de conductores

E.T.S.I.I.T.

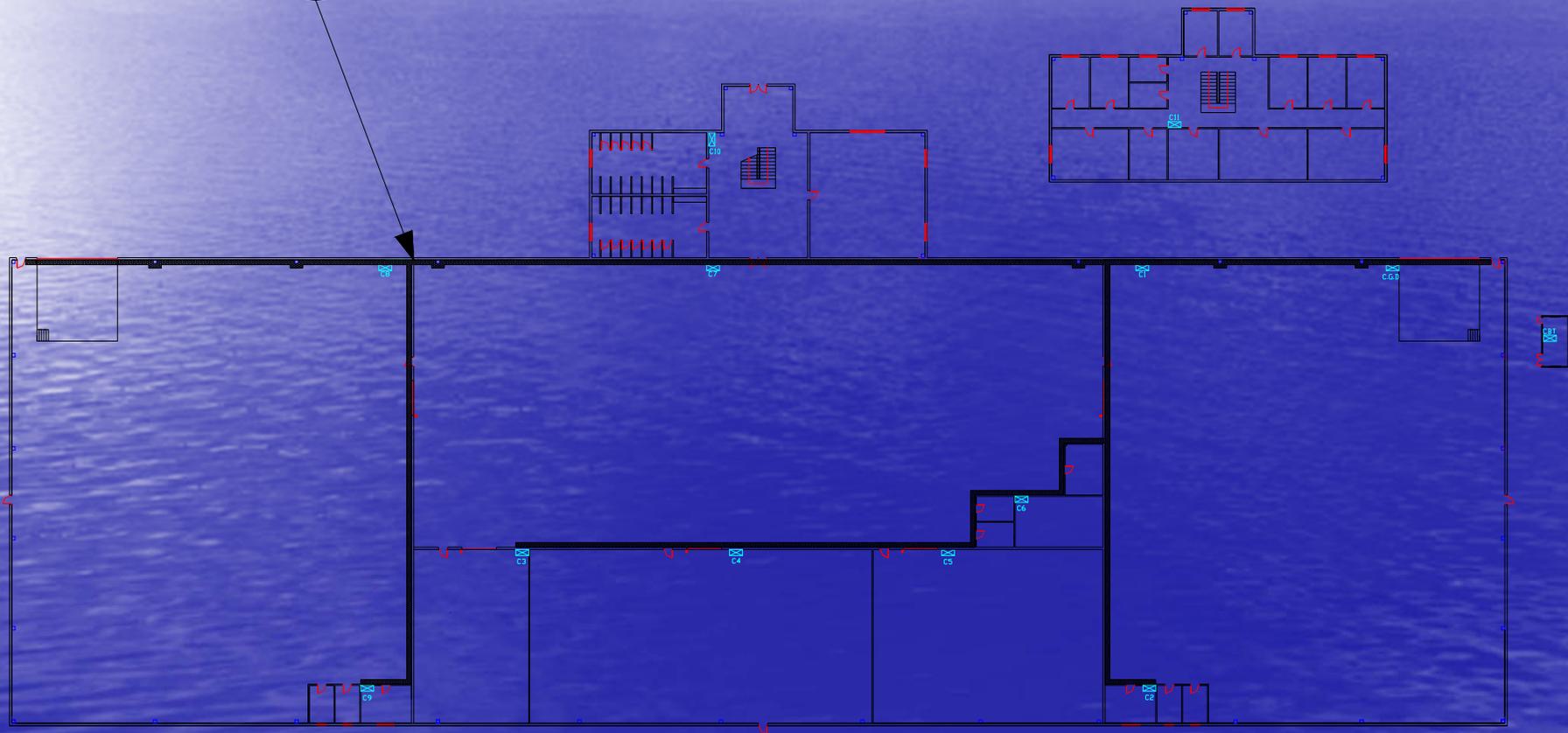
1. Datos de partida (Potencia y tipo de receptor, factor de potencia, longitud, núm. de fases).
2. Elegir sección utilizando el criterio térmico y el criterio de caída de tensión. De las dos secciones obtenidas se escoge la mayor cumpliendo los dos criterios .
3. Después de elegir la sección, se elegirá la sección del neutro y del conductor de protección.
4. Solución adoptada:
 - Tipo de material conductor: Cobre.
 - Material de la cubierta aislante: XLPE.
 - Nivel de aislamiento: 0,6/1kV.
 - Tipo de instalación: Bajo tubo (PVC), al aire o en bandeja perforada.

LEYENDA

	CB1: Cuadro de baja Tensión
	CGD: Cuadro General de Distribución
	C1: Cuadro Almacen de Salida
	C2: Cuadro Oficina Almacen de Salida
	C3: Cuadro Molenda
	C4: Cuadro de Teller
	C5: Cuadro Almacen de Molas
	C6: Cuadro Oficina Inyección
	C7: Cuadro Inyección
	C8: Cuadro Almacen de Entrada
	C9: Cuadro Oficina Almacen de Entrada
	C10: Cuadro Planta Baja
	C11: Cuadro Primera Planta
	Bandeja



Detalle bandeja perforada de 400 mm de ancho y 100 mm de alto reforzada de crapas de acero galvanizado, colocada a 6 m de altura.



Calculo de las protecciones

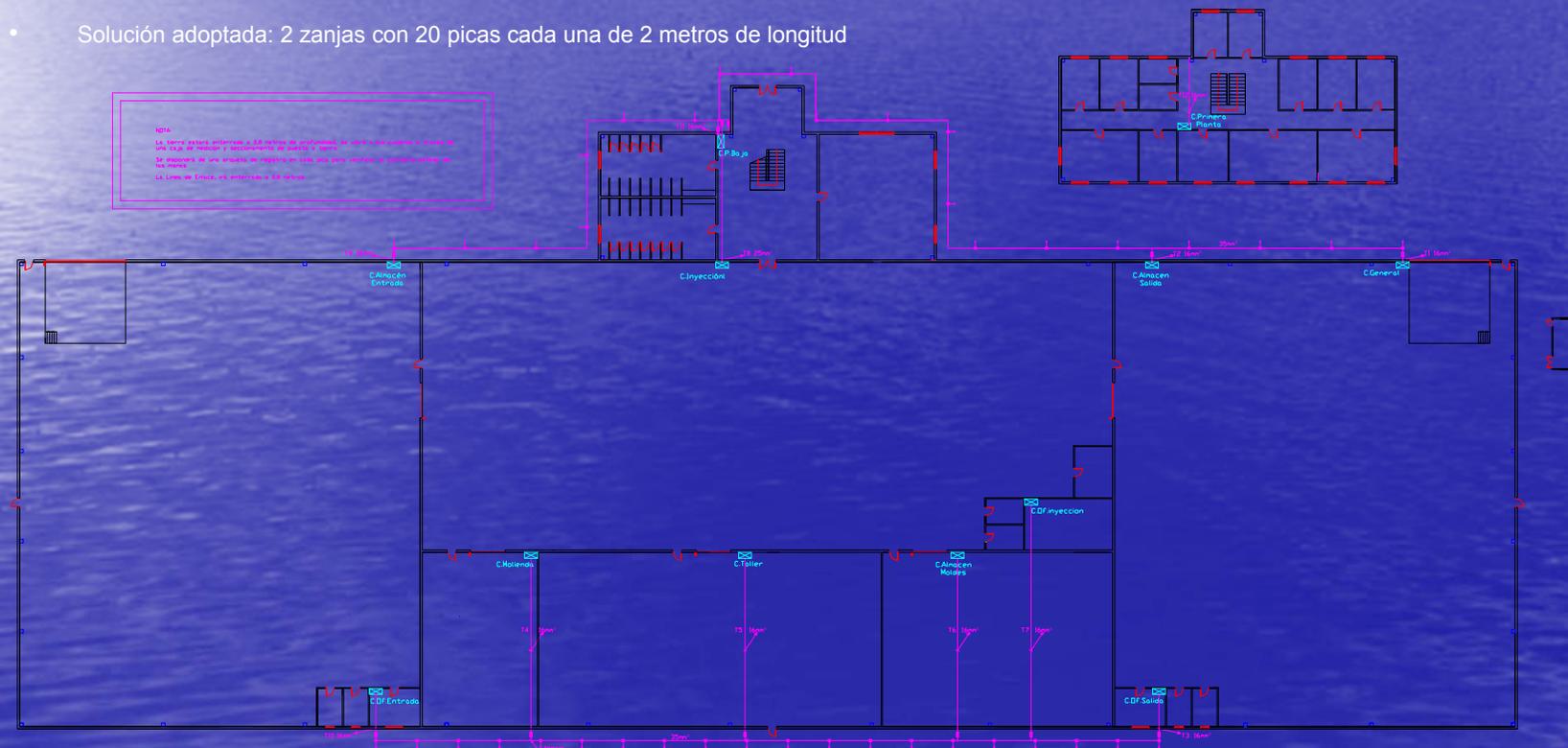
E.T.S.I.I.T.

- Se protege la instalación contra cortocircuitos y sobrecargas.
- Se protege a las personas contra contactos directos y contactos indirectos.
- Solución adoptada:
 - Interruptores diferenciales: se cumple la selectividad en el disparo.
 - En el cuadro de baja tensión: 4 diferenciales de sensibilidad 1 A. (uno por cada RST)
 - En el cuadro general de distribución: 11 diferenciales de sensibilidad 300mA.
 - En los cuadros secundarios: diferenciales de sensibilidad de 30 mA. (numero de diferenciales <10)
 - Interruptores automáticos : se cumple la coordinación con las protecciones aguas arriba.
 - La suma de los calibres < calibre aguas arriba.

Puesta a tierra de la nave

E.T.S.I.I.T.

- Se ha diseñado la puesta a tierra de la nave para que cumpla las condiciones impuestas por la ITC BT 18 y por la ITC BT 24 para el sistema TT en todos los casos.
- Solución adoptada: 2 zanjas con 20 picas cada una de 2 metros de longitud



Potencia Reactiva

E.T.S.I.I.T.

- Potencia reactiva consumida $Q=227.373,10 \text{ VAr}$.
- Potencia coseno cercano a 1 ($\cos \varphi' = 0.97$)
 $Q'=138.393,36 \text{ Var}$.
- Potencia a compensar= $Q-Q'=88.980 \text{ VAr}$.
- Bateria de condensadores= $92,5 \text{ KVAR}$
($2.5+5+10+15+20+20+20$)

Estudio de seguridad y salud

- El Estudio Básico de Seguridad y Salud está redactado para dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Equipo de Seguridad y Salud

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.9.1	Casco	6	5,68	34,08
5.9.2	Calzado de seguridad	6	28,47	170,82
5.9.3	Traje normal	6	9,53	57,18
5.9.4	Impermeable	2	4,45	8,90
5.9.5	Gafas de seguridad	6	6,18	37,08
5.9.6	Tapones	6	1,00	6,00
5.9.7	Guantes aislantes	6	3,50	21,00
5.9.8	Faja protección lumbar	3	2,80	11,2
5.9.9	Arnés de seguridad	3	62,50	187,5
5.9.10	Material primeros auxilios	1	200	200
5.9.11	Extintor de polvo químico ABC de eficacia 34ª/233B, de 6kg.	1	40,00	40,00
5.9.12	Placa de señalización en PVC serigrafiado de 50x30 cm.	1	4,00	4,00
5.9.13	Señal de seguridad triangular de 70 cm, normalizada.	1	16,00	16,00
5.9.14	Cinta de señalización bicolor color amarillo y negro	12	0,62	7,44
5.9.15	Cinta bicolor rojo-blanco de material plástico, incluso colocación y desmontaje.	12	0,62	7,44
5.9.16	Cinturón portaherramientas.	1	5,89	5,89
5.9.17	Alquiler aparatos elevadores	2	500	1000
5.9.18	Alquiler andamio	2	200	400
5.9.19	Escaleras portátiles	4	50	200
SUBTOTAL				2.414,53

Presupuesto

E.T.S.I.I.T.

• Capítulo 1: Acometida	11.885,1 €
• Capítulo 2: Protecciones	62.430,7 €
• Capítulo 3: Conductores, tubos y canalización	108.966,07 €
• Capítulo 4: Puesta a Tierra	1.659,04 €
• Capítulo 5: Alumbrado	90.917,04 €
• Capítulo 6: Tomas y elementos varios	1.858,98 €
• Capítulo 7: Batería de Condensadores	2.787,00 €
• Capítulo 8: Centro de transformación	49.373,55 €
• Capítulo 9: Equipo de seguridad y salud	2.414,53 €
• Presupuesto de ejecución material	332.292,01 €
• Gastos generales	16614,6 €
• Beneficio industrial	33.229,2€
• Presupuesto de ejecución por contrata sin IVA	382.135,81 €
• I.V.A. en vigor (18%)	62803,18 €
• Presupuesto de ejecución por contrata	444.938,99 €
• Honorarios de proyecto	17.797,55 €
• Honorarios de dirección de obra	17.797,55 €
• PRESUPUESTO TOTAL	480.534,10 €

FIN