

Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Industrial

Instalación Eléctrica de una Fábrica de Armarios Eléctricos

Autor:

Pedro Jesús Hernández García

Tutor:

José María Maza Ortega

Profesor titular

Dep. Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2015

Índice

Índice	i
Índice de Tablas	iv
Índice de Figuras	v
Notación	vi
1 MEMORIA DESCRIPTIVA	1
1.1 <i>Objeto</i>	1
1.2 <i>Alcance</i>	1
1.3 <i>Ubicación</i>	1
1.4 <i>Normativa Aplicada</i>	1
1.4.1 Normas Generales de Aplicación	2
1.4.2 Normas Particulares de Aplicación	2
1.5 <i>Descripción del Proceso de Fabricación</i>	3
1.5.1 Producción	3
1.5.2 Diseño del Producto	4
1.5.3 Recepción de las Planchas de Acero	4
1.5.4 Cortes de las Planchas de Acero	4
1.5.5 Plegado y Punzonado	5
1.5.6 Soldadura	5
1.5.7 Pretratamiento Superficial y Pintura	5
1.5.8 Montaje de los Armarios	7
1.6 <i>Maquinaria y Características</i>	7
1.6.1 Cizalla	8
1.6.2 Cortadora Laser	8
1.6.3 Punzonadora	9
1.6.4 Plegadora	9
1.6.5 Maquinas Soldadoras	10
1.6.6 Instalación de Pretratamiento y Pintura	10

1.6.7	Aire Comprimido	11
1.6.8	Máquina Inyección de Junta	11
1.7	<i>Media Tensión</i>	12
1.7.1	Normativa	12
1.7.2	Línea de Media Tensión	12
1.7.3	Conductores	12
1.7.4	Trazado	14
1.8	<i>Centro de Transformación</i>	16
1.8.1	Normativa	16
1.8.2	Ubicación	16
1.8.3	Características Generales del Centro de Transformación	16
1.8.4	Obra Civil	17
1.8.5	Descripción en Media Tensión	19
1.8.6	Características de la Red	19
1.8.7	Aparamenta de Media Tensión	20
1.8.8	Transformador	23
1.8.9	Características Material Vario de Baja Tensión	24
1.8.10	Medida de la Energía Eléctrica	25
1.8.11	Cuadro de Baja Tensión	25
1.8.12	Puesta a Tierra	26
1.8.13	Instalaciones Secundarias	27
1.9	<i>Red de Baja Tensión</i>	29
1.9.1	Normativa	29
1.9.2	Descripción General	29
1.9.3	Circuito de Alimentación del CGD	30
1.9.4	Cuadro General de Distribución	31
1.9.5	Circuito 1	32
1.9.6	Circuito 2	34
1.9.7	Circuito 3	37
1.9.8	Circuito 4	40
1.9.9	Circuito 5	41
1.9.10	Circuito 6	43
1.9.11	Circuito 7	45
1.9.12	Circuito 8	48
1.9.13	Protecciones	48
1.9.14	Puesta a Tierra de la Nave	56
1.9.15	Iluminación Interior	57

1.9.16	Iluminación de Emergencia	62
1.9.17	Iluminación Exterior	62
1.9.18	Tomas de Corriente	63
1.9.19	Reparto de Cargas	63
1.9.20	Compensación de Potencia Reactiva	64

Índice de Tablas

- Tabla 1.1. Características Cable de Media Tensión
- Tabla 1.2. Características Generales Celdas de Media Tensión
- Tabla 1.3. Características Cable de Baja Tensión
- Tabla 1.4. Características Cable Alimentación al Cuadro General de Distribución
- Tabla 1.5. Resumen Líneas Circuito 1
- Tabla 1.6. Resumen Líneas Circuito 2
- Tabla 1.7. Resumen Líneas Circuito 3
- Tabla 1.8. Resumen Líneas Circuito 4
- Tabla 1.9. Resumen Líneas Circuito 5
- Tabla 1.10. Resumen Líneas Circuito 6
- Tabla 1.11. Resumen Líneas Circuito 7
- Tabla 1.12. Interruptores en Carga
- Tabla 1.13. Protecciones Cuadro General de Distribución
- Tabla 1.14. Protecciones C.S.1
- Tabla 1.15. Protecciones C.S.2
- Tabla 1.16. Protecciones C.S.3
- Tabla 1.17. Protecciones C.S.4
- Tabla 1.18. Protecciones C.S.5
- Tabla 1.19. Protecciones C.S.6
- Tabla 1.20. Protecciones C.S.7
- Tabla 1.21. Resumen Iluminación Nave
- Tabla 1.22. Resumen Iluminación Oficinas

Índice de Figuras

Figura 1. Armarios Eléctricos

Figura 2. Cable de Media Tensión

Figura 3. Reparto de Cargas

Notación

A	Amperio
Al	Aluminio
CGBT	Cuadro General de Baja Tensión
CGD	Cuadro General de Distribución
C.S	Cuadro Secundario
Cu	Cobre
daN	Decanewton
Hz	Hertzio
km	kilómetro
kN	kilonewton
kV	kilovoltio
kW	kilowatio
kVA	kilovoltamperio
kVAr	kilovoltamperio reactivo
m	metro
μ F	Microfaradio
μ s	Microsegundo
min	minuto
mm	milímetro
ms	milisegundos
MVA	Megavoltamperio
Ω	Ohmio
V	Voltio
s	segundo

1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 Objeto

El presente documento consiste en el diseño, cálculo y descripción de las instalaciones de media y baja tensión pertenecientes a una planta de fabricación de armarios eléctricos, de forma que reúna todas las condiciones y garantías que exige la reglamentación vigente.

1.2 Alcance

El alcance del proyecto comprende el diseño y el cálculo de las distintas instalaciones eléctricas de media y baja tensión. Las instalaciones a describir son las siguientes:

- Línea subterránea de media tensión de 20 kV para la alimentación al centro de transformación.
- Centro de transformación.
- Red de baja tensión a 230/400 V para la alimentación y suministro de la planta.

1.3 Ubicación

La planta se encuentra situada en el término municipal de Dos Hermanas, en la provincia de Sevilla. Dentro de esta localidad, la planta está ubicada en el Polígono Industrial de las Marías Bajas y orientada paralelamente a la carretera N-IV. La ubicación de la planta puede verse en el plano número 1.

1.4 Normativa Aplicada

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

1.4.1 Normas Generales de Aplicación

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión, aprobado en el Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación, aprobado en el Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobado en el Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto.
- Normas UNE de obligado cumplimiento citadas en los reglamentos.

1.4.2 Normas Particulares de Aplicación

- Normas Particulares de Sevillana Endesa.
- Método de UNESA de cálculo y proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Tercera Categoría.
- Ordenanzas municipales del Ayuntamiento donde se ubicará la fábrica.

1.5 Descripción del Proceso de Fabricación

1.5.1 Producción

La planta a la que está destinada la instalación eléctrica de este proyecto se encarga de la fabricación de armarios eléctricos, principalmente aquellos destinados para la instalación de automatismos, protecciones, controles de máquinas, contadores, etc...y que pueden ser instalados en cualquier tipo de entorno.

La fábrica principalmente se encarga de la producción de armarios de tipo estándar pero también se puede adaptar a cualquier demanda del cliente, teniendo pues cierta versatilidad en cuanto al tipo producto a fabricar.

Dentro de la línea estándar se pueden distinguir armarios en los que todas sus partes exteriores (base, techo, laterales, panel posterior y puerta) podrán desmontarse; así como envolventes en las que sus partes exteriores pueden ir soldadas consiguiendo así armarios más estancos.

Dentro de la línea estándar, se pueden fabricar armarios de diversas dimensiones, variando en altura, fondo y anchura.

Las dimensiones de la línea estándar varían de la siguiente forma:

- En altura: desde 1000 mm a 2000 mm.
- En anchura: desde 600 mm a 1200 mm.
- En profundidad: desde 300 mm a 600 mm.

De esta forma el armario de tipo estándar de mayores dimensiones será de 2000x1200x600 mm mientras que el menor de 1000x600x300 mm.

Los armarios estarán destinados a distintos tipos de aplicaciones, como por ejemplo: distribución, automatización, control, potencia, etc...



Figura 1. Armarios Eléctricos

A continuación se describe el proceso de fabricación.

1.5.2 Diseño del Producto

En primer lugar y antes de realizar cualquier operación en el taller, cada uno de los armarios debe ser diseñado en la oficina técnica. Para el diseño de los mismos se ha de tener en cuenta principalmente el entorno en el que se instalarán y el uso al que estén destinados ya que dependiendo de ésto los armarios deberán tener unas características específicas que garanticen su funcionalidad. Son cruciales para ello la selección del material adecuado y el grado de protección.

1.5.3 Recepción de las Planchas de Acero

Una vez diseñado el producto, la fabricación de cada armario comienza con la recepción de las planchas de acero y de todo el material necesario para la fabricación. Las planchas pueden ser de diversos tamaños. Las más típicas en el mercado suelen ser de 3000x1500, 2500x1250 y 2000x1000 mm.

Como se fabricarán principalmente armarios de acero y acero inoxidable, se recibirán principalmente planchas de estos dos materiales. A este tipo de planchas hay que añadirles la recepción de planchas de acero galvanizado que se usan en determinadas ocasiones para la placa de montaje del armario con el objetivo de mejorar la compensación equipotencial.

Las planchas se almacenarán según el tipo de material y según sus propias dimensiones en el almacén de entrada de la nave.

1.5.4 Cortes de las Planchas de Acero

En primer lugar las planchas pasan a la cizalla o a la máquina de corte por láser. En la cizalla el objetivo es adaptar la plancha de inicio a unas dimensiones adecuadas según las propias dimensiones del armario que se pretenda fabricar.

La cizalla normalmente se usa para hacer cortes verticales y más simples sobre la plancha, teniendo limitada su forma de corte. Por este motivo se dispone además de una máquina de corte por láser, dando ésta la posibilidad de hacer cortes más complejos sobre la plancha que la cizalla, permitiendo por tanto una mayor versatilidad.

Como se ha dicho antes, previamente se han diseñado cada uno de los distintos tipos de armarios, de modo que dependiendo del tipo de producto cada una de las máquinas se programará en función del diseño mismo.

1.5.5 Plegado y Punzonado

Una vez que tenemos unos perfiles adecuados, el siguiente paso es el punzonado y plegado de las planchas y de los distintos elementos que formarán el armario.

Este proceso se realizará en una máquina punzonadora y plegadora. Se tendrán tres máquinas plegadoras y dos punzonadoras para agilizar el trabajo.

1.5.6 Soldadura

El siguiente paso es la soldadura de los distintos elementos que forman el armario. Además de armarios totalmente desmontables se pueden fabricar armarios más estancos en los que las partes exteriores irán completamente soldadas. Es aquí, en la zona de soldadura donde se procede a tal operación.

También se soldarán todas las partes y elementos que lo requieran que dependerán del diseño de cada producto.

En la fábrica se dispone de dos máquinas de soldadura automática más tres puestos de soldadura manual.

1.5.7 Pretratamiento Superficial y Pintura

Una vez terminado todo el proceso de chapistería, el siguiente paso es el pintado del cuerpo y de los distintos elementos que forman el armario.

Las exigencias de tener una protección contra agentes atmosféricos o la humedad hacen que sea prácticamente indispensable una capa de pintura de todos los componentes que no son de acero inoxidable.

En la fábrica se decidirán pintar todos los armarios salvo que bajo demanda del cliente, éste decida productos sin acabado de pintura.

El proceso básicamente consiste en:

1. Desengrasar y fosfatado.
2. Secado en horno.
3. Introducción en la cabina de aplicación y recuperación de polvo para pintado.
4. Entrada en el horno de polimerización.

1.5.7.1 Desengrase y Fosfatado de las Piezas

Es la primera de las etapas por las que pasa la pieza antes de ser pintada. Se trata de una etapa de vital importancia, pues de ella depende que el proceso de pintado resulte óptimo. Durante esta etapa se trata al acero con agua más un detergente que elimina los aceites y grasas que trae y lo limpia de impurezas pulverulentas que hayan podido adquirir durante procesos anteriores, permitiendo así una buena adherencia de la pintura.

Seguido al desengrase, se aplica un proceso de fosfatación alcalina a 60° C permitiendo mejorar la resistencia a la corrosión y garantizando una mayor adherencia de la pintura.

La fosfatación se basa en una solución de ácido fosfórico y sales de fosfato que serán aplicadas por aspersión y que reaccionan con la superficie del metal para formar una película cristalina de fosfato no soluble.

Las funciones del fosfato son fijar las capas orgánicas al metal y prevenir de la corrosión a la base en caso de que se produzca alguna ruptura de la cubierta de pintura.

1.5.7.2 Secado en horno

Una vez terminado el proceso anterior, las piezas pasan a un horno para su secado a 120°C para que éstas puedan introducirse en la cabina de pintura perfectamente secas y limpias.

1.5.7.3 Proceso de Pintado

Una vez que el material está seco se procede a incluirlo en las cabinas de pintura. Estas cabinas están equipadas de unas pistolas situadas en el interior de la cabina y que de forma automática inyectan y fijan un fino polvo por electrodeposición.

La pintura consta de pigmentos y carga, aditivos y esencialmente resinas, los cuales confieren la formación de una película continua y sólida de pintura bien adherida a la superficie del metal actuando de barrera ante la humedad.

1.5.7.4 Horno de Polimerización

Inmediatamente después, las piezas son transportadas a un horno de polimerización en el cual se consigue un endurecimiento de la capa de pintura permitiendo que las piezas queden protegidas. Las piezas permanecen durante unos 20 minutos a unos 200°C.

Una vez que las piezas salen del túnel de secado el proceso está terminado y la pieza pintada.

Dependiendo de la pintura usada se pueden obtener distintos tipos de acabado.

1.5.8 Montaje de los Armarios

Una vez que los armarios y las distintas partes que lo forman están pintados pasarán a la zona de montaje.

Dentro de esta zona se podrán montar la base, techo, panel posterior, laterales, puertas, placas de montaje y demás accesorios particulares de cada armario.

Además en esta zona se aplicará una junta de poliuretano mediante un brazo robótico a las puertas de los armarios que lo requieran para hacerlas más estancos.

Después de todo este proceso, se inspecciona el armario y se envuelve en un plástico transparente para protegerlo. Finalmente el armario está preparado para ser embalado y almacenado en el almacén de salida a la espera de ser transportado.

1.6 Maquinaria y Características

A continuación se describe la maquinaria necesaria para la fabricación de los armarios.

Como se trata de un proyecto de diseño y cálculo de la instalación eléctrica daremos un breve resumen de las características de cada una ya que lo que más nos interesa son los consumos eléctricos.

Las principales máquinas usadas en el proceso de fabricación son las siguientes:

- Una cizalla
- Una máquina de corte por láser
- Dos punzonadoras
- Tres plegadoras
- Dos máquinas de soldadura automática
- Tres máquinas de soldadura manual
- Un túnel de pretratamiento superficial
- Un horno de secado
- Una cabina de pintura
- Un horno de polimerización

- Un compresor para la instalación de aire comprimido.
- Una máquina de inyección de junta de poliuretano.

1.6.1 Cizalla

Para la elección de la cizalla, al igual que ocurre para las otras máquinas de tratamiento de chapas toman importancia la máxima longitud de corte y su capacidad de corte, debiendo sobrepasar éstas las dimensiones de las planchas de acero.

Como ya se ha indicado anteriormente, la cizalla es usada para cortar las planchas recibidas en unas dimensiones más adecuadas dependiendo de las dimensiones del armario.

La cizalla podrá programarse mediante control numérico.

Las principales características de ésta son las siguientes:

- Capacidad de corte: 6,35 mm para acero y 4 mm para acero inoxidable.
- Longitud de corte: 3050 mm.
- Altura: 1860 mm.
- Longitud: 3790 mm.
- Profundidad: 2230 mm.
- Consumo eléctrico: 6 kVA.
- Alimentación: 400 V a 50 Hz

1.6.2 Cortadora Laser

El empleo de una máquina de corte por láser se hace imprescindible debido a la complejidad de algunas figuras de corte y además para hacer una producción más rápida y eficiente. El entorno abierto de la máquina permite exportar e importar ficheros “dxf” de cualquier software de dibujo.

En la oficina técnica se diseñan los planos que requiera cada armario. Este archivo se podrá exportar a la máquina y ésta realizará los cortes en función del diseño según el plano.

Las características de ésta son las siguientes:

- Máximo tamaño de hoja: 3000x1500 mm

- Velocidad de corte: 0-60 m/min.
- Precisión de posicionamiento: ± 0.005 mm.
- Consumo eléctrico: 138 kVA.
- Alimentación: 400 V a 50 Hz.
- Consumo de gas: 10 l/h.
- Altura: 2010 mm.
- Longitud: 9872 mm.
- Profundidad: 4915 mm.

1.6.3 Punzonadora

Las principales características de la punzonadora son las siguientes:

- Capacidad de punzonado: 200 kN
- Tamaño máximo de chapa: 1270x2500 mm
- Potencia: 19 kVA
- Alimentación: 400 V a 50 Hz.
- Altura: 2115 mm
- Longitud: 4165 mm
- Profundidad: 5120 mm.

1.6.4 Plegadora

Las principales características de la plegadora son las siguientes:

- Fuerza nominal: 1000 kN
- Longitud de plegado: 3110 mm.
- Velocidad de plegado: 10 mm/s.
- Potencia: 11.4 kVA.
- Alimentación: 400 V a 50 Hz.
- Altura: 2755 mm.

- Longitud: 4800 mm.
- Profundidad: 2880 mm.

1.6.5 Maquinas Soldadoras

Para la fabricación de los cuadros se necesitarán cinco máquinas soldadoras. Se usarán dos máquinas automáticas de 7,5 kVA más tres manuales de 10 kVA.

La máquina de soldadura automática incluye un chorro de líquido refrigerante que evita el sobrecalentamiento del acero, así se elimina la posibilidad de aparición de las manchas o decoloración en las superficies a soldar y evita tener que dar un tratamiento posterior para recuperar el aspecto y propiedades originales del acero. Principalmente la soldadora automática se usa para el soldado de pernos y del cuerpo del armario.

1.6.6 Instalación de Pretratamiento y Pintura

Dicha instalación consta de: túnel de pretratamiento superficial, horno de secado, cabina de pintura y horno de polimerizado.

Los consumos son los siguientes:

- En el túnel de pretratamiento superficial:
 - Bomba de desengrasante: 2 kW.
 - Bomba de lavado: 0,75 kW.
 - Ventilador extractor de vapores: 2 kW.
- En el horno:
 - Ventilador de recirculación: 5,5 kW.
 - Ventilador de extracción de vapores: 0,55 kW.
 - Motor: 0,25 kW.
- En la cabina de pintura:
 - Luminarias: 0,232 kW.
 - Módulo de filtración: 15 kW.
- En el horno de polimerización:
 - Ventilador de recirculación: 8 kW.

- Ventilador de extracción de vapores: 0,55 kW.
- Motor quemador: 0,25 kW.

A estos consumos hay que sumarle el del motor del transportador que es de 1,1 kW.

El consumo eléctrico total de la instalación de pintura es de 36,182 kW.

1.6.7 Aire Comprimido

En la fábrica se dispondrá de una instalación de aire comprimido para el accionamiento de diversas herramientas neumáticas, como destornilladores, remachadoras, lijadoras, etc.

El compresor estará ubicado en una sala en el exterior en la cara este de la nave. Se trata de un compresor de 56,25 kVA de consumo eléctrico. Se dispondrá por toda la zona de fabricación de la nave de un anillo de forma que recorra las zonas de montaje, chapistería, zona de tratamiento superficial y soldadura pudiendo aportar un suministro de aire para el consumo de la máquina que lo requiera.

1.6.8 Máquina Inyección de Junta

Estará ubicada en la zona de montaje y servirá para aplicar una junta de poliuretano a las puertas de los armarios con el objetivo de hacerlos más estancos.

La máquina de inyección de junta tiene un consumo de 12,5 kVA.

1.7 Media Tensión

1.7.1 Normativa

Para el diseño de la línea de media tensión se han empleado las normas particulares de Sevillana Endesa. Concretamente el capítulo V relativo a las redes de distribución en media tensión.

1.7.2 Línea de Media Tensión

La alimentación al centro de transformación se realizará de forma subterránea mediante una línea que partirá desde un centro de transformación cercano situado en el mismo polígono en el que se encuentra ubicada la nave.

La línea partirá desde celda de salida del centro de partida y entrará en la celda de entrada del centro de transformación de la fábrica. La longitud de dicha línea es de 196 metros.

El plano correspondiente es el número 4.

1.7.3 Conductores

La línea de media tensión estará formada por tres cables unipolares con conductores de aluminio de 240 mm² de sección cada uno y de 18/30 kV de tensión asignada. La elección de la sección del conductor se justifica en la memoria de cálculo.

Cada cable unipolar cumplirá la norma ENDESA DND001, estarán compuestos por: conductor de aluminio, capa semiconductora, aislamiento de polietileno reticulado de espesor adecuado a la tensión nominal, cinta semiconductora, pantalla a base de alambres de cobre con sujeción de cinta plana de cobre y una cubierta exterior de color rojo constituida por un compuesto termoplástico a base de poliolefina.

A continuación se muestra una figura del cable de media tensión utilizado:

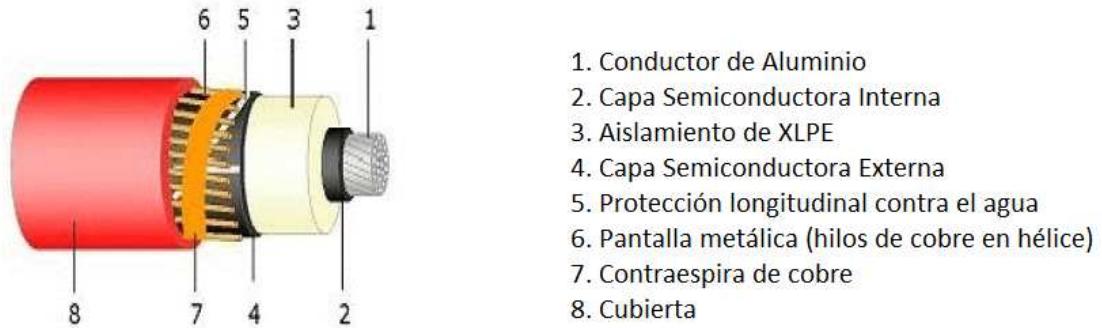


Figura 2. Cable de Media Tensión

La designación del cable según normas UNE:

RHZ1-OL 18/30kV 1x240 K Al+H16

Según el fabricante elegido:

AL VOLTALENE H VEMEX 1x240/16 mm² 18/30kV

Donde:

AL: indica que el conductor es de aluminio

VOLTALENE: nombre comercial del cable, indica además que el aislamiento es de polietileno reticulado (XLPE).

H: indica que se trata de un cable apantallado.

VEMEX: especifica el tipo de material de la cubierta.

Las características del cable se muestran en la siguiente tabla:

Naturaleza del conductor	Aluminio
Aislamiento	XLPE
Sección útil	1x240 mm ²
Sección de la pantalla de cobre	16 mm ²
Tensión entre fases	30 kV
Tensión entre conductor y pantalla	18 kV
Diámetro exterior	43 mm
Peso total aproximado	1910 kg/km
Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente	90°C
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito	250°C
Resistencia eléctrica a 50 Hz y 90°C	0,161 Ω/km
Reactancia	0,114 Ω/km
Capacidad	0,229 μF/km
Intensidad máxima admisible bajo tubo y enterrado	320 A
Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor durante 1 segundo	22,56 kA
Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla durante 1 segundo	31,30 kA

Tabla 1.1. Características Cable Media Tensión

Los accesorios (empalmes, terminaciones y respectivos complementos) estarán constituidos por materiales premoldeados o termorreträctiles. No se admitirán accesorios basados en encintados, según indican las normas de la compañía suministradora.

1.7.4 Trazado

Siguiendo las normas de Sevillana Endesa (Capítulo V, 4.3), el trazado se realizará lo más rectilíneo posible y paralelo al bordillo de la acera existente.

Los cables irán bajo tubo de polietileno de 160 mm de diámetro nominal. Dicho tubo cumplirá las normas UNE-EN 61386-23 y CNL002, además de la especificación técnica de materiales nº 6700144 de Endesa.

El trazado de los cables transcurrirá totalmente bajo acera. En todo su trazado la profundidad mínima de la canalización será de 900 mm. Se dispondrá además de un tubo de reserva en todo el recorrido.

Por encima de los conductores se colocará una placa de polietileno junto con una cinta de señalización para advertir de la presencia de los cables.

Se colocarán arquetas tipo A-1 para la alineación cada 40 metros y en el cambio de dirección hacia la entrada al centro de transformación de la fábrica. Los marcos y tapas para las arquetas cumplirán las normas ONSE 01.01-14.

Las pantallas de los cables se conectarán a tierra en todos los puntos accesibles a una toma que cumpla las condiciones técnicas reglamentarias.

1.8 Centro de Transformación

1.8.1 Normativa

La normativa aplicada en el diseño y cálculo del centro de transformación de la fábrica es la siguiente:

- Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- Normas particulares de Sevillana Endesa.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean aplicables.

1.8.2 Ubicación

El centro de transformación se encuentra situado dentro del polígono industrial de las Marías Bajas y en el propio solar de la fábrica. Se sitúa de forma que tenga un libre y rápido acceso desde el exterior.

Su ubicación puede verse en el plano número 4.

1.8.3 Características Generales del Centro de Transformación

El centro de transformación es de tipo interior, empleando para su aparellage celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 62271-200.

El centro es de tipo cliente o abonado, perteneciendo parte a la compañía suministradora y parte al cliente. Ambas zonas estarán separadas mediante una malla metálica. Las dimensiones de dicha malla serán las adecuadas para evitar el acceso no deseado a las diferentes zonas.

La alimentación al centro será subterránea y vendrá desde otro centro de transformación cercano y situado dentro del mismo polígono industrial.

El suministro de energía se realizará a una tensión de servicio de 20 kV y a una frecuencia de 50 Hz siendo la compañía suministradora Sevillana Endesa.

Las celdas a emplear en el lado de la compañía serán del tipo RM6 de Schneider Electric o similares. Se trata de un conjunto de celdas compactas equipadas con aparamenta de alta tensión bajo envolvente única metálica con aislamiento integral para una tensión admisible de 24 kV acorde a las siguientes normativas:

- UNE-EN ISO 90-3
- UNE-EN 62271-102
- UNE-EN 60265-1
- UNE-EN 62271-200
- UNE-EN 62271-105
- IEC 62271-103
- UNE-EN 62271-1
- UNESA, recomendación 6407B

Toda la aparamenta estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellenada de hexafluoruro de azufre (SF_6) con una presión relativa de 0,1 bar sobre la presión atmosférica, sellada de por vida y acorde a la norma UNE-EN 62271-1, citada antes.

En el lado del cliente las celdas serán del tipo SM6 de Schneider Electric o similares. Estas celdas son las de remonte, protección y medida. Se trata de celdas modulares de aislamiento de aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el SF_6 como elemento de corte y extinción del arco. Dentro de estas celdas se diferenciarán los siguientes compartimentos:

- Aparellaje
- Juego de barras
- Conexión de cables
- Mando
- Control

El embarrado de cada una de las celdas del centro de transformación estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

Se dispondrá de un espacio reservado para otro transformador para futuras ampliaciones posibles.

1.8.4 Obra Civil

El centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón con dos puertas peatonales, de dimensiones 8670 x2560 mm y altura 2620 mm.

El centro de transformación estará dividido en dos zonas: una, zona de la compañía y otra, la zona de abonado. La zona de la compañía contendrá las celdas de entrada y salida. El acceso a esta zona estará restringido al personal de la compañía eléctrica, y se realizará a través de una puerta peatonal cuya cerradura estará normalizada por dicha compañía. La zona de abonado contendrá el resto de celdas del centro y su acceso estará restringido al personal de la compañía y al personal de mantenimiento especialmente autorizado.

El local está formado por los siguientes elementos:

- Base: se trata de una cubeta prefabricada de hormigón armado con mallado electrosoldado de varilla de acero y vibrado por medio de aguja. Tendrá dispuestos los orificios para la entrada y salida de cables tanto de baja como de alta tensión, además de la correspondiente cuba para la recogida del aceite del transformador.
- Paredes: serán placas de hormigón armado con mallado electrosoldado de acero, todo el conjunto vibrado en mesa. Unos cajetines de acero situados en los bordes permitirán el acoplamiento de las paredes entre sí mediante tornillos. Entre los paneles que conforman las paredes se colocarán dobles juntas de espuma de neopreno, para evitar la infiltración de humedad. La terminación exterior de las paredes será de canto rodado visto, a fin de conseguir una superficie rugosa de una gran duración y de agradable estética.
- Suelos: serán elementos planos, de hormigón armado y vibrado en mesa, de la composición adecuada para conseguir una gran resistencia mecánica. Colocados sobre la base, constituirán el piso del edificio prefabricado. Sobre ellos se colocarán las cabinas de media tensión, cuadros de baja tensión y demás elementos del centro. En ellos existen unos orificios que permiten el acceso a las celdas y cuadros eléctricos. En la parte central, se dispondrán trampillas, de poco peso, que permitirán el acceso a la parte inferior de la base a fin de facilitar la confección de botellas, conexión de cables, etc.
- Techos: están compuestos por elementos de unas características similares a las de las paredes, presentará una pendiente mínima del 2% para evitar la acumulación de aguas. Dobles juntas de neopreno se sellarán con resinas epoxi para garantizar la estanqueidad de la cubierta.
- Rejillas de ventilación: estarán construidas en chapa de acero galvanizado. El grado de protección para el que estarán diseñadas las rejillas será IP-33. Estas rejillas estarán diseñadas y dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación de aire, provocada por tiro natural, ventile eficazmente la sala de transformadores. Todas las rejillas de ventilación irán provistas de una tela metálica mosquitera.
- Puertas y persianas: serán de chapa de acero galvanizado tipo galvamir de 2 mm, pintadas por electroforesis con pintura epoxy que polimeriza en horno. Esta doble protección, galvanizado y pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.
- Las persianas se pueden desmontar, por medio de tornillos desde el interior, de tal modo que la introducción o extracción del transformador se realice a nivel del suelo y sin necesidad de grúas de gran potencia. Unas finas mallas metálicas impedirán la penetración de insectos, sin que por ello

disminuya la capacidad de ventilación.

Según se indica en la recomendación de UNESA 1303 A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema equipotencial, de modo que entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a $10000\ \Omega$. Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

1.8.5 Descripción en Media Tensión

La entrada en media tensión se realiza de forma subterránea a través de una línea subterránea que deriva desde otro centro de transformación cercano.

Su entrada en la caseta se hace en el punto más cercano posible a las celdas de media tensión prefabricadas. La línea entra en la celda de línea que permite seccionar la instalación, seguidamente pasa a la celda de remonte y luego a la de protección, formada por interruptor-seccionador con fusibles. Posteriormente la línea pasa a la celda de medida antes de llegar al transformador donde se realiza el paso de la tensión desde 20 kV a 230/400 V.

1.8.6 Características de la Red

Las características de la red son proporcionadas por la compañía suministradora. Según sus normas (Capítulo I, apartado 3):

1.8.6.1 Red de Media Tensión

- Tensión nominal: 20 kV
- Tensión más elevada para el material 24 kV
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo: 125 kV cresta
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 50 kV eficaces.

1.8.6.2 Red de Baja Tensión

- Tensión nominal: 230/400 V

Para los equipos de baja tensión en los que su envolvente esté conectada a la instalación de puesta a tierra de protección deben soportar tensiones de 10 kV a 50 Hz durante un minuto y 20 kV en onda tipo rayo según normas de la compañía (Capítulo IV, apartado 2.3.1.2).

1.8.6.3 Potencia de Cortocircuito

Para una tensión nominal de 20 kV se fija con carácter general el valor de 500 MVA.

1.8.6.4 Intensidad Máxima de Cortocircuito y de Defecto a Tierra

Según el departamento de distribución al que afecta la instalación eléctrica, se fija como valor de la intensidad de defecto a tierra 1000 A.

Para la intensidad máxima de cortocircuito de corta duración no podrá considerarse un valor inferior a 16 kA a efectos de diseño de la aparamenta. Tampoco podrá considerarse un valor de cresta inferior a 40 kA.

1.8.6.5 Tiempo Máximo de Desconexión

Tanto para los posibles cortocircuitos entre fases, como a tierra, el tiempo de desconexión que se considera es de 1 segundo como máximo.

1.8.6.6 Régimen de Neutro

En Andalucía, Sevillana Endesa utiliza en sus redes de distribución de baja tensión el esquema TT, es decir:

- Neutro de baja tensión puesto directamente a tierra.
- Masas de la instalación receptora conectadas a una tierra separada de la anterior.

1.8.6.7 Esquema Unifilar

El esquema unifilar del centro de transformación aparece en el plano número 5.

1.8.7 Aparamenta de Media Tensión

Cada celda del centro dispondrá de las siguientes características generales:

Tensión asignada	24 kV
Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra a frecuencia industrial(50 Hz), durante un minuto	50 kV ef.
Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra a impulso tipo rayo	125 kV cresta
Intensidad asignada	400 A
Intensidad admisible durante un segundo	16 kA ef.

Tabla 1.2. Características Generales Celdas Centro de Transformación

1.8.7.1 Celdas de Línea

Como se ha dicho antes, serán del tipo RM6 de Schneider Electric, modelo RM63I/DE (3L) o similares de dimensiones: 1140 mm de alto, 1216 mm de ancho, 718 mm de profundidad.

Las celdas contendrán:

- Interruptor-seccionador.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Palanca de maniobra.
- Dispositivos de detección de presencia de tensión en todas las funciones de línea.
- Tres lámparas individuales (una por fase) para conectar a dichos dispositivos.
- Pasatapas de tipo roscados M16 de 400 A en las funciones de línea.
- Cubrebornas metálicos en todas las funciones.
- Manómetro para el control de la presión del gas.
- Tres equipamientos de tres conectores apantallados en "T" roscados M16 400 A cada uno.

La conexión de los cables se realizará mediante conectores de tipo roscados de 400 A en cada función, asegurando así la estanqueidad del conjunto y, por tanto, la total insensibilidad al entorno en ambientes extraordinariamente polucionados, e incluso soportando una eventual sumersión.

1.8.7.2 Celda de Remonte

Será del tipo SM6 de Schneider Electric, modelo GAME o similar, de dimensiones: 375 mm de anchura, 870 mm de profundidad, 1600 mm de altura, y conteniendo:

- Juego de barras interior tripolar de 400 A, y tensión de 24 kV y 16 kA.
- Remonte de barras de 400 A para conexión superior con otra celda.
- Preparada para conexión inferior con cable seco unipolar.
- Embarrado de puesta a tierra.

1.8.7.3 Celda de Protección

Será una celda de Schneider Electric de protección general con interruptor y fusibles combinados gama SM6, modelo QM o similar, de dimensiones: 375 mm de anchura, 940 mm de profundidad y 1600 mm de altura, conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A, para conexión superior con celdas adyacentes.
- Interruptor-seccionador en SF₆ de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA, equipado con bobina de apertura a emisión de tensión a 220 V y 50 Hz.
- Mando CI1 manual de acumulación de energía.
- Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625) o similar, de 24 kV y calibre 63 A.
- Señalización mecánica de fusión de fusibles.
- Indicadores de presencia de tensión con lámparas.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles).
- Relé Vigirex de Schneider Electric modelo RH99 o similar para la protección homopolar asociado a la celda de protección. Se asociará a un toroidal modelo MN120, que provocará la apertura del interruptor cuando se detecte una corriente homopolar superior o igual al umbral de sensibilidad preseleccionado (0.5 a 100 A por medio de 12 umbrales) y después de la temporización definida (de 0.1 a 10 segundos).
- Enclavamiento por cerradura tipo C4 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso a los fusibles en tanto que el disyuntor general B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho

enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda de protección no se ha cerrado previamente.

1.8.7.4 Celda de Medida

Será una celda de Schneider Electric de medida de tensión e intensidad con entrada y salida inferior por cable gama SM6, modelo GBC2C o similar, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1038 mm de profundidad, 1600 mm de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolar de 400 A y 16 kA.
- Entrada y salida por cable seco.
- Tres Transformadores de intensidad de relación 20/5 A, 10VA CL.0.5S, $I_{th}=200 I_n$, gama extendida 150% y aislamiento 24 kV.
- Tres transformadores de tensión unipolares, de relación 22.000:V3/110:V3, 25 VA, CL0.5, $F_t= 1,9$ y aislamiento 24 kV.

1.8.8 Transformador

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 20 kV y la tensión a la salida en vacío de 420 V entre fases y 242 V entre fases y neutro (según UNE 21301 y UNE 21428).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural en baño de aceite mineral.

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, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 630 kVA.
- Tensión nominal primaria: 20 kV.
- Regulación en el primario: $\pm 2,5\%$, $\pm 5\%$.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- Tensión de cortocircuito: 4 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.

- Nivel de aislamiento:
 - Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s, 125 kV.
 - Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV.
- Conexión en el lado de alta tensión:
 - Juego de puentes III de cables de alta tensión unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV de 95 mm² en aluminio con sus correspondientes elementos de conexión.
- Conexión en el lado de baja tensión:
 - Juego de puentes III de cables de baja tensión unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0.6/1 kV, de 3x240 mm² de aluminio para las fases y de 2x240 mm² de aluminio para el neutro.
- Dispositivo térmico de protección:
 - Termómetro para protección térmica del transformador, incorporado en el mismo, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobreintensidades.

1.8.9 Características Material Vario de Baja Tensión

- Embarrado general de las celdas de línea:
 - El embarrado general de los conjuntos compactos se construye con barras cilíndricas de cobre semiduro (F20) de 16 mm de diámetro.
- Aisladores de paso de las celdas:
 - Son los pasatapas para la conexión de los cables aislados de alta tensión procedentes del exterior. Cumplen la norma UNESA 5205B y serán de tipo roscado para las funciones de línea y enchufables para las de protección.
- Embarrado general de las celdas de remonte, protección y medida:
 - El embarrado general de estas celdas se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.
- Piezas de conexión de las celdas:
 - La conexión del embarrado se efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2.8 m·daN.

1.8.10 Medida de la Energía Eléctrica

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento de dimensiones 540 mm de alto por 720 mm de largo y 230 mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Contador electrónico de energía eléctrica clase 0.5 con medida:
 - Activa: bidireccional
 - Reactiva: dos cuadrantes
- Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contado. Registro de curvas de carga horaria y cuartohoraria.
- Modem para comunicación remota.
- Regleta de comprobación homologada.
- Elementos de conexión.
- Equipos de protección necesarios.

1.8.11 Cuadro de Baja Tensión

El cuadro de baja tensión será el encargado de la recepción, protección y la posterior distribución de la salida de baja tensión del transformador.

Está constituido por dos envolventes de doble aislamiento, una superior para la instalación de un interruptor en carga de corte omnípolar y una inferior con bases portafusibles para la instalación de los fusibles apropiados.

La línea que alimenta al CGD irá protegida mediante fusibles tipo NH de categoría de empleo gG y de intensidad nominal 1000 A.

El cuadro tendrá las siguientes características eléctricas:

- Tensión asignada: 440 V
- Intensidad asignada: 1250 A
- Tensión soportada a frecuencia industrial, 50 Hz y un minuto de duración:
 - 10 kV entre las partes activas unidas entre sí y la masa metálica del cuadro.
 - 2,5 kV entre las partes activas de polaridades diferentes.

- Tensión soportada a los impulsos tipo rayos de 1,2/50 μ s:
 - Entre las partes activas y la masa metálica del cuadro, 20 kV valor de cresta.
- Intensidad de cortocircuito:
 - Admisible: 12 kA
 - Valor de cresta 30 kA.

1.8.12 Puesta a Tierra

La puesta a tierra del centro de transformación está compuesta por dos tierras, una de protección y otra de servicio. A continuación se describe cada una de ellas:

1.8.12.1 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 cabinas prefabricadas y carcasa del transformador.

La disposición estará constituida por una hilera de tres picas unidas mediante un conductor de cobre de 50 mm^2 de sección. El diámetro de cada pica será de 14 mm y la longitud de 2 m. Se enterrará verticalmente a 0,5 m de profundidad. El modelo elegido por tanto para esta puesta a tierra es el que tiene por código 5/32 del método UNESA. Dicha hilera se instalará frente a los accesos del centro de transformación paralelamente a su fachada.

La armadura de mallado electrosoldado embebida en el edificio prefabricado garantizará una perfecta equipotencialidad en todo el prefabricado mediante un sistema de unión apropiado. Este mallado se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos al electrodo de puesta a tierra de protección.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectarán, constituyendo el colector de tierras de protección.

El circuito de puesta a tierra de la apertura debe soportar las corrientes admisibles entre fase y tierra asignadas de corta duración y el valor de cresta entre cada unidad funcional y el terminal en el que se conecta el sistema de puesta a tierra de la instalación.

Para cumplir lo anterior, el conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 62271-200, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

El conductor de la tierra interior será de 50 mm^2 de cobre desnudo formando un anillo e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción, conectando el anillo a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

1.8.12.2 Tierra de Servicio

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida.

La disposición estará constituida por 2 picas en hilera y unidas por un conductor desnudo de 50 mm² de sección. El diámetro de cada pica será de 14 mm y la longitud de 2 m. Se enterrará verticalmente a 0,5 m de profundidad. La separación entre picas será de 3 m. Con esta configuración la longitud del conductor será de 3 m.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado de 0,6/1 kV formando un anillo e irá instalado por las paredes mediante bridás de sujeción conectando al final con una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1 m.

1.8.13 Instalaciones Secundarias

1.8.13.1 Alumbrado

En el interior del centro de transformación se instalarán un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalizará los accesos al centro de transformación.

Los interruptores del alumbrado estarán situados en la proximidad de las puertas de acceso con un piloto que indique su presencia.

1.8.13.2 Protección Contra Incendios

De acuerdo con la instrucción MIE-RAT 14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B.

1.8.13.3 Ventilación

La ventilación del centro de transformación se realizará de forma natural mediante las rejas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto.

Estas rejas se construirán de modo que impidan 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.

1.8.13.4 Medidas de Seguridad

Las celdas de línea estarán provistas de enclavamientos de tipo mecánico que relacionan entre sí los elementos que la componen.

El sistema de funcionamiento del interruptor con tres posiciones, impedirá el cierre simultáneo del mismo y su puesta a tierra, así como su apertura y puesta inmediata a tierra.

En su posición de cerrado se bloqueará la introducción de la palanca de accionamiento en el eje de la maniobra para la puesta a tierra, siendo asimismo bloqueables por candado todos los ejes de accionamiento.

Un dispositivo anti-reflex impedirá toda tentativa de reapertura inmediata de un interruptor.

Asimismo es de destacar que la posición de puesta a tierra será visible, así como la instalación de dispositivos para la indicación de presencia de tensión.

El compartimento de fusibles, totalmente estanco, será inaccesible mediante bloqueo mecánico en la posición de interruptor cerrado, siendo posible su apertura únicamente cuando éste se sitúe en la posición de puesta a tierra y, en este caso, gracias a su metalización exterior, estará colocado a tierra todo el compartimento, garantizándose así la total ausencia de tensión cuando sea accesible.

La celda de protección dispondrá de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la norma UNE-EN 62271-200, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en anteriores apartados.

1.9 Red de Baja Tensión

1.9.1 Normativa

Para el diseño de la red de baja tensión se tendrá en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento electrotécnico de baja tensión.
- Normas particulares de Sevillana Endesa.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean aplicables.

1.9.2 Descripción General

La red de baja tensión es la encargada de alimentar todos los elementos de la nave: maquinaria, iluminación exterior, interior y de emergencia, tomas de corriente, etc.

Desde el centro de transformación partirá la línea de alimentación encargada de llevar la potencia en baja tensión hasta la nave. Parte desde el cuadro de baja tensión del centro de transformación y llega hasta el embarrado del CGD ubicado en el almacén de entrada de la nave.

Desde CGD partirán las líneas necesarias para alimentar a cada uno de los cuadros secundarios de la fábrica. En concreto serán siete líneas que alimentarán cada una a cada cuadro secundario.

Se dispone de los siguientes cuadros secundarios ubicados en distintas zonas de la nave:

- C.S.1: situado a la entrada de la nave, alimentará a las tomas de corriente e iluminación del comedor y los vestuarios. Además desde aquí saldrá la línea para la alimentación del alumbrado exterior y para el ascensor.
- C.S.2: ubicado en la zona de chapistería, alimentará a la maquinaria y tomas de corriente de esta zona más las tomas de corriente del almacén de entrada.
- C.S.3: ubicado en la zona de chapistería, alimentará a la iluminación de esta zona más la de la zona de montaje, almacenes de entrada y salida, y circuito de emergencia.
- C.S.4: situado en la zona de montaje, alimentará a la maquinaria y tomas de corriente de la zona de montaje y del almacén de salida.
- C.S.5: ubicado en la zona de soldadura, alimentará los circuitos de fuerza y tomas de corriente de la zona de soldadura y de tratamiento superficial y pintura.
- C.S.6: ubicado en la zona de soldadura, alimentará a la iluminación de esta zona, a la de tratamiento superficial y pintura más la iluminación de emergencia.

- C.S.7: ubicado en las oficinas, alimentará a los circuitos de tomas de corriente, iluminación y climatización de dicha zona.

La alimentación para la iluminación en la zona de fabricación será totalmente independiente del resto de la instalación de baja tensión. En el comedor, vestuarios de la zona de fabricación y en las oficinas irán al cuadro de distribución de cada zona.

Las características generales de los cables de baja tensión son las siguientes (salvo el cable de alimentación al CGD):

Conductores unipolares/multipolares	RZ1-K (AS)
Material	Cobre (Cu)
Aislamiento	Mezcla de Polietileno Reticulado (XLPE)
Cubierta	Mezcla especial cero Halógenos, Afumex Z1
Tensión nominal	0,6/1 kV
Temperatura de servicio	- 40°C +90°C

Tabla 1.3. Características Cables de Baja Tensión

A continuación se describe cada uno de los circuitos que forman la red de baja tensión de la fábrica.

1.9.3 Circuito de Alimentación del CGD

1.9.3.1 Descripción

Este circuito será el encargado de alimentar al CGD ubicado en la cara este del almacén de entrada a la nave. Parte desde el CGBT ubicado en el centro de transformación y llega hasta el embarrado del CGD.

Es de destacar que al tratarse de un solo usuario no existe la línea general de alimentación, por tanto se tendrá en cuenta lo dispuesto en la ITC-15 del REBT.

1.9.3.2 Conductores

El material del conductor será aluminio de 240 mm^2 de sección para las fases y de 120 mm^2 para el neutro. La sección del conductor viene determinada en la memoria de cálculo. Se necesitan 4 de conductores por fase para cumplir con el criterio de máxima intensidad admisible.

El material aislante tendrá una tensión asignada de 0,6/1 kV. Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

Características del cable:

Conductores unipolares	ALRZ1 (AS)
Material	Aluminio (Al)
Aislamiento	Mezcla de Polietileno Reticulado (XLPE)
Cubierta	Mezcla especial cero Halógenos, Afumex Z1
Tensión nominal	0,6/1 kV
Temperatura de servicio	- 40°C +90°C

Tabla 1.4. Características Cables de Baja Tensión Alimentación al CGD

1.9.3.3 Trazado

La línea circula subterráneamente mediante cuatro tubos de polietileno de diámetro exterior mínimo de 225 mm enterrados a una profundidad mínima de 0,70 metros. La distancia entre los tubos será de 0,60 metros. Se intentará que la línea sea lo más rectilínea posible hasta el CGD. La disposición se realizará al tresbolillo en ternas dispuestas en un mismo nivel.

Su trazado puede observarse en el plano nº 4.

1.9.4 Cuadro General de Distribución

El cuadro general de distribución es el encargado de distribuir la energía eléctrica a cada sector de la nave, además de contener los elementos necesarios para la protección de los distintos circuitos que parten de él. Se encuentra situado en el almacén de entrada y junto a la cara noreste de la nave.

El cuadro está formado básicamente por una estructura metálica, un sistema de distribución de corriente (consistente en juegos de barras), unidades funcionales que integran placa soporte para instalar la aparamenta, tapa frontal para evitar el acceso directo a las partes en tensión, conexiones prefabricadas al juego de barras y dispositivos para realizar la conexión. La envolvente del cuadro es de chapa de acero pintado en color blanco.

El cuadro cumplirá con lo dispuesto en la norma UNE-EN 60439-1.

Las características más significativas del cuadro son las siguientes:

- Alto: 2000 mm
- Ancho: 800 mm
- Profundidad: 400 mm
- Grado de protección IP 55
- Grado de protección IK 08
- Corriente asignada: 3200 A
- Tensión asignada del juego de barras: 1000 V
- Aislamiento: Clase 1.

A continuación se describe de forma individual cada uno de los circuitos de baja tensión de la fábrica.

1.9.5 Circuito 1

1.9.5.1 Descripción

El circuito 1 es el encargado de alimentar al C.S.1 y por tanto a todos los consumos que se deriven de él. La línea partirá desde el CGD mediante un cable tetrapolar que contiene tres conductores activos, conductor neutro y el conductor de protección.

Desde el C.S.1 partirán las siguientes líneas:

- L.1.1, L.1.2: alimentación al circuito de tomas de corriente del comedor.
- L.1.3: alimentación al circuito de tomas de corriente de los vestuarios femenino y masculino y trastero.
- L.1.4: alimentación de la iluminación del comedor.
- L.1.5: alimentación de la iluminación de los vestuarios femenino y masculino y trastero.
- L.1.6: iluminación del pasillo de entrada a la nave.
- L.1.7: alimentación del ascensor.
- L.1.8: alimentación del alumbrado de emergencia.
- L.1.9: alimentación del alumbrado exterior.

1.9.5.2 Trazado

La línea L.1, que va desde el CGD al C.S.1, transcurrirá sobre bandeja perforada colocada de forma vertical sobre la pared norte de la nave. Dicha bandeja subirá hasta una altura de cuatro metros sobre el nivel del suelo por el almacén de entrada a la nave hasta llegar al pasillo donde pasará por el falso techo hasta la ubicación del C.S.1.

Desde el C.S.1 partirán las líneas para las tomas de corriente y la iluminación de esta zona. Para la alimentación de la iluminación, las líneas subirán hasta el falso techo en tubo flexible empotrado en la pared, desde ahí se llevará la línea hasta cada una de las luminarias. Cada una de estas líneas se alimenta de forma monofásica a 230 V.

Para las tomas de corriente, las líneas irán por tubo empotrado en obra y se llevarán monofásicamente hasta la ubicación de cada toma.

A continuación se ofrece una tabla resumen de las características de cada línea de este circuito:

LÍNEA	CONSUMO	MÉTODO INSTALACIÓN	LONGITUD (m)	SECCIÓN
L.1	Alimentación al C.S.1	Tetrapolar Bandeja perforada	30	4x6+TTx6 mm ² Cu
L.1.1	Tomas comedor (Fase R)	Unip. Tubo flexible empotrado en obra ($D_{tubo}=20$ mm)	10	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.1.2	Tomas comedor (Fase S)	Unip. Tubo flexible empotrado en obra ($D_{tubo}=20$ mm)	30	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.1.3	Tomas vestuario femenino, masculino y trastero (Fase S)	Unip. Tubo flexible empotrado en obra ($D_{tubo}=20$ mm)	40	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.1.4	Iluminación comedor (Fase S)	Bip. Tubo flexible ($D_{tubo}=16$ mm)	51	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.1.5	Iluminación vestuarios femenino, masculino y trastero (Fase T)	Bip. Tubo flexible empotrado en obra ($D_{tubo}=16$ mm)	77	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.1.6	Iluminación pasillo de entrada (Fase T)	Bip. Tubo flexible ($D_{tubo}=16$ mm)	28	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.1.7	Alimentación ascensor	Unip. Tubo flexible ($D_{tubo}=20$ mm)	15	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.1.8	Alimentación iluminación emergencia (Fase T)	Unip. Tubo flexible empotrado en obra ($D_{tubo}=16$ mm)	32	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.1.9	Alimentación alumbrado exterior (Fase T)	Unip. Tubo superficial ($D_{tubo}=20$ mm)	248	2x4+TTx4 mm ² Cu

Tabla 1.5. Resumen Líneas Circuito 1

1.9.6 Circuito 2

1.9.6.1 Descripción

El circuito 2 será el encargado de alimentar a todas las líneas de fuerza de la zona de chapistería. Parte desde el CGD mediante cinco conductores, tres de fase, el neutro y el de protección y llegará hasta el C.S.2, donde se realizará el reparto hasta cada una de las cargas.

Desde el C.S.2 partirán las siguientes líneas:

- L.2.1: alimentación de la cizalla.

- L.2.2: alimentación de la máquina laser.
- L.2.3 y L.2.4: alimentación de la punzonadoras 1 y 2 respectivamente.
- L.2.5, L.2.6 y L.2.7: alimentación de las plegadoras 1, 2 y 3 respectivamente.
- L.2.8 y L.2.9: alimentarán a las tomas de corriente de la zona de chapistería.
- L.2.10: alimentará a las tomas de corriente del almacén de entrada.

El C.S.2 está hecho de chapa de acero, consta de una estructura de alojamiento, un sistema de distribución de corriente formado por repartidores y juegos de barras verticales que pueden estar situadas en el lateral o en el fondo del cuadro y las unidades funcionales (placas de soporte dedicadas para instalar la apertura, tapa frontal destinada para evitar el acceso directo a las partes en tensión, conexiones prefabricadas al juego de barras, etc...). Estará instalado dentro de la zona de chapistería en la cara este de la nave junto a la pared que separa dicha zona con el almacén de entrada de la nave.

Las características del cuadro C.S.2 son las siguientes:

- Alto: 1230 mm
- Ancho: 595 mm
- Profundidad: 250 mm
- Tensión asignada de aislamiento del juego de barras: 1000 V
- Corriente asignada de empleo: 630 A
- Corriente asignada de corta duración admisible: 25 kA ef/1s
- Grado de protección IP 43
- Grado de protección IK08
- Aislamiento: Clase 1.

1.9.6.2 Trazado

La línea L.2 será llevada mediante bandeja perforada situada verticalmente y a cuatro metros desde el nivel del suelo mediante dos conductores por fase. Compartirá bandeja con la línea L.4 que alimenta al C.S.4.

Desde el C.S.2 partirán las distintas líneas para la alimentación a cada máquina y tomas de corriente de la zona de chapistería y tomas del almacén de entrada.

Las líneas subirán hasta el techo en bandeja perforada hasta la ubicación de cada máquina donde bajarán mediante escalera hasta llegar al cuadro de mando y protección de cada una de ellas.

Las líneas L.2.1, L.2.3 y L.2.4 compartirán una misma bandeja. Lo mismo ocurre con las líneas L.2.5, L.2.6 y L.2.7. La línea L.2.2 se llevará independientemente de las demás mediante bandeja perforada.

Las líneas para las tomas de corriente transcurren en tubo rígido superficial situado a 2,5 metros de altura para protegerlos del exterior. El diámetro de los tubos será de 20 mm. La altura a la que está situada cada toma es de 1 metro desde el nivel del suelo. Los tubos se fijarán a las paredes por medio de abrazaderas siendo la distancia entre éstas como máximo de 0,50 metros.

En esta zona, al igual que en toda la zona de fabricación se dispondrá de una toma trifásica junto a una monofásica para la toma de corriente eléctrica.

En la siguiente tabla se ofrece un resumen de cada línea:

CIRCUITO	CONSUMO	METODO INSTALACIÓN	LONGITUD (m)	SECCIÓN
L.2	Alimentación al C.S.2	Unip. Bandeja perforada	23	2(4x95+TTx50) mm ² Cu
L.2.1	Cizalla	Tetrapolar. Bandeja perforada	19	4x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.2.2	Máquina laser	Unip. Bandeja perforada	24	2(4x50+TTx25) mm ² Cu
L.2.3	Punzonadora 1	Tretrapolar. Bandeja perforada	39	4x10+TTx10 mm ² Cu
L.2.4	Punzonadora 2	Tretrapolar. Bandeja perforada	45	4x10+TTx10 mm ² Cu
L.2.5	Plegadora 1	Tretrapolar. Bandeja perforada	36	4x4+TTx4 mm ² Cu
L.2.6	Plegadora 2	Tretrapolar. Bandeja perforada	54	4x4+TTx4 mm ² Cu
L.2.7	Plegadora 3	Tretrapolar. Bandeja perforada	61	4x4+TTx4 mm ² Cu
L.2.8	Tomas de corriente chapistería	Unip. Tubo Superficial. (Dtubo=20 mm)	24	4x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.2.9	Tomas de corriente chapistería	Unip. Tubo Superficial. (Dtubo=20 mm)	30	4x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.2.10	Tomas de corriente almacén de entrada	Unip. Tubo Superficial. (Dtubo=20 mm)	46	4x2,5+TTx2,5 mm ² Cu

Tabla 1.6. Resumen Líneas Circuito 2

1.9.7 Circuito 3

1.9.7.1 Descripción

Este circuito es el encargado de suministrar energía para la iluminación de la cara este de la nave. Desde el CGD partirá un cable tetrapolar con cinco conductores, tres de fase, el neutro y el de protección para alimentar al C.S.3.

Desde el C.S.3 partirán las siguientes líneas:

- L.3.1, L.3.2 y L.3.3: alimentarán a la iluminación del almacén de entrada.
- L.3.4, L.3.5 y L.3.6: alimentarán a la iluminación de la zona de chapistería y a la sala del compresor.
- L.3.7, L.3.8 y L.3.9: alimentarán a la iluminación de la zona de montaje.
- L.3.10, L.3.11 y L.3.12: alimentarán a la iluminación del almacén de salida.
- L.3.13: alimentarán a la iluminación de emergencia de almacenes de entrada y salida, zona de chapistería y zona de montaje.

1.9.7.2 Trazado

Desde el CGD partirá una línea trifásica, denominada L.3, mediante bandeja perforada hasta el C.S.3. La bandeja será instalada en el lateral de la nave a una altura de 4 metros sobre el nivel del suelo.

Desde el cuadro de iluminación partirá un cable bipolar (fase más neutro) hasta cada una de las filas de luminarias transversales a la nave. Cada fila de luminarias se irá alternando entre fases de modo que se consiga hacer un reparto de cargas lo más equitativo posible. Los conductores de salida desde el C.S.3 hasta las luminarias circularán en bandeja perforada instalada a 4 metros de altura.

A continuación se ofrece un cuadro resumen de las características de cada línea:

CIRCUITO	CONSUMO	MÉTODO INSTALACIÓN	LONGITUD (m)	SECCIÓN
L.3	Alimentación al C.S.3	Tetrap. Bandeja perforada	50	4x4+TTx4 mm ² Cu
L.3.1	Iluminación almacén de entrada (Fase R)	Bip. Bandeja perforada	27	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.3.2	Iluminación almacén de entrada (Fase S)	Bip. Bandeja perforada	32	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.3.3	Iluminación almacén de entrada (Fase T)	Bip. Bandeja perforada	37	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.3.4	Iluminación chapistería (Fase R)	Bip. Bandeja perforada	29	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.3.5	Iluminación chapistería (Fase S)	Bip. Bandeja perforada	39	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.3.6	Iluminación chapistería y compresor (Fase T)	Bip. Bandeja perforada	49	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.3.7	Iluminación zona montaje (Fase R)	Bip. Bandeja perforada	57	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.3.8	Iluminación zona montaje (Fase S)	Bip.Bandeja perforada	66	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.3.9	Iluminación zona montaje (Fase T)	Bip.Bandeja perforada	76	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.3.10	Iluminación almacén de salida (Fase R)	Bip.Bandeja perforada	84	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.3.11	Iluminación almacén de salida (Fase S)	Bip.Bandeja perforada	90	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.3.12	Iluminación almacén de salida (Fase T)	Bip.Bandeja perforada	96	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.3.13	Iluminación emergencia (Fase S)	Unip. Tubo Superficial. (Dtubo=16 mm)	170	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu

Tabla 1.7. Resumen Líneas Circuito 3

1.9.8 Circuito 4

1.9.8.1 Descripción

Se trata del circuito que alimenta a las líneas de fuerza de la zona de montaje. Desde el CGD irán cinco conductores, tres de fase, el neutro y el de protección, hasta el C.S.4 ubicado en dicha zona.

Desde el C.S.4 partirán las siguientes líneas:

- L.4.1: alimentará al compresor.
- L.4.2: alimentación de la máquina de inyección de junta.
- L.4.3: alimentación de las tomas de corriente de la zona de montaje.
- L.4.4: alimentación de las tomas de corriente del almacén de salida.

Este cuadro será de características similares al C.S.2, salvo en las dimensiones. Dichas características son las siguientes:

- Alto: 630 mm
- Ancho: 595 mm
- Profundidad: 250 mm
- Tensión asignada de aislamiento del juego de barras: 1000 V
- Corriente asignada de empleo: 630 A
- Corriente asignada de corta duración admisible: 25 kA ef/1s
- Grado de protección IP 43
- Grado de protección IK08
- Aislamiento: Clase 1.

1.9.8.2 Trazado

Desde el CGD partirán las líneas mediante bandeja perforada hasta el C.S.4. La línea L.4 compartirá bandeja con la línea L.2.

Las líneas de tomas de corriente irán en tubo rígido superficial sujetados a la pared mediante abrazaderas separadas no más de 50 mm. La altura a la que se instala el tubo es de 2,5 metros. Las tomas de corriente estarán situadas a 1 metro desde el nivel del suelo.

La tabla resumen con las características de cada línea se ofrece a continuación:

CIRCUITO	CONSUMO	METODO INSTALACIÓN	LONGITUD (m)	SECCIÓN
L.4	Alimentación al C.S.4	Unipolar Bandeja perforada	58	4x95+TTx50 mm ² Cu
L.4.1	Compresor	Unipolar bandeja perforada	15	4x35+TTx16 mm ² Cu
L.4.2	Máquina inyección de junta de poliuretano	Tetrapolar bandeja perforada	30	4x4+TTx4 mm ² Cu
L.4.3	Tomas de corriente zona de montaje	Unip. Tubo superficial (D=20 mm)	64	4x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.4.4	Tomas de corriente almacén de salida	Unip. Tubo superficial (D=20 mm)	63	4x2,5+TTx2,5 mm ² Cu

Tabla 1.8. Resumen Líneas Circuito 4

1.9.9 Circuito 5

1.9.9.1 Descripción

Esta línea será la encargada de alimentar a la zona de soldadura y a la zona de tratamiento superficial y pintura.

Desde el CGD parten cinco conductores, tres de fase, el neutro y el de protección.

Desde el C.S.5 partirán las siguientes líneas:

- L.5.1: alimentará al túnel de tratamiento superficial.
- L.5.2: alimentará al horno de secado.
- L.5.3: alimentará a la cabina de pintura.
- L.5.4: alimentará al horno de polimerizado.
- L.5.5 y L.5.6: alimentarán a las tomas de corriente de la zona de tratamiento superficial y pintura.
- L.5.7 y L.5.8: alimentarán a las dos máquinas de soldadura automática.
- L.5.9: alimentará a las tomas de corriente de la zona de soldadura.
- L.5.10, L.5.11 y L.5.12 alimentarán a las máquinas de soldadura manual.

Dicho cuadro se encuentra situado en la pared que separa las zonas de soldadura y tratamiento superficial, a

una altura mínima de un metro. Se trata de un cuadro con las mismas dimensiones y características que el C.S.2, siendo éstas las siguientes:

- Alto: 1230 mm
- Ancho: 595 mm
- Profundidad: 250 mm
- Tensión asignada de aislamiento del juego de barras: 1000 V
- Corriente asignada de empleo: 630 A
- Corriente asignada de corta duración admisible: 25 kA ef/1s
- Grado de protección IP 43
- Grado de protección IK08
- Aislamiento: Clase 1.

1.9.9.2 Trazado

Desde el CGD partirán las líneas mediante bandeja perforada hasta el C.S.5. Primeramente subirán por la pared situada en la cara este de la nave hasta el techo y desde éste irán sobre bandeja perforada hasta la zona de soldadura donde bajarán hasta el cuadro de distribución.

Las líneas que salen del C.S.5 para la instalación de pintura irán todas en canaleta superficial. Las tomas de corriente de esta zona irán bajo tubo rígido en superficie.

Para las tomas de corriente de la zona de soldadura, las líneas irán en tubo rígido situado a 2,5 metros desde el nivel del suelo.

CIRCUITO	CONSUMO	METODO INSTALACIÓN	LONGITUD (m)	SECCIÓN
L.5	Alimentación al C.S.5	Unip. Bandeja perforada	72	4x95+TTx50 mm ² Cu
L.5.1	Túnel tratamiento superficial	Tetrapolar canaleta superficial	43	4x4+TTx4 mm ² Cu
L.5.2	Horno de secado	Tetrapolar canaleta superficial	61	4x4+TTx4 mm ² Cu
L.5.3	Cabina de pintura	Tetrapolar canaleta superficial	66	4x25+TTx16 mm ² Cu
L.5.4	Horno Polimerizado	Tetrapolar canaleta superficial	48	4x4+TTx4 mm ² Cu
L.5.5	Tomas de corriente zona tto. superficial y pintura	Unip. Bajo tubo (D=20 mm)	47	4x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.5.6	Tomas de corriente zona tto. superficial y pintura	Unip. Bajo tubo (D=20 mm)	70	4x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.5.7	Máquina soldadura automática 1	Tetrapolar bandeja perforada	34	4x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.5.8	Máquina soldadura automática 2	Tetrapolar bandeja perforada	40	4x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.5.9	Tomas de corriente soldadura	Unip. Bajo tubo (D=20 mm)	62	4x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.5.10	Máquina soldadura manual 1	Tetrapolar bandeja perforada	35	4x4+TTx4 mm ² Cu
L.5.11	Máquina soldadura manual 2	Tetrapolar bandeja perforada	39	4x4+TTx4 mm ² Cu
L.5.12	Máquina soldadura manual 3	Tetrapolar bandeja perforada	43	4x4+TTx4 mm ² Cu

Tabla 1.9. Resumen Líneas Circuito 5

1.9.10 Circuito 6

1.9.10.1 Descripción

Este circuito será el que alimente a la iluminación de la zona de soldadura y tratamiento superficial. Al C.S.6 llegará la línea L.6 formada por cinco conductores, tres de fase, el neutro más el de protección.

Desde dicho cuadro partirán las siguientes líneas:

- L.6.1, L.6.2, L.6.3, L.6.4, L.6.5 y L.6.6: alimentarán a la iluminación de la zona de tratamiento superficial y pintura.
- L.6.7, L.6.8 y L.6.9: alimentarán a la iluminación de la zona de soldadura.
- L.6.10: alimentará a la iluminación de emergencia.

1.9.10.2 Trazado

Desde el CGD partirá la línea L.6 mediante bandeja perforada hasta el C.S.6. Desde éste se repartirán por la zona de tratamiento superficial en tubo rígido mediante seis cables bipolares (fase más neutro). Cada fase alimentará a 7 luminarias haciendo así el reparto de cargas entre todas las fases.

En la zona de tratamiento superficial los conductores irán bajo tubo, cumpliendo éstos las características mínimas descritas en la tabla 3 de la ITC-29 del REBT.

Para la zona de soldadura se usarán tres cables bipolares que circularán en bandeja perforada. Cada una de las fases suministrará corriente a 3 luminarias.

A continuación se ofrece una tabla resumen de las líneas del circuito:

CIRCUITO	CONSUMO	METODO INSTALACIÓN	LONGITUD (m)	SECCIÓN
L.6	Alimentación al C.S.6	Tetrapolar Bandeja Perforada	73	4x10+TTx10 mm ² Cu
L.6.1	Iluminación zona tto. Superficial y pintura (Fase R)	Bip. Tubo superficial (D=20 mm)	53	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.6.2	Iluminación zona tto. Superficial y pintura (Fase S)	Bip. Tubo superficial (D=20 mm)	57	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.6.3	Iluminación zona tto. Superficial y pintura (Fase T)	Bip. Tubo superficial (D=20 mm)	61	2x4+TTx4 mm ² Cu
L.6.4	Iluminación zona tto. Superficial y pintura (Fase R)	Bip. Tubo superficial (D=20 mm)	65	2x4+TTx4 mm ² Cu
L.6.5	Iluminación zona tto. Superficial y pintura (Fase S)	Bip. Tubo superficial (D=20 mm)	69	2x4+TTx4 mm ² Cu
L.6.6	Iluminación zona tto. Superficial y pintura (Fase T)	Bip. Tubo superficial (D=20 mm)	73	2x4+TTx4 mm ² Cu
L.6.7	Iluminación zona de soldadura (Fase R)	Bip. Bandeja perforada	27	2x1,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.6.8	Iluminación zona de soldadura (Fase S)	Bip. Bandeja perforada	34	2x1,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.6.9	Iluminación zona de soldadura (Fase T)	Bip. Bandeja perforada	41	2x1,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.6.10	Iluminación emergencia (Fase R)	Unip. Tubo superficial (D=16 mm)	180	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu

Tabla 1.10. Resumen Líneas Circuito 6

1.9.11 Circuito 7

1.9.11.1 Descripción

Este circuito será el encargado de suministrar energía a las oficinas. Desde el CGD partirá un cable tetrapolar constituido por cinco conductores, tres de fase, el de neutro más el de protección.

Desde el cuadro de distribución ubicado en las oficinas saldrán las siguientes líneas:

- L.7.1: alimenta a las tomas de corriente situadas en la recepción, despacho del comercial y despacho del gerente.
- L.7.2: alimenta a las tomas del despacho del responsable de producción y de secretaría.
- L.7.3: alimenta a las tomas de la entrada, pasillo principal, servicios masculinos y femeninos, sala de reuniones y almacén.
- L.7.4: alimenta a las tomas de ingeniería.
- L.7.5: alimenta a las tomas del pasillo que llega hasta administración, sala de descanso y administración.
- L.7.6: alimenta a la iluminación de la entrada de las oficinas y ambos pasillos.
- L.7.7: alimenta a la iluminación de la recepción, despacho del comercial y del gerente.
- L.7.8: alimenta a la iluminación de secretaría y despacho del responsable de producción.
- L.7.9: alimentará a la iluminación de los vestuarios femeninos y masculinos, sala de reuniones y almacén.
- L.7.10: alimentará a la iluminación de la sala de descanso y de la administración.
- L.7.11: alimentará a la iluminación de la sala de ingeniería.
- L.7.12: alimentará al equipo de climatización.
- L.7.13: alimenta al alumbrado de emergencia.

El cuadro se encuentra a la entrada de las oficinas pegado a la cara norte de la nave. Estará situado a una altura mínima del suelo de un metro.

1.9.11.2 Trazado

La línea se llevará por la pared norte hasta las oficinas por bandeja perforada situada a cuatro metros desde el nivel del suelo. La línea L.7 compartirá bandeja con la línea L.1.

Las líneas que salen del cuadro de oficinas para las tomas de corriente circularán en tubo flexible por el falso techo de la oficina, desde ahí se hará la derivación a cada toma de corriente mediante cajas de derivación y bajarán hasta cada toma en canaleta. Para la iluminación irán en tubo flexible por el falso techo. Dichos tubos cumplirán con la norma UNE-EN 61386-23 relativa a tubos flexibles, no debiendo presentar en ningún punto aristas o fisuras que puedan ocasionar daño a los cables aislados ni al personal que los manipule.

Las canaletas se instalarán siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local por donde transcurren. Serán canaletas no perforadas que cumplirán con lo dispuesto en la ITC-21.

A continuación se detalla una tabla resumen de dicho circuito:

CIRCUITO	CONSUMO	MÉTODO INSTALACIÓN	LONGITUD (m)	SECCIÓN
L.7	Alimentación al C.S.7	Tetrapolar bandeja perforada	35	4x16+TTx16 mm ² Cu
L.7.1	Tomas de corriente recepción, desp. Comercial, desp. Gerente (Fase S)	Unip. Tubo flexible (D= 20 mm)	25	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.7.2	Tomas desp. Resp. De producción y secretaría (Fase R)	Unip. Tubo flexible (D= 20 mm)	44	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.7.3	Tomas pasillo principal, servicios,sala de reuniones y almacén (Fase S)	Unip. Tubo flexible (D= 20 mm)	23	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.7.4	Tomas ingeniería (Fase R)	Unip. Tubo flexible (D= 20 mm)	48	2x2,5+TTx2,5 mm ² Cu
L.7.5	Tomas pasillo, sala de descanso y administración (Fase T)	Unip. Tubo flexible (D= 25 mm)	49	2x6+TTx6 mm ² Cu
L.7.6	Iluminación entrada y pasillos (Fase T)	Bip. Tubo flexible (D= 16 mm)	30	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.7.7	Iluminación recepción, desp. Comercial, desp. Gerente (Fase T)	Bip. Tubo flexible (D= 16 mm)	37	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.7.8	Iluminación secretaría y desp. Resp. Producción (Fase T)	Bip. Tubo flexible (D= 16 mm)	32	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.7.9	Iluminación vestuarios, sala reuniones y almacén (Fase T)	Bip. Tubo flexible (D= 16 mm)	36	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.7.10	Iluminación sala de descanso y administración (Fase S)	Bip. Tubo flexible (D= 16 mm)	50	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.7.11	Iluminación Ingeniería (Fase S)	Bip. Tubo flexible (D= 16 mm)	50	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu
L.7.12	Climatización oficinas	Tetrap. Tubo superficial (D= 25 mm)	15	4x6+TTx6 mm ² Cu
L.7.13	Iluminación emergencia (Fase S)	Unip. Tubo flexible (D= 16 mm)	70	2x1,5+TTx1,5 mm ² Cu

Tabla 1.11. Resumen Líneas Circuito 7

1.9.12 Circuito 8

1.9.12.1 Descripción

Se trata del circuito que alimenta a la batería de condensadores. Consiste en un cable unipolar constituido por cuatro conductores, tres de fase más el de protección. La sección del conductor será de 185 mm² para las fases y de 95 mm² para el conductor de protección.

1.9.12.2 Trazado

El cable se llevará desde el CGD hasta la batería de condensadores en bandeja perforada vertical fijada sobre la pared siendo la longitud de la misma de 3 metros.

1.9.13 Protecciones

1.9.13.1 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

Para la protección de la instalación ante corrientes de sobrecarga y cortocircuito se instalarán en el CGD interruptores automáticos de caja moldeada e interruptores magnetotérmicos, según la intensidad de diseño de cada circuito.

Para el seccionamiento completo de la instalación se instalará en la cabecera del CGD un interruptor automático del tipo Masterpact de Schneider Electric o similar. Dicho interruptor poseerá regulación tanto térmica como magnética.

Las líneas L.2, L.4 y L.5 debido a su elevada corriente de diseño se protegerán mediante interruptor automático de caja moldeada, tetrapolares con posibilidad regulación térmica y magnética. Las líneas L.1. y L.7 también se protegerán mediante interruptores automáticos del mismo tipo que los anteriores. El resto de líneas que derivan del cuadro general se protegerán con interruptores magnetotérmicos tetrapolares sin posibilidad de regulación.

Para las líneas que parten desde los cuadros secundarios hasta las cargas se instalará en cada cuadro un magnetotérmico tetrapolar o bipolar según el caso. Para el caso de la línea L.2.2 se protegerá mediante un automático de caja moldeada debido a su alto consumo.

Existe selectividad total entre los interruptores para las líneas que afectan al proceso de fabricación, es decir, para los circuitos 2, 4 y 5. También existe selectividad total para el circuito de oficinas. Para el resto de circuitos de la instalación, concretamente los circuitos 1, 3 y 6 existe selectividad en el ámbito de las sobrecargas. En la memoria de cálculo se detalla con más exactitud la selectividad entre interruptores.

Para poder realizar el seccionamiento de los circuitos principales de la instalación se instalará aguas arriba de los elementos de protección un interruptor en carga. Se ofrece a continuación un resumen de la ubicación y características de los mismos:

UBICACIÓN	INTERRUPTOR EN CARGA		
	Designación	I _n (A)	Resistencia al Cortocircuito (kA)
C.S.1	iSW (4P)	40	6
C.S.2	INS500 (4P)	500	36
C.S.3	iSW (4P)	40	6
C.S.4	NSX250NA (4P)	250	36
C.S.5	NSX250NA (4P)	250	36
C.S.6	iSW (4P)	40	6
C.S.7	iSW (4P)	63	6

Tabla 1.12. Interruptores en Carga

1.9.13.2 Protección Contra Contactos Indirectos

Para la protección ante corrientes residuales se incorporarán dispositivos de protección diferencial a lo largo de la instalación de modo que se interrumpa el suministro al detectarse cualquier corriente de defecto.

Se instalarán en el origen de cada línea principal hacia los cuadros secundarios y en las líneas que parten de éstos hacia las cargas. Dichos dispositivos poseerán un calibre mayor e igual número de polos que el interruptor asociado o situado aguas arriba.

Todos los interruptores de caja moldeada llevarán un transformador toroidal más relé diferencial ajustables entre 300 mA y 1 A para las líneas L.2, L.4 y L.5. Para las líneas L.1 y L.7 serán ajustables entre 0 y 60 ms con sensibilidad de 300 mA.

Los ubicados en los cuadros secundarios serán de 30 mA para las tomas de corrientes y circuitos de iluminación y de 300 mA para los demás casos, éstos serán del tipo instantáneos.

Se utilizarán dispositivos del tipo superinmunizados para evitar disparos anómalos que provoquen la apertura del interruptor ante la no presencia de corrientes de fuga peligrosas.

En la instalación existe selectividad total entre diferenciales.

A continuación se ofrecen tablas con la información de los dispositivos de protección correspondientes a cada circuito:

CGD:

CIRCUITO	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO			DIFERENCIAL	
	Tipo	$I_{nom}/I_{reg.}$ (A)	Poder de corte (kA)	Tipo	Sensibilidad (mA)
Cabecera	NT10H1 (4P) + Micrologic 5.0	1000	42	-	-
L.1	NSX100B (4P) + TM-D	40	25	RH21M	300
L.2	NSX630F (4P) + Micrologic 2.3	415	36	RH99M	1000
L.3	iC60L (4P)	25	25	Vigi iC60	300
L.4	NSX250B (4P) + Micrologic 2.2	250	25	RH99M	1000
L.5	NSX250B (4P) + Micrologic 2.2	250	25	RH99M	1000
L.6	iC60L (4P)	25	25	Vigi iC60	300
L.7	NSX100B (4P) + Micrologic 2.2	60	25	RH21M	300
L.8	NSX630F (4P) + Micrologic 2.3	400	36	RH99M	300

Tabla 1.13. Protecciones CGD

C.S.1:

CIRCUITO	INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL		
	Tipo	$I_{nominal}$ (A)	Poder de corte (kA)	Tipo	$I_{nominal}$ (A)	Sensibilidad (mA)
L.1.1	iC60N (2P)	25	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.1.2	iC60N (2P)	16	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.1.3	iC60N (2P)	16	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.1.4	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.1.5	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.1.6	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.1.7	iC60N (4P)	16	10	Vigi iC60 Si	25	30
L.1.8	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.1.9	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60 Si	25	30

Tabla 1.14. Protecciones C.S.1

C.S.2:

CIRCUITO	INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL		
	Tipo	I _{nominal} (A)	Poder de corte (kA)	Tipo	I _{nominal} (A)	Sensibilidad (mA)
L.2.1	iC60L (4P)	16	25	Vigi iC60 Si	63	300
L.2.2	NSX250B(4P) +Micrologic2.2	250	25	RH21M	250	300
L.2.3	iC60L (4P)	40	20	Vigi iC60 Si	63	300
L.2.4	iC60L (4P)	40	20	Vigi iC60 Si	63	300
L.2.5	iC60L (4P)	25	25	Vigi iC60 Si	63	300
L.2.6	iC60L (4P)	25	25	Vigi iC60 Si	63	300
L.2.7	iC60L (4P)	25	25	Vigi iC60 Si	63	300
L.2.8	iC60L (4P)	16	25	Vigi iC60 Si	25	30
L.2.9	iC60L (4P)	16	25	Vigi iC60 Si	25	30
L.2.10	iC60L (4P)	16	25	Vigi iC60 Si	25	30

Tabla 1.15. Protecciones C.S.2

C.S.3:

CIRCUITO	INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL		
	Tipo	$I_{nominal}$ (A)	Poder de corte (kA)	Tipo	$I_{nominal}$ (A)	Sensibilidad (mA)
L.3.1	iC60N (2P)	10	20	iID (4P)	25	30
L.3.2	iC60N (2P)	10	20			
L.3.3	iC60N (2P)	10	20			
L.3.4	iC60N (2P)	16	20	iID (4P)	25	30
L.3.5	iC60N (2P)	16	20			
L.3.6	iC60N (2P)	16	20			
L.3.7	iC60N (2P)	16	20	iID (4P)	25	30
L.3.8	iC60N (2P)	16	20			
L.3.9	iC60N (2P)	16	20			
L.3.10	iC60N (2P)	10	20	iID (4P)	25	30
L.3.11	iC60N (2P)	10	20			
L.3.12	iC60N (2P)	10	20			
L.3.13	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60	25	30

Tabla 1.16. Protecciones C.S.3

C.S.4:

CIRCUITO	INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL		
	Tipo	$I_{nominal}$ (A)	Poder de corte (kA)	Tipo	$I_{nominal}$ (A)	Sensibilidad (mA)
L.4.1	C120H (4P)	125	15	Vigi C120 Si	125	300
L.4.2	iC60H (4P)	25	15	Vigi iC60 Si	63	300
L.4.3	iC60H (4P)	16	15	Vigi iC60 Si	25	30
L.4.4	iC60H (4P)	16	15	Vigi iC60 Si	25	30

Tabla 1.17. Protecciones C.S.4

C.S.5:

CIRCUITO	INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL		
	Tipo	I_{nominal} (A)	Poder de corte (kA)	Tipo	I_{nominal} (A)	Sensibilidad (mA)
L.5.1	iC60H (4P)	16	15	Vigi iC60 Si	63	300
L.5.2	iC60H (4P)	16	15	Vigi iC60 Si	63	300
L.5.3	iC60H (4P)	40	15	Vigi iC60 Si	63	300
L.5.4	iC60H (4P)	16	15	Vigi iC60 Si	63	300
L.5.5	iC60H (4P)	16	15	Vigi iC60 Si	25	30
L.5.6	iC60H (4P)	16	15	Vigi iC60 Si	25	30
L.5.7	iC60H (4P)	20	15	Vigi iC60 Si	63	300
L.5.8	iC60H (4P)	20	15	Vigi iC60 Si	63	300
L.5.9	iC60H (4P)	16	15	Vigi iC60 Si	25	30
L.5.10	iC60H (4P)	25	15	Vigi iC60 Si	63	300
L.5.11	iC60H (4P)	25	15	Vigi iC60 Si	63	300
L.5.12	iC60H (4P)	25	15	Vigi iC60 Si	63	300

Tabla 1.18. Protecciones C.S.5

C.S.6:

CIRCUITO	INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL		
	Tipo	I _{nominal} (A)	Poder de corte (kA)	Tipo	I _{nominal} (A)	Sensibilidad (mA)
L.6.1	iC60N (2P)	16	20	iID (4P)	63	30
L.6.2	iC60N (2P)	16	20			
L.6.3	iC60N (2P)	20	20			
L.6.4	iC60N (2P)	20	20	iID (4P)	63	30
L.6.5	iC60N (2P)	20	20			
L.6.6	iC60N (2P)	20	20			
L.6.7	iC60N (2P)	10	20	iID (4P)	63	30
L.6.8	iC60N (2P)	10	20			
L.6.9	iC60N (2P)	10	20			
L.6.10	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60	25	30

Tabla 1.19. Protecciones C.S.6

C.S.7:

CIRCUITO	INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO			DIFERENCIAL		
	Tipo	I _{nominal} (A)	Poder de corte (kA)	Tipo	I _{nominal} (A)	Sensibilidad (mA)
L.7.1	iC60N (2P)	16	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.7.2	iC60N (2P)	16	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.7.3	iC60N (2P)	16	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.7.4	iC60N (2P)	16	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.7.5	iC60N (2P)	32	10	Vigi iC60 Si	40	30
L.7.6	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.7.7	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.7.8	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.7.9	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.7.10	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.7.11	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60 Si	25	30
L.7.12	iC60N (4P)	32	20	Vigi iC60 Si	40	30
L.7.13	iC60N (2P)	10	20	Vigi iC60 Si	25	30

Tabla 1.20. Protecciones C.S.7

1.9.14 Puesta a Tierra de la Nave

En este apartado se realiza la descripción del sistema de tierras adoptado para la nave. Dicho sistema tiene como finalidad la protección de los usuarios frente a la posible aparición de tensiones de contacto en las masas debidas a fallos de aislamiento.

El objetivo de dicha instalación es minimizar las diferencias de tensión entre las distintas masas y entre las masas y tierra en caso de defecto.

A este sistema irán conectados todos aquellos elementos metálicos que por cualquier circunstancia puedan

quedar sometidos a tensión.

Se conectarán al sistema de tierra los siguientes elementos:

- Estructura metálica de la nave
- Envoltorios y carcasa metálicas de aparatos eléctricos
- Guías metálicas del ascensor
- Canalizaciones metálicas de agua, gas, calefacción, aire comprimido, antenas de radio y TV, etc...
- Armaduras de cables de baja tensión.

La instalación de puesta a tierra consta de dos partes bien diferenciadas, una de ellas es la constituida por una conducción enterrada, que será la que hace el contacto con el terreno, y la otra es la encargada de unir este circuito con las masas metálicas de la instalación. El elemento de enlace será una arqueta situada junto al CGD. Se instalarán otras dos arquetas, una junto al C.S. 5 y otra en la esquina suroeste de la nave.

Para la realización de la toma de tierra, se dispondrá en todo el perímetro del edificio un cable rígido de cobre desnudo formando un anillo. A dicho anillo irá conectada la estructura metálica del edificio mediante soldadura aluminotérmica o autógena para hacer una conexión fiable y segura. Además existe una conducción del mismo material que cruza la nave con el objetivo de unir toda la estructura metálica de la misma.

La profundidad de la toma de tierra será como mínimo de 0,5 metros para evitar que la pérdida de humedad en la superficie les afecte. La sección del conductor de cobre será de 35 mm².

En cada arqueta se encuentra situado el punto de puesta a tierra, en éste punto irán conectados la conducción enterrada y la línea principal de tierra. La línea principal de tierra irá protegida frente a la corrosión y el desgaste mecánico.

La línea principal de tierra y sus derivaciones y conductores de protección son las que se encargan de unir las masas de la instalación con la puesta a tierra de la nave. Sus secciones vendrán definidas según la tabla 2 de la ITC-18 del REBT. Dichas secciones están descritas a lo largo de esta memoria para cada circuito.

1.9.15 Iluminación Interior

La iluminación interior es la encargada de dar luz al interior de la nave, lo hará en todas sus secciones con una luminosidad adecuada para cada una de las funciones a realizar dentro de la fábrica.

1.9.15.1 Características Generales

El sistema de alumbrado está formado por varios circuitos, parten concretamente desde los cuadros C.S.1,

C.S.3, C.S.6 y C.S.7. La alimentación a cada luminaria se realiza de forma monofásica a 230 V.

La iluminación estará seccionada debido a la distinta iluminancia requerida por cada sector de la nave. Toda la iluminación interior se realiza con tecnología LED.

La iluminación para las oficinas, comedor, vestuarios y zonas comunes podrá ser regulable automáticamente mediante sistema DALI. DALI es un interfaz de comunicación digital y direccionable para sistemas de iluminación. Es un interfaz de regulación bidireccional con una estructura “maestro-esclavo” donde la información fluye desde un controlador, que opera como maestro, hacia los equipos de iluminación que operan como esclavos, ejecutando los comandos o respondiendo a las solicitudes de información recibidas. La comunicación mediante las señales digitales se realiza a través de un bus o línea de control a dos hilos.

Para la alimentación de las luminarias que tengan sistema de regulación se usarán cables Afumex 1000 V Lux de Prysmian de 0,6/1 kV ideales para la alimentación y control de receptores de alumbrado. Estos cables poseen conductor de fase, neutro, protección más otros dos para el control de la iluminación.

Para el resto de la iluminación de la nave se usarán cables Afumex Easy de Prysmian o similar de tensión nominal 0,6/1 kV.

1.9.15.2 Iluminación Comedor, Vestuarios y Pasillo de Entrada

Los circuitos de iluminación del comedor, vestuarios y pasillo de entrada partirán desde el C.S.1 ubicado en la entrada a la nave. Se trata de 3 líneas tendidas bajo tubo flexible empotrado en obra que suben hasta el techo de cada zona hasta llegar a la luminaria correspondiente. El diámetro de los tubos es de 16 mm. Las características mínimas que deben cumplir éstos serán las que impone el REBT en su ITC-21.

La luminaria elegida para esta zona es la CoreView Panel RC160V de Philips con lámpara LED de 47 W para comedor, vestuarios masculinos, pasillo y almacén y de 45 W para vestuarios femeninos y entrada al comedor.

Dicha luminaria tiene un grado de protección IP 20 e irá empotrada en el techo de cada una de las estancias. Como se ha comentado antes, la iluminación de esta zona podrá ser regulable de modo que se reduzca la iluminación dependiendo de la luz natural entrante o apagarse ante la no presencia de personal.

1.9.15.3 Iluminación Almacén de Entrada y Salida

Para la iluminación de los almacenes de entrada y salida el circuito partirá desde el C.S.3. Se trata de un solo circuito para cada uno de los almacenes en el que cada fila de luminarias se alimenta desde una fase haciendo así el reparto de cargas. El número de luminarias a alimentar será de 9 para el almacén de entrada y de 12 para el de salida.

La luminaria elegida es la CoreLine Estanca WT120C de Philips con grados de protección IP 65 e IK 08 y

lámpara de tecnología LED de 58 W de potencia para ambos almacenes. Dicha luminaria irá colgada del techo mediante cadena y cáncamos a una altura de 7 metros.

1.9.15.4 Iluminación Zona de Chapistería y Zona de Montaje

El circuito de iluminación a la zona de chapistería partirá desde el C.S.3, subirá hasta el techo de la nave mediante bandeja perforada. Se trata de tres circuitos en el que cada una de las filas de luminarias transversales a la nave se reparte entre cada una de las fases. El número de luminarias total para la zona de chapistería es de 12. Cada fase, por tanto, alimentará a 4 luminarias.

Para la zona de montaje el sistema de instalación es el mismo, el número de luminarias es igualmente de 12.

La luminaria elegida para ambas zonas es la GentleSpace BY461P de Philips con lámpara de 267 W. Estarán situadas a 7 metros desde el nivel del suelo.

1.9.15.5 Iluminación Zona de Soldadura

Se trata de tres circuitos que parten desde el C.S.6 y suben hasta el techo de dicha zona mediante bandeja perforada. Cada fila de luminarias se reparte entre cada una de las fases.

La luminaria elegida es la GentleSpace BY461P de Philips con lámpara de 206 W de potencia.

1.9.15.6 Iluminación Zona de Tratamiento Superficial y Pintura

El circuito parte desde el C.S.6 y transcurre mediante tubo rígido en superficie subiendo hasta el techo de la nave. Ahí pasa a la zona de tratamiento superficial repartiéndose hasta cada luminaria. Consta de seis líneas monofásicas que alimentan cada una a 7 luminarias. El número de luminarias total de dicha zona es por tanto de 42.

El tipo de luminaria es la GentleSpace BY461P de Philips con lámpara de 267 W.

En la siguiente tabla se pueden ver de forma resumida los datos más importantes de la iluminación de la zona de fabricación de la nave:

	Iluminancia requerida (lux)	Iluminancia media (lux)	Iluminancia mínima (lux)	Iluminancia máxima (lux)	Potencia total (W)	Potencia lámpara (W)	Número de luminarias
Almacén de entrada	100	113	60	146	522	58	9
Chapistería y Montaje	300	361	149	473	6408	267	24
Soldadura	300	325	99	496	1854	206	9
Pintura y Tratamiento Superficial	750	752	301	963	11214	267	42
Almacén de Salida	100	139	74	172	696	58	12
Comedor	200	230	124	286	564	47	12
Pasillo de Entrada	200	208	101	276	188	47	4
Duchas Femeninas	200	243	176	283	135	45	3
Servicios Femeninos	200	204	150	234	90	45	2
Entrada Vestuarios Masculinos	200	203	145	236	94	47	2
Vestuarios Masculinos	200	230	116	284	705	47	15
Almacén	100	112	88	126	45	45	1

Tabla 1.21. Resumen Iluminación Nave

1.9.15.7 Iluminación Oficinas

El circuito de iluminación para las oficinas está dividido en 5 líneas. Cada una de ellas parte desde el C.S.7 y suben hasta el falso techo de las oficinas, donde se repartirán para alimentar a las luminarias correspondientes en cada una de las estancias.

La alimentación de cada línea viene descrita en el punto 1.9.11 de esta memoria.

El número total de luminarias de las oficinas asciende a 67. El tipo de luminaria elegida es la PowerBalance de Philips con lámparas de 25, 26 y 35 W.

Esta iluminación tiene posibilidad de regulación mediante sistema DALI, ya comentado anteriormente.

A continuación se ofrece una tabla resumen con los datos de la iluminación de las oficinas:

	Iluminancia requerida (lux)	Iluminancia media (lux)	Iluminancia mínima (lux)	Iluminancia máxima (lux)	Potencia total (W)	Potencia lámpara (W)	Número de luminarias
Escaleras	300	343	234	415	35	35	2
Zona ascensor	300	354	242	435	6408	35	1
Pasillo	150	209	91	303	125	25	5
Recepción	300	376	204	477	104	26	4
Desp. Comercial	500	513	274	650	140	35	4
Desp.Responsable Producción	500	502	274	615	140	35	4
Despacho Gerente	500	590	305	742	210	35	6
Secretaría	500	525	254	638	280	35	8
Administración	500	597	300	769	279	31	9
Ingeniería	500	573	280	694	525	35	15
Sala de descanso	100	154	132	52	50	25	2
Almacén	200	238	100	367	50	25	2
Sala de Reuniones	500	562	289	704	210	35	6
Servicios Femeninos	200	201	87	314	25	25	1
Servicios Masculinos	200	272	151	365	50	25	2

Tabla 1.22. Resumen Iluminación Oficinas

1.9.16 Iluminación de Emergencia

El alumbrado de emergencia es aquel previsto para ser utilizado en caso de un fallo en la alimentación del alumbrado normal. Al igual que en el alumbrado normal se usa tecnología LED.

Se trata de una instalación fija y estará prevista de una fuente propia de energía entrando automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo del 70 % de su tensión normal de servicio. Desde el momento en que se produzca un fallo mantendrá las condiciones de servicio durante una hora como mínimo.

Proporcionará una iluminancia de un lux como mínimo en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación y de al menos cinco lux donde se encuentren cuadros de control.

Se dispondrá de una serie de luminarias instaladas a una altura de 3 metros sobre el nivel del suelo y ubicadas en zonas cercanas a los cuadros eléctricos y sobre las puertas de salida de cada estancia de la nave y las oficinas.

La luminaria elegida será una luminaria permanente de 4 W de consumo. Existen cuatro circuitos independientes de emergencia, uno para la zona del comedor y vestuarios, naciendo el circuito en el C.S.1, otro para el ala este de la nave, partiendo del C.S.3, un tercero para la cara oeste suministrado desde el C.S.6 y un cuarto para las oficinas, alimentado desde el cuadro de oficinas.

Los conductores irán en tubo rígido sobre la pared para la zona de fabricación mientras que en las oficinas, comedor y vestuarios irán en tubo flexible empotrado en la pared.

En el plano número 12 puede verse la ubicación de cada una de las luminarias y la disposición del circuito.

1.9.17 Iluminación Exterior

Este circuito estará alimentado de forma monofásica. La línea partirá desde el C.S.1, subirá hasta una altura de 4,5 metros y saldrá al exterior donde conectará a una caja de derivación, dividiéndose ahí en dos líneas que alimentarán cada una a 5 luminarias. En cada punto de luminaria se instala una caja de derivación. A la salida de cada línea se disponen unas cajas portafusibles de exterior que contendrán las protecciones de cada línea.

El cable usado tendrá una tensión nominal de 0,6/1kV.

Para el control de este circuito se usará un interruptor crepuscular con célula fotoeléctrica que irá en el exterior de la nave. Estará regulado a 10 lux de modo que si se rebaja este umbral conectaría el circuito de alumbrado.

La luminaria usada es Tempo de Philips con una lámpara de 70 W de potencia. Esta luminaria cumplirá lo dispuesto en las normas UNE-EN 60598-2-3 y UNE-EN 60598-2-5.

1.9.18 Tomas de Corriente

1.9.18.1 Descripción General

Este circuito permite tener energía eléctrica en cualquier división de la nave. Se trata de una conducción en árbol que nace en los cuadros secundarios y se reparte a todo el edificio.

Se extiende a la misma altura que el resto de las canalizaciones bajando una derivación hasta el punto de puesta de las tomas, que no será nunca inferior a 40 cm de altura. Los puntos de conexión están formados por dos tomas de corriente, una trifásica y otra monofásica, ambas con puesta a tierra y de 25 A y 16 A de intensidad nominal respectivamente.

1.9.19 Reparto de Cargas

Se hace necesario hacer un reparto de cargas para hacer la instalación lo más equilibrada posible. De este modo se hará un reparto de las siguientes líneas:

- Circuito 1: L.1.1 conectada a la fase R.
- Circuito 1: L.1.2, L.1.3 y L.1.4 conectadas a la fase S.
- Circuito 1: L.1.5, L.1.6, L.1.8 y L.1.9 conectadas a la fase T.
- Circuito 3: L.3.1, L.3.4, L.3.7 y L.3.10 conectadas a la fase R.
- Circuito 3: L.3.2, L.3.5, L.3.8, L.3.11 y L.3.13 conectadas a la fase S.
- Circuito 3: L.3.3, L.3.6, L.3.9 y L.3.12 conectadas a la fase T.
- Circuito 6: L.6.1, L.6.4 y L.6.7 conectadas a la fase R.
- Circuito 6: L.6.2, L.6.5, L.6.8 y L.6.10 conectadas a la fase S.
- Circuito 6: L.6.3, L.6.6 y L.6.9 conectadas a la fase T.
- Circuito 7: L.7.2 y L.7.4 conectadas a la fase R.
- Circuito 7: L.7.1, L.7.3, L.7.10, L.7.11 y L.7.13 a la fase S.
- Circuito 7: L.7.5, L.7.6, L.7.7, L.7.8 y L.7.9 conectadas a la fase T.

El circuito de tomas de corriente de la nave se puede considerar por sí solo equilibrado ya que posee tomas trifásicas y al lado de cada una de ellas una monofásica. Se irán alternando las distintas fases para hacer el sistema lo más equilibrado posible. Se trata en total de 18 tomas monofásicas que se repartirán entre las tres

fases.

De este modo la potencia total de cada fase teniendo en cuenta el consumo de las líneas citadas antes queda de la siguiente forma:

- Fase R: 15661 W.
- Fase S: 15516W.
- Fase T: 15546 W.

De forma gráfica:



Figura 3. Reparto de Cargas

1.9.20 Compensación de Potencia Reactiva

Para mejorar el factor de potencia de la instalación se usará una batería de condensadores instalada en el almacén de entrada y conectada al CGD.

La batería realizará una compensación automática mediante la entrada y la salida de una serie de condensadores en función de la demanda de potencia reactiva de la instalación, de forma que se produzca la conexión o desconexión de etapas de condensadores en función de la reactiva demandada por los diferentes consumos en el interior de la nave.

Se ha elegido el siguiente equipo para la compensación:

- Batería de condensadores Varset o similar de 200 kVAr de potencia, regulación 2x25+3x50.

