

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**  
**ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR**  
**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA**



## **PROYECTO FIN DE CARRERA**

Diseño de una instalación fotovoltaica de 300 kW sobre cubierta

**TITULACIÓN:** Ingeniería industrial – Electricidad

**AUTOR:** Ramiro Caballero Díaz

**TUTOR:** D. Vicente Salas

Leganés, Julio de 2014



<b>1. OBJETIVO</b>	1
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	2
<b>2.1. Desarrollo Sostenible y energías renovables</b>	3
<b>2.2. Energía solar fotovoltaica dentro del marco actual de las renovables</b>	3
<b>2.3. Terminología</b>	5
<b>2.4. La energía solar fotovoltaica</b>	5
2.4.1. Futuro de la energía solar fotovoltaica	6
2.4.2. Funcionamiento	6
2.4.3. Tipologías de instalaciones solares fotovoltaicas	6
2.4.3.1. Instalaciones aisladas	6
2.4.3.2. Instalaciones conectadas a red	7
<b>2.5. Descripción de los componentes</b>	8
2.5.1. Célula fotoeléctrica	8
2.5.1.1. Célula monocristalina de silicio	8
2.5.1.2. Célula de silicio policristalino	8
2.5.1.3. Células amorfas	9
2.5.2. Módulos solares	9
2.5.3. Generador fotovoltaico	11
2.5.4. Inversor	12
<b>3. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN</b>	14
<b>3.1. Objeto del proyecto</b>	14
<b>3.2. Situación y emplazamiento de la actividad</b>	14
<b>3.3. Terrenos y edificaciones</b>	14
<b>3.4. Proceso de la actividad</b>	15
3.4.1. Contaminación generada y seguridad industrial	15
3.4.2. Descripción del proceso de fabricación	15
3.4.3. Maquinaria e instalaciones	15
<b>3.5. Potencia a instalar</b>	16
<b>3.6. Inversores</b>	16
<b>3.7. Personal</b>	16
<b>3.8. Productos utilizados y materias primas</b>	16
<b>3.9. Seguridad de las máquinas instaladas</b>	16
3.9.1. Máquinas nuevas	16
3.9.2. Condiciones de instalación de las máquinas	17
<b>4. ANÁLISIS TÉCNICO</b>	18
<b>4.1. Diseño</b>	18
4.1.1. Cubierta utilizada	18
4.1.2. Dimensionado del inversor y generador fotovoltaico	18
4.1.3. Análisis previos para la selección del inversor	19
4.1.4. Elementos principales de la instalación	19
4.1.4.1. Módulo fotovoltaico	19
4.1.4.2. Inversor	20



4.1.4.3. Monitorización .....	20
4.1.5. Protecciones .....	21
4.1.5.1. Protección ante contacto directo .....	21
4.1.5.2. Protección ante contacto indirecto .....	22
4.1.5.3. Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos .....	22
4.1.5.4. Equipo de vigilancia de la instalación .....	24
4.1.5.5. Otras protecciones .....	24
4.1.6. Toma de tierra de la instalación .....	25
4.1.7. Dimensionado de la estructura soporte .....	26
4.2. Simulación del sistema fotovoltaico (PVSystem) .....	27
4.3. Estimación de pérdidas y ratio de producción .....	28
4.3.1. Orientación de los módulos fotovoltaicos .....	28
4.3.2. Pérdidas por sombreado .....	28
4.3.3. Ratio de producción .....	29
4.3.3.1. Pérdidas por temperatura .....	29
4.3.3.2. Pérdidas en el cableado .....	30
4.3.3.3. Pérdidas por suciedad de los paneles .....	30
4.3.3.4. Pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia .....	30
4.3.3.5. Rendimiento del inversor y consumo nocturno .....	30
4.4. Estudio impacto medioambiental .....	30
5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	31
5.1. Baja Tensión .....	31
5.2. Media Tensión .....	87
6. CONCLUSION .....	98
7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS .....	99
<b>ANEXOS</b>	
8. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA .....	100
8.1. Configuración del sistema .....	100
8.1.1. Dimensionado del subgenerador fotovoltaico .....	102
8.1.1.1. Número máximo de módulos por ramal .....	102
8.1.1.2. Número mínimo de módulos por ramal .....	103
8.1.1.3. Número de ramales en paralelo .....	104
8.1.1.4. Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los módulos .....	105
8.1.1.5. Cálculo de la distancia entre filas .....	105
8.1.1.6. Sobrecargas soportadas por la estructura .....	111
8.2. Instalación eléctrica .....	112
8.2.1. Descripción general de la instalación eléctrica .....	112
8.2.2. Instalación de corriente continua (DC) .....	112
8.2.2.1. Cableado de corriente continua .....	112
8.2.2.2. Aparatación eléctrica de corriente continua .....	116
8.2.3. Instalación de corriente alterna (AC) .....	117
8.2.3.1. Cableado de corriente alterna .....	117



8.2.3.2.	Aparatación eléctrica de corriente alterna.....	121
8.2.3.3.	Armario de contadores .....	122
8.2.4.	<i>Puesta a tierra de las masas de la instalación</i> .....	123
8.3.	<b>Cálculos PVSyst</b> .....	123
	<b>PROYECTO M.T.</b> .....	124
9.	<b>MEMORIA</b> .....	124
9.1.	<b>Objeto del proyecto</b> .....	124
9.2.	<b>Instalaciones comprendidas en este proyecto</b> .....	124
9.3.	<b>Programa de necesidades y potencia instalada en kVA</b> .....	125
9.4.	<b>Punto de conexión</b> .....	125
9.5.	<b>Características generales de la línea de Alta Tensión</b> .....	125
9.5.1.	<i>Descripción del cable desnudo de alta tensión existente</i> .....	125
9.5.2.	<i>Conductor desnudo de alta tensión a instalar</i> .....	125
9.5.3.	<i>Apoyos metálicos a instalar</i> .....	126
9.5.4.	<i>Cimentación de apoyos</i> .....	127
9.5.5.	<i>Puesta a tierra de apoyos</i> .....	127
9.5.6.	<i>Placas señalización de apoyos</i> .....	127
9.5.7.	<i>Aislamiento de la línea de alta tensión</i> .....	127
9.5.8.	<i>Autoválvulas (MIE RAT-09)</i> .....	128
9.5.9.	<i>Seccionadores unipolares (MIET RAT-09)</i> .....	128
9.5.10.	<i>Paso de la línea aérea a subterránea</i> .....	129
9.5.11.	<i>Características del conductor de alta tensión 18/30kV</i> .....	129
9.5.12.	<i>Accesorios del conductor de alta tensión 18/30 kV. – Terminales de exterior</i> .....	130
9.5.13.	<i>Terminales enchufables apantallados</i> .....	130
9.6.	<b>Características generales de los centros de transformación</b> .....	130
9.6.1.	<i>Obra civil</i> .....	131
9.6.2.	<i>Características de los locales</i> .....	131
9.6.3.	<i>Compacidad</i> .....	131
9.6.4.	<i>Facilidad de instalación</i> .....	131
9.6.5.	<i>Material</i> .....	131
9.6.6.	<i>Equipotencialidad</i> .....	132
9.6.7.	<i>Impermeabilidad</i> .....	132
9.6.8.	<i>Grados de protección</i> .....	132
9.6.9.	<i>Envolvente</i> .....	132
9.6.10.	<i>Suelos</i> .....	132
9.6.11.	<i>Cuba de recogida de aceite</i> .....	132
9.6.12.	<i>Puertas y rejillas de ventilación</i> .....	133
9.6.13.	<i>Defensas</i> .....	133
9.7.	<b>Instalación eléctrica</b> .....	133
9.7.1.	<i>Características de la aparatada de alta tensión</i> .....	133
9.7.2.	<i>Características generales de la celda compacta (2L+IP)</i> .....	133
9.7.3.	<i>Características generales de la celda de protección por fusibles (IP)</i> .....	134



9.7.4. Interconexión en el lado de alta tensión.....	135
9.7.5. Transformador.....	135
9.7.6. Interconexión en el lado de baja tensión.....	136
9.7.7. Características de la aparamenta de baja tensión.....	136
<b>9.8. Puesta a tierra.....</b>	<b>137</b>
9.8.1. Tierra de herrajes o protección.....	137
9.8.2. Tierra de servicio (neutro).....	137
9.8.3. Medidas complementarias.....	138
<b>9.9. Instalaciones Secundarias.....</b>	<b>138</b>
9.9.1. Alumbrado del centro de transformación.....	138
9.9.2. Protección contra incendios.....	138
9.9.3. Ventilación.....	139
9.9.4. Medidas de seguridad.....	139
9.9.5. Elementos auxiliares para la seguridad.....	139
<b>9.10. Redes Subterráneas.(ITC-BT-07).....</b>	<b>139</b>
9.10.1. Estructura de las redes subterráneas.....	139
9.10.2. Conductores (ITC-bt-07, Art. 1cables).....	140
9.10.3. Empalmes.....	140
9.10.4. Derivaciones.....	140
9.10.5. Terminales.....	140
9.10.6. Continuidad del conductor Neutro. (ITC-BT-06, Art. 3.6).....	140
9.10.7. Puesta a tierra del conductor Neutro. (ITC-BT-06, Art. 3.7).....	141
<b>9.11. Pruebas a realizar antes de la puesta en marcha de la instalación.....</b>	<b>141</b>
<b>9.12. Conclusión.....</b>	<b>142</b>
<b>10. MEMORIA DE CALCULO.....</b>	<b>142</b>
<b>10.1. Cálculo de la línea aérea de alta tensión.....</b>	<b>142</b>
10.1.1. Cálculo de la flecha.....	145
10.1.2. Calculo de los apoyos.....	147
10.1.3. Distancia de seguridad adoptada.....	147
10.1.4. Apoyos adoptados.....	148
10.1.5. Crucetas adoptadas.....	148
10.1.6. Cimentaciones.....	148
<b>10.2. Cálculos eléctricos.....</b>	<b>149</b>
10.2.1. Justificación de los transformadores a instalar.....	149
10.2.2. Cálculo de las características eléctricas de las autoválvulas.....	150
10.2.3. Intensidad de alta tensión.....	151
10.2.4. Intensidad de baja tensión.....	151
<b>10.3. Cortocircuitos.....</b>	<b>151</b>
10.3.1. Calculo de las corrientes de cortocircuito en alta tensión.....	151
10.3.2. Calculo de las corrientes de cortocircuito de límite electrodinámico.....	151
10.3.3. Calculo de las corrientes de cortocircuito en baja tensión.....	151
<b>10.4. Calculo de sección del conductor de alta tensión.....</b>	<b>152</b>
10.4.1. Conductor aéreo.....	152
<b>10.5. Calculo de sección del conductor de baja tensión.....</b>	<b>153</b>



10.5.1. <i>Calculo por intensidad máxima admisible por el cable en servicio permanente</i> .....	153
10.5.2. <i>Calculo por caída de tensión</i> .....	153
<b>10.6. Selección de las protecciones</b> .....	154
10.6.1. <i>Protecciones de alta tensión</i> .....	154
10.6.2. <i>Protección de baja tensión</i> .....	154
<b>10.7. Dimensionado de la ventilación del centro de transformación</b> .....	154
<b>10.8. Calculo de las instalaciones de puesta a tierra</b> .....	154
10.8.1. <i>Investigación de las características del suelo</i> .....	154
10.8.2. <i>Datos de entrada</i> .....	155
10.8.3. <i>Calculo de las tensiones de contacto</i> .....	155
10.8.4. <i>Calculo de las tensiones de paso</i> .....	155
10.8.5. <i>Calculo de la puesta a tierra del neutro</i> .....	156
<b>10.9. Cálculo eléctrico de las líneas de baja tensión</b> .....	156
10.9.1. <i>Calculo de la línea de baja tensión nº 1, CT – Trafo</i> .....	157
10.9.2. <i>Calculo de la línea de baja tensión nº 2, CT – Trafo</i> .....	157
10.9.3. <i>Calculo de la línea de baja tensión nº 3, CT – Trafo</i> .....	157
<b>11. PRESUPUESTO</b> .....	159
<b>12. FICHAS TÉCNICAS EQUIPOS</b>	
<b>13. PLANOS</b>	

# **OBJETIVO**



## 1. OBJETIVO

El objetivo del presente proyecto es realizar el diseño de una instalación solar fotovoltaica de 300 kW de potencia nominal conectada a la red de media tensión y ubicada sobre la cubierta de una nave industrial, así como de realizar los cálculos pertinentes para la realización del mismo teniendo en cuenta las diferentes normativas y definiendo la tipología de la instalación más adecuada y las características de las mismas.

Además se incluirá un análisis económico de la central donde evaluaremos la rentabilidad de la misma.

La central estará implantada sobre la cubierta de tres naves industriales ubicadas en un polígono industrial en la localidad zaragozana de Ejea de los Caballeros. Suponemos que dichas naves pertenecen a una empresa cuya dedicación es la de fabricar y comercializar productos derivados de los desechos vegetales tratados para convertirlos en combustible de calderas de biomasa. Pese a que el emplazamiento es real, desconocemos exactamente los fines que se desempeñan en el interior de las naves. Para la realización de este proyecto idealizaremos algunos detalles del entorno con el fin de simplificar el estudio como ya veremos más adelante.

La instalación dispondrá de tres generadores de 100kW, situado en la vertiente sur de las cubiertas.

Cada generador dispondrá de cuatro subgrupos de paneles fotovoltaicos, conectados a cuatro inversores, dos de 30kW y dos de 20kW de potencia nominal. Para esta instalación utilizaremos módulos solares monocristalinos de 250Wp. Se instalarán un total de 1.284 módulos en toda la instalación. Cada instalación evacuará la potencia en el transformador de media tensión ubicado en la acometida de cada nave y las tres instalaciones evacuarán la potencia sobrante a través de una línea aérea de 20kV a la red. El motivo de elección de módulos monocristalinos frente a otras tecnologías radica en la necesidad de maximizar el rendimiento de la instalación al tener acotada la superficie disponible en cubierta estando el ratio de producción por unidad de superficie instalada de la tecnología monocristalina por encima del resto de tecnologías fácilmente accesibles y con un precio competitivo en el mercado.

Para los cálculos energéticos utilizaremos el programa informático PVSYST en su versión 3.7, cuya misión principal es calcular la producción de kWh producidos por la instalación.

# **INTRODUCCIÓN**



## 2. INTRODUCCIÓN

La energía es "la medida de la capacidad de un sistema para proporcionar trabajo por medios mecánicos o calor por medios no mecánicos".

El Sol, con una potencia media de  $3,7 \cdot 10^{14}$  TW, de la que llega a la superficie 173.000 TW (o lo que es lo mismo,  $900 \text{ W} / \text{m}^2$ ) constituye sin duda alguna una fuente de energía formidable. Tiene un papel fundamental entre las diferentes energías renovables conocidas hoy en día, como lo demuestra la siguiente tabla:

Y teniendo en cuenta el creciente aumento del consumo de energía en el mundo, se puede prever que esta energía es una energía de futuro:

Energía	Recurso (en tep por año)
Hidráulica	$1.7 \cdot 10^9$
Solar	$9.8 \cdot 10^{13}$
Eólica	$1.4 \cdot 10^{10}$
Biomasa	$2.8 \cdot 10^9$
Geotérmica	$2.3 \cdot 10^{16}$
Maremotriz	$1.9 \cdot 10^9$
Maremotérmica	$2.8 \cdot 10^{13}$
Olas	$1.7 \cdot 10^9$

La energía solar es una energía garantizada para los próximos 6.000 millones de años. El Sol ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado a la mitad de su existencia. Es fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la Historia, y puede satisfacer todas nuestras necesidades si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Es una fuente de energía inagotable, por su magnitud y porque su fin será el fin de la vida en la Tierra.

Durante el presente año, el Sol arrojará sobre la Tierra cuatro mil veces más energía que la que vamos a consumir. No sería racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras o, simplemente, contaminantes.

Es preciso señalar que existen algunos problemas que debemos afrontar y superar. Aparte de las dificultades que una política energética solar avanzada conllevaría por sí misma, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas variaciones más o menos bruscas. Así, por ejemplo, la radiación solar es menor en invierno, precisamente cuando más la necesitamos.

Es de vital importancia proseguir con el desarrollo de la incipiente tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala planetaria.



## **2.1. *Desarrollo Sostenible y energías renovables***

El concepto de desarrollo sostenible forma parte de números discursos políticos y está abierto a diversas interpretaciones, aunque transmite 2 ideas básicas: la necesidad de utilizar los recursos naturales que dispone el planeta de manera racional, teniendo en cuenta que algunos de ellos son recursos limitados, y por otra, el impacto que tiene el ser humano en el medioambiente.

Estas consideraciones tienen un papel importante en el plano energético, ya que aproximadamente el 80% de la energía demandada a nivel mundial proviene de combustibles fósiles, tales como el petróleo, gas natural, carbón..., siendo fuentes de disponibilidad limitada y altamente contaminantes en su mayoría.

Como consecuencia de esta situación, cabe destacar los acuerdos alcanzados en el protocolo de Kyoto, vigente desde Febrero de 2005, en el que los países firmantes (todos los industrializados a excepción de EE.UU, Austria, Mónaco y Liechtenstein) se comprometen a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 5,2% de media respecto a los niveles de 1990, en el periodo entre 2008 y 2012.

Los compromisos adoptados en Kyoto, junto con un intento de reducir la dependencia energética del exterior, han propiciado el auge de las denominadas energías renovables, fuentes de energía capaces de auto regenerarse y virtualmente inagotables, de entre las que cabe destacar la biomasa, solar, eólica, hidráulica, mareomotriz y geotérmica.

## **2.2. *Energía solar fotovoltaica dentro del marco actual de las renovables***

Las fuentes de energía renovables son distintas a las de combustibles fósiles o centrales nucleares debido a su diversidad y abundancia. Se considera que el Sol abastecerá estas fuentes de energía (radiación solar, viento, lluvia, etc.) durante los próximos cuatro mil millones de años. La primera ventaja de una cierta cantidad de fuentes de energía renovables es que no producen gases de efecto invernadero ni otras emisiones, contrariamente a lo que ocurre con los combustibles, sean fósiles o renovables. Algunas fuentes renovables no emiten dióxido de carbono adicional, salvo los necesarios para su construcción y funcionamiento, y no presentan ningún riesgo suplementario, tales como el riesgo nuclear. Otras ventajas destacables son:

- Es una energía limpia y silenciosa.
- Modularidad.
- Bajo coste de funcionamiento.

No obstante, algunos sistemas de energía renovable generan ciertos problemas ecológicos particulares. Así pues, los primeros aerogeneradores eran peligrosos para los pájaros, pues sus aspas giraban muy deprisa, mientras que las centrales hidroeléctricas pueden crear obstáculos a la emigración de ciertos peces, un problema serio en muchos ríos del mundo.

Un problema inherente a las energías renovables es su naturaleza difusa, con la excepción de la energía geotérmica la cual, sin embargo, sólo es accesible donde la corteza terrestre es fina, como las fuentes calientes y los géiseres.

Puesto que ciertas fuentes de energía renovable proporcionan una energía de una intensidad relativamente baja, distribuida sobre grandes superficies, son necesarias nuevos tipos de "centrales" para convertirlas en fuentes utilizables. Para 1.000 kWh de electricidad, consumo anual per cápita en los países occidentales, el propietario de una vivienda ubicada en



una zona nublada de Europa debe instalar ocho metros cuadrados de paneles fotovoltaicos (suponiendo un rendimiento energético medio del 12,5%).

La producción de energía eléctrica permanente exige fuentes de alimentación fiables o medios de almacenamiento (sistemas hidráulicos de almacenamiento por bomba, baterías, futuras pilas de combustible de hidrógeno, etc.). Así pues, debido al elevado coste del almacenamiento de la energía, un pequeño sistema autónomo resulta raramente económico, excepto en situaciones aisladas, cuando la conexión a la red de energía implica costes más elevados.

La diversidad geográfica de los recursos es también significativa. Algunos países y regiones disponen de recursos sensiblemente mejores que otros, en particular en el sector de la energía renovable. Algunos países disponen de recursos importantes cerca de los centros principales de viviendas donde la demanda de electricidad es importante. La utilización de tales recursos a gran escala necesita, sin embargo, inversiones considerables en las redes de transformación y distribución, así como en la propia producción.

Si la producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables se generalizase, los sistemas de distribución y transformación no serían ya los grandes distribuidores de energía eléctrica, pero funcionarían para equilibrar localmente las necesidades de electricidad de las pequeñas comunidades. Los que tienen energía en excedente venderían a los sectores deficitarios, es decir, la explotación de la red debería pasar de una "gestión pasiva" donde se conectan algunos generadores y el sistema es impulsado para obtener la electricidad "descendiente" hacia el consumidor, a una gestión "activa", donde se distribuyen algunos generadores en la red, debiendo supervisar constantemente las entradas y salidas para garantizar el equilibrio local del sistema. Eso exigiría cambios importantes en la forma de administrar las redes.

Sin embargo, el uso a pequeña escala de energías renovables, que a menudo puede producirse "in situ", disminuye la necesidad de disponer de sistemas de distribución de electricidad. Los sistemas corrientes, raramente rentables económicamente, revelaron que un hogar medio que disponga de un sistema solar con almacenamiento de energía, y paneles de un tamaño suficiente, sólo tiene que recurrir a fuentes de electricidad exteriores algunas horas por semana. Por lo tanto, los que abogan por la energía renovable piensan que los sistemas de distribución de electricidad deberían ser menos importantes y más fáciles de controlar.

Un inconveniente evidente de las energías renovables es su impacto visual en el ambiente local. Algunas personas odian la estética de los generadores eólicos y mencionan la conservación de la naturaleza cuando hablan de las grandes instalaciones solares eléctricas fuera de las ciudades. Sin embargo, todo el mundo encuentra encanto en la vista de los "viejos molinos a viento" que, en su tiempo, eran una muestra bien visible de la técnica disponible.

Otros intentan utilizar estas tecnologías de una manera eficaz y satisfactoria estéticamente: los paneles solares fijos pueden duplicar las barreras anti-ruido a lo largo de las autopistas, hay techos disponibles y podrían incluso ser sustituidos completamente por captadores solares, células fotovoltaicas amorfas que pueden emplearse para teñir las ventanas y producir energía, etc.

### 2.3. Terminología

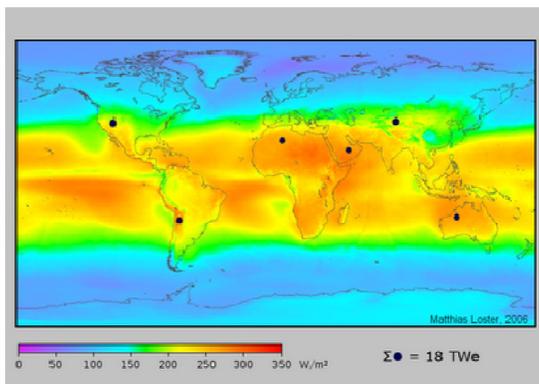
Básicamente, recogiendo de forma adecuada la radiación solar, podemos obtener calor y electricidad.

El calor se logra mediante los colectores térmicos, y la electricidad, a través de los llamados módulos fotovoltaicos. Ambos procesos nada tienen que ver entre sí, ni en cuanto a su tecnología ni en su aplicación. Hoy en día empieza a cobrar importancia la denominada energía solar termoelectrónica, de la que obtenemos electricidad a través del calor producido por la radiación solar y por un ciclo termodinámico.

La radiación solar se valora en varias unidades físicas concretas:

- **Irradiancia:** Es la potencia de la radiación solar por unidad de superficie, su unidad es  $[W/m^2]$ .
- **Irradiación:** Energía que incide por unidad de superficie en un tiempo. Irradiación = Irradiancia x tiempo; por lo tanto sus unidades serán  $[J/m^2]$  ó  $[kW\cdot h]$  donde  $1kW\cdot h$  equivale a 3.6 MJ.
- **Irradiancia espectral:** Es la potencia radiante por unidad de área y de longitud de onda  $[W/(m^2\cdot\mu m)]$ .
- **Irradiancia directa:** Es la radiación que llega a un determinado lugar procedente del disco solar, su unidad de medida es  $[W/m^2]$ .
- **Irradiancia difusa:** Es la radiación procedente de toda bóveda celeste excepto la procedente del disco solar y cuya unidad de medida es  $[W/m^2]$ .
- **Irradiancia reflejada:** Es la radiación reflejada por el suelo (albedo), se mide en  $[W/m^2]$ .
- **Irradiancia global:** Se puede entender que es la suma de la irradiancia directa, difusa y reflejada. Es el total de la radiación que llega a un lugar en  $[W/m^2]$ .

Si se suma toda la radiación global que incide sobre un lugar determinado en un periodo de tiempo definido se obtiene la energía en  $kW\cdot h/m^2$ , este valor será diferente según la región en donde nos encontremos



Irradiancia solar media

### 2.4. La energía solar fotovoltaica

Se dice que la energía solar fotovoltaica es la energía del futuro. Su despegue se produjo en el contexto de programas espaciales, en los cuales se ha permitido hacer funcionar satélites artificiales por energía solar, aprovechando directamente la radiación del sol.



Como características positivas podemos mencionar que la energía solar se transforma en energía eléctrica sin partes móviles, sin ciclos termodinámicos y sin reacciones químicas.

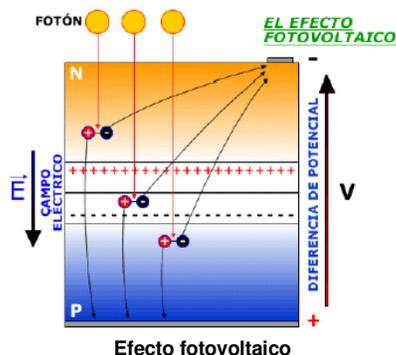
Esta generación eléctrica es de duración prácticamente ilimitada, no requiere mantenimiento, no produce contaminación ni hace ruido.

#### 2.4.1. Futuro de la energía solar fotovoltaica

Vistas las ventajas incomparables de este tipo de energía, tanto a nivel ecológico, como económico o puramente práctico, se puede pensar que ésta será una de las grandes energías del futuro. Es de esperar, pues, que su parte en la producción mundial aumente en los próximos años.

#### 2.4.2. Funcionamiento

El efecto fotovoltaico se produce al incidir la radiación solar sobre los materiales definidos como semiconductores extrínsecos. Cuando sobre la célula solar incide la radiación, aparece en ella una tensión análoga a la que se produce entre las bornas de una pila.



#### 2.4.3. Tipologías de instalaciones solares fotovoltaicas

##### 2.4.3.1. Instalaciones aisladas

Hacen posible la electrificación de manera autónoma, aprovechando la energía del sol, en aquellos lugares donde no llega la red eléctrica o en los que conectarse a la red de distribución no es viable técnica o económicamente.

Sus aplicaciones fundamentales son aplicaciones domésticas, instalaciones agrícolas y ganaderas, bombeo de caudales, iluminación, etc.

Para el diseño de este tipo de instalaciones es necesario estimar el consumo medio de energía diario del emplazamiento, determinar el rendimiento energético de la instalación, calcular el generador mínimo requerido y adecuar el tamaño del generador y del acumulador en función de las necesidades de autonomía del sistema y de la probabilidad de pérdida de carga requerida.



El sistema consta de los siguientes elementos:

- Un generador solar, compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la radiación luminosa procedente del sol y la transforman en energía eléctrica. Esta energía dependerá básicamente del número y tipo de módulos instalados, de su inclinación y orientación espacial, y de la radiación solar incidente.
- Un acumulador, que almacena la energía producida por el generador y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.
- Un regulador de carga, que controla la entrada y salida de corriente en el acumulador y su misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, que le produciría daños irreversibles; y asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia.
- Un inversor (opcional), que transforma la corriente continua de 12 ó 24 V almacenada en el acumulador, en corriente alterna de 230 V.

#### 2.4.3.2. Instalaciones conectadas a red

Los sistemas de conexión a la red eléctrica son los que han experimentado mayor desarrollo en los últimos años, gracias a los incentivos establecidos por la legislación vigente, que permite vender la totalidad de la producción de la instalación solar a la empresa distribuidora de electricidad, a un precio por kWh fijado, superior al kWh consumido. De este modo la instalación se convierte en una pequeña central productora acogida al régimen especial, vendiendo la energía entregada a un precio subvencionado, acortando sensiblemente los plazos de amortización y de obtención de beneficios.

Estos sistemas se caracterizan por su simplicidad constructiva, la generación de energía eléctrica silenciosa y no contaminante, una gran fiabilidad, larga duración y poco mantenimiento.

El funcionamiento de este tipo de instalaciones es muy simple. El generador fotovoltaico transforma la energía solar incidente en los módulos de corriente continua, que es convertida por el inversor en corriente alterna de la misma tensión y frecuencia que la red eléctrica.

Para contabilizar la energía eléctrica inyectada a la red de la empresa de distribución se utiliza un contador de energía intercalado entre la red de baja tensión y el inversor. También es necesario instalar un contador de entrada de energía para contabilizar el posible consumo de la instalación, o bien se puede utilizar un único contador bidireccional para realizar ambas funciones.

El mantenimiento de estas instalaciones es mínimo, y consiste básicamente en la limpieza periódica de los módulos y en la comprobación de las conexiones eléctricas y el buen funcionamiento del inversor, estimándose su vida útil en más de 30 años.



## 2.5. Descripción de los componentes

### 2.5.1. Célula fotoeléctrica

Una célula fotoeléctrica, también llamada celda fotovoltaica, es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico.

Compuestos de un material que presenta efecto fotoeléctrico: absorben fotones de luz y emiten electrones. Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad.

La eficiencia de conversión media obtenida por las células disponibles comercialmente está alrededor del 11-12%, pero según la tecnología utilizada varía desde el 6% de las células de silicio amorfo hasta el 14-19% de las células de silicio monocristalino.

También existen células multicapa, normalmente de Arseniuro de Galio, que alcanzan eficiencias del 30%. En laboratorio se ha superado el 42% con nuevos paneles.

La vida útil media a máximo rendimiento se sitúa en torno a los 25 años, período a partir del cual la potencia entregada disminuye.

Al grupo de células fotoeléctricas para energía solar se le conoce como panel fotovoltaico. El tipo de corriente eléctrica que proporcionan es corriente continua, por lo que si necesitamos corriente alterna o aumentar su tensión, tendremos que añadir un inversor y/o un convertidor de potencia.

#### 2.5.1.1. Célula monocristalina de silicio

Son las primeras que salieron al mercado y las más utilizadas en todo tipo de aplicaciones. El silicio que compone las células es un único cristal. La red cristalina es la misma en todo el material y tiene muy pocas imperfecciones. El proceso de cristalización es complicado y costoso. Ofrecen unos niveles de rendimiento elevados entre el 15 y el 18% y potencias por unidad de superficies altas. Están protegidas por un cristal que con buenas propiedades térmicas, pero por el contrario son frágiles.



Célula monocristalina de Silicio

#### 2.5.1.2. Célula de silicio policristalino

Los materiales son semejantes a los del tipo anterior aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy



reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los monocristalinos (en laboratorio del 19.8% y en los módulos comerciales del 14%).

### 2.5.1.3. Células amorfas

Por las características físicas del silicio cristalizado, los paneles fabricados siguiendo esta tecnología presentan un grosor considerable. Mediante el empleo del silicio con otra estructura o de otros materiales semiconductores es posible conseguir paneles más finos y versátiles que permiten incluso en algún caso su adaptación a superficies irregulares. Son los denominados paneles de lámina delgada.

Así pues, los tipos de paneles de lámina delgada son:

- Silicio amorfo. (TFS) Basados también en el silicio, pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna. Paneles de este tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos electrónicos (Calculadoras, relojes) y en pequeños paneles portátiles. Su rendimiento máximo alcanzado en laboratorio ha sido del 13% siendo el de los módulos comerciales del 8%.
- Arseniuro de Galio- Uno de los materiales más eficientes. Presenta unos rendimientos en laboratorio del 25.7% siendo los comerciales del 20%
- Triple unión. GaAs, Ge y GaInP2 esta unión de tres semiconductores obtiene un rendimiento del 39%.

Otros compuestos son el Diseleniuro de cobre en indio y el Teluro de cadmio, con rendimientos de (17/9) % y (16/8)% respectivamente siendo el orden (laboratorio/comercial)

### 2.5.2. Módulos solares

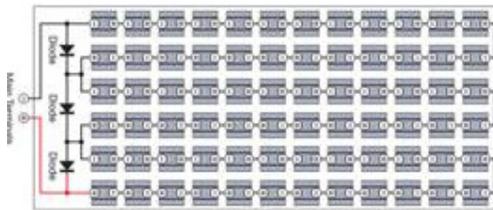
Los módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de células fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de  $1000 \text{ W/m}^2$
- Temperatura de célula de  $25^\circ\text{C}$  (no temperatura ambiente).

Los paneles van protegidos en su cara exterior con vidrio templado, que permite aguantar en condiciones meteorológicas muy duras tales como el hielo, la abrasión, cambios bruscos de temperatura, o los impactos producidos por el granizo.

Un panel fotovoltaico está formado por un conjunto de células solares conectadas eléctricamente entre sí en serie y paralelo hasta conseguir el voltaje adecuado para su utilización. Al conectar en serie las células se suman las tensiones de

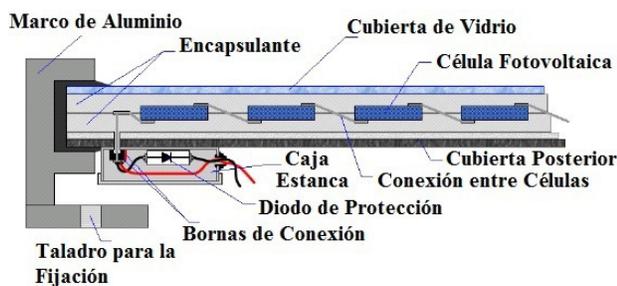
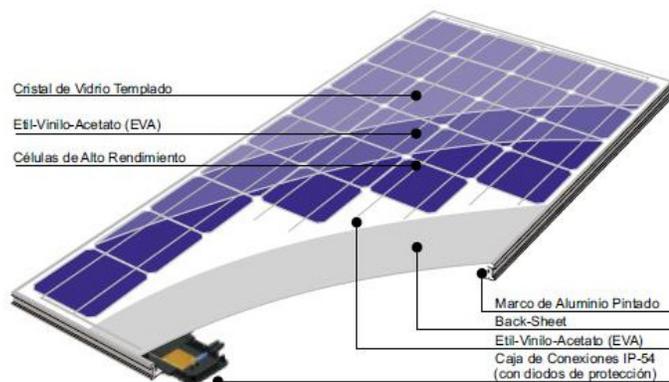
cada célula y se mantiene la corriente, mientras que al conectar en paralelo las células, se suman las corrientes de cada una de ellas y se mantiene la tensión.



**Conexión en serie de las células**

Este conjunto de células está envuelto por unos elementos que le confieren protección frente a los agentes externos y rigidez para acoplarse a las estructuras que los soportan. Los elementos son los siguientes:

- Encapsulante, constituido por un material que debe presentar una buena transmitancia a la radiación y una degradabilidad baja a la acción de los rayos solares.
- Cubierta exterior de vidrio templado: que, aparte de facilitar al máximo la transmisión luminosa con un bajo contenido en hierro, debe resistir las condiciones climatológicas más adversas y soportar cambios bruscos de temperatura.
- Cubierta posterior: constituida normalmente por varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre los intersticios de las células, haciendo que vuelvan a incidir otra vez sobre éstas.
- Marco de metal: normalmente de aluminio, que asegura rigidez y estanqueidad al conjunto, y que lleva los elementos necesarios (generalmente taladros) para el montaje del panel sobre la estructura soporte.
- Caja de terminales: incorpora los bornes para la conexión del módulo y los diodos de protección: impiden daños por sombras parciales en la superficie del panel.



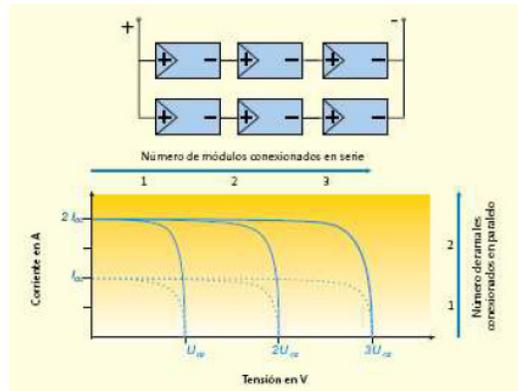
Corte transversal de un módulo fotovoltaico de Si

### 2.5.3. *Generador fotovoltaico*

Los generadores fotovoltaicos es la asociación tanto en serie como en paralelo de diferentes módulos solares fotovoltaicos. Su función es captar la energía luminosa procedente del sol y transformarla en corriente continua a baja tensión.

Cuando variamos el número de paneles solares en serie lo que estamos haciendo es variar la tensión del generador manteniendo constante la corriente que circula por el mismo, mientras que si variamos el número de paneles en paralelo, la tensión se mantendrá constante mientras que la tensión es la que varía.

Es de vital importancia utilizar módulos iguales, es decir con las mismas curvas características con el fin de reducir pérdidas causadas por la dispersión de los parámetros eléctricos. Del mismo modo deberán estar dispuestos con la misma orientación e inclinación todos los módulos conectados en serie, lo que comúnmente se denomina rama.



**Conexión de módulos en generador fotovoltaico**

#### 2.5.4. Inversor

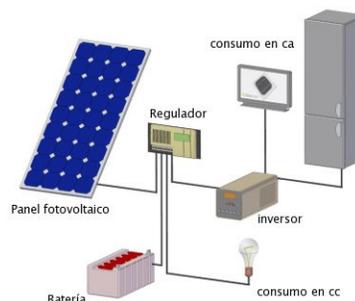
Un inversor es un dispositivo electrónico de potencia cuya misión básica es convertir la corriente continua de la instalación fotovoltaica en corriente alterna para la alimentación de los receptores, los cuales, la gran mayoría de ellos, trabajan con corriente alterna.

Hoy en día con la ayuda de la electrónica de potencia esta conversión se consigue con muy pocas pérdidas.

Se pueden distinguir dos tipos de inversores; los inversores de conmutación natural y los inversores de conmutación forzada.

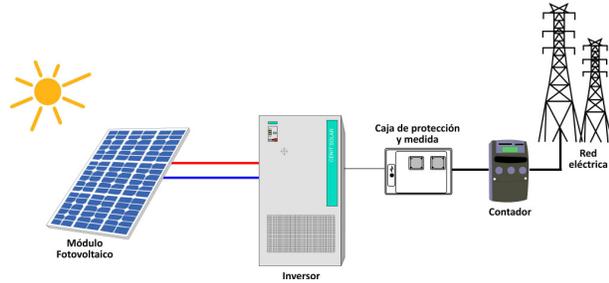
Los primeros son conocidos como inversores conmutados por la red, por ser esta la que determina el fin del estado de conducción en los dispositivos electrónicos. Su aplicación es para sistemas fotovoltaicos conectados a la red. En la actualidad están siendo desplazados por los inversores de conmutación forzada tipo PWM.

Los inversores de conmutación forzada o autoconmutados son usados para sistemas fotovoltaicos aislados y permiten conseguir corriente alterna mediante la apertura y cierre forzada del sistema de control.



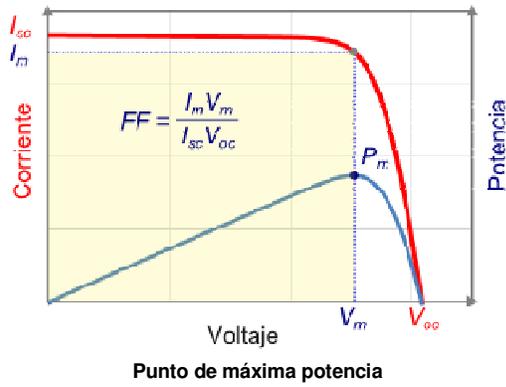
**Esquema de instalación aislada**

En las instalaciones de conexión a red la salida del inversor está conectada directamente a la red de distribución de la compañía eléctrica, estando prohibida por la legislación vigente la instalación de baterías.



Esquema de instalación conectada a red

El inversor debe hacer trabajar al generador fotovoltaico en su punto de máxima potencia, esto lo consigue ajustando la tensión de entrada del inversor a la tensión de máxima potencia del generador fotovoltaico.



# **CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN**



### **3. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN**

#### **3.1. Objeto del proyecto.**

El presente proyecto tiene por objeto las siguientes finalidades:

- Estudiar la instalación a realizar de acuerdo con la reglamentación vigente.
- Se pretende justificar los elementos que componen esta instalación, fijar las características técnicas y de seguridad que deberán cumplir los materiales, y tipo de unidades de los mismos.
- Dar a conocer a la administración los elementos y medidas de seguridad y protección que se adoptarán.
- Solicitar de la Administración la correspondiente autorización para la instalación y puesta en servicio de lo que se proyecta.

#### **3.2. Situación y emplazamiento de la actividad.**

La instalación constará de tres sistemas de 100 kW de potencia nominal y 107 kWp de potencia solar pico. Estarán instaladas sobre las cubiertas centrales de las naves industriales pertenecientes a Industrias de Deshidratación Agrícola del polígono de Valdeferrín, situado en el km 2,5 de la Carretera de Tudela, en el municipio de Ejea de los Caballeros, Zaragoza.

El propietario y titular de la planta es:

Nombre completo: Comercial de Gránulos S.L.

CIF: B – 5022441

Dirección a efectos de notificaciones: Carretera de Tudela km. 2,5, Ejea de los Caballeros, C.P. 50.600

#### **3.3. Terrenos y edificaciones**

La generación de energía eléctrica se realizará sobre las cubiertas de una nave industrial existente y de la propiedad. Para esta instalación se aprovecharán tres de las cubiertas, concretamente las orientadas al sur, según se puede observar en la fotografía siguiente y en planos.



Fotografía 3.3\_1 Cubierta de instalación de la planta



### **3.4. Proceso de la actividad.**

La actividad se pretende desarrollar gracias a un generador fotovoltaico de 300 kW, compuesto por 3 subgrupos de 100 kW cada uno con dos inversores de 30kW y otros dos inversores de 20 kW.

#### **3.4.1. Contaminación generada y seguridad industrial.**

De acuerdo con la actividad a desarrollar, materias a emplear, maquinaria a instalar, personal, etc., ésta puede clasificarse como:

- Beneficiosa para el Medio Ambiente, por producir energía eléctrica a partir de la energía solar (Renovable e Inagotable), disminuyendo la posible emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente atmosférico si esta energía fuese producida mediante combustión de otras fuentes de energía.
- No molesta, por la ínfima producción de ruidos y vibraciones, y la lejanía a cualquier zona de uso residencial.
- No contaminante, por la nula producción de residuos durante la producción de energía.

#### **3.4.2. Descripción del proceso de fabricación.**

La actividad que nos ocupa se dedica a la producción de energía eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos captadores de energía solar, siendo ésta vertida a la red de baja tensión propiedad de la empresa distribuidora de energía eléctrica ENDESA ENERGÍA S.A.

Así, las tareas del proceso de producción se orientan a la captación de energía solar, su transformación en energía eléctrica y transportable y por último la conexión con La línea de media tensión existente en la zona, y según indicaciones de la compañía distribuidora de energía.

Los rayos solares inciden sobre las placas fotovoltaicas, siendo esta energía captada y transformada en corriente en sistema continuo y seguidamente es transportada al inversor donde se realiza la conversión de dicha corriente a alterna 400 V trifásica.

Tras la agrupación de varios inversores y la instalación de las correspondientes protecciones, se efectúa el enlace con la red subterránea de baja tensión que conecta con el punto de conexión donde se encuentra el transformador para que mediante una línea aérea se vierta toda la energía.

#### **3.4.3. Maquinaria e instalaciones**

Los equipos e instalaciones para el desarrollo de la actividad serán los siguientes:

- Módulos fotovoltaicos de 250 Wp, en superposición a la cubierta, conectados a equipo inversor de 30 kW o 20kW según corresponda. Se necesitarán un total de 428 módulos por cada generador de 100kW con una potencia total conjunta de 300 kW.
- Inversor trifásico, AURORA TRIO-27.6-TL Y AURORA TRIO-20.0-TL ambos fabricados por PowerOne, con rango de tensiones ajustable entre 175-950 Vdc.



- Instalación de protección de líneas y conexión entre inversores y centralización de protecciones.
- Armario de seccionamiento y medida para conexión con la red de distribución de energía.

### **3.5. Potencia a instalar**

Se prevé la instalación de un total de 1.284 módulos fotovoltaicos de 250 Wp, dando lugar a una potencia pico de la instalación de 321 kWp.

### **3.6. Inversores**

Como hemos citado anteriormente los inversores son los elementos que convierten la corriente continua generada en los módulos fotovoltaicos en corriente alterna que se inyecta a la red.

El funcionamiento de los inversores es completamente automático. Cuando los módulos solares generan la potencia suficiente, la electrónica de control supervisa los parámetros de tensión y frecuencia de red. Cuando se ha sincronizado la frecuencia del sistema con la red, el sistema inyecta corriente a la red.

El inversor trabaja de forma que toma la máxima potencia posible de los módulos solares siguiendo el punto de máxima potencia (MPPT). Cuando al atardecer la energía ya no es suficiente para suministrar corriente a la red, el inversor interrumpe la conexión y deja de trabajar.

### **3.7. Personal**

Dadas las características de la actividad que se desarrolla, será una única persona que desarrolle la misma, limitándose a la vigilancia del correcto funcionamiento de los equipos.

Los servicios de reparación y mantenimiento serán realizados por empresa externa conocedora de estas tecnologías de generación fotovoltaica.

### **3.8. Productos utilizados y materias primas**

La generación de energía solar fotovoltaica no precisa de "materias primas", salvo la radiación solar.

### **3.9. Seguridad de las máquinas instaladas**

Toda maquinaria que se proyecta instalar con motivo de esta instalación será nueva y por lo tanto cumplirá con los requisitos exigidos en la reglamentación técnica vigente de seguridad en las máquinas instaladas y en especial con lo dispuesto en el Real Decreto 1435/1992, de 27 de Noviembre, y el Real Decreto 56/1995, de 20 de Enero, relativos a las disposiciones de aplicación del consejo 89/392/CEE.

Toda máquina autorizada y puesta en servicio deberá cumplir con lo establecido por el real Decreto 1495/198 de 26 de Mayo, así como por el Real Decreto 850/1991, todo ello en virtud del reglamento de seguridad en las máquinas, verificándose la seguridad para las personas y el buen funcionamiento y conservación de las máquinas, según la disposición de la directiva 89/392CEE de máquinas sobre lugares de trabajo.

#### **3.9.1. Máquinas nuevas**

A las máquinas nuevas le será de aplicación el Real Decreto 1345/1992 modificado por el R.D 56/1996, según disposición de la directiva 89/392CEE. Este nuevo decreto



responsabiliza al fabricante o importador la certificación de su cumplimiento, testimoniándose el mercado CE, al objeto de garantizar que estas máquinas cumplen con los requisitos esenciales de seguridad y salud en los establecimientos.

Cada máquina dispondrá de su manual de instrucciones y llevará de forma indeleble y legible como mínimo las siguientes indicaciones:

- Nombre y dirección del fabricante.
- Mercado CE y año de fabricación.
- Tipo y número de fabricación.
- Potencia en KW.

### **3.9.2. Condiciones de instalación de las máquina**

Toda máquina dispondrá de un dispositivo que impida la puesta en marcha involuntaria de ésta, siendo necesario actuar sobre su maniobra para su reanudación en caso de fallo de corriente en la red exterior.

Todas las máquinas dispondrán de una protección contra los contactos eléctricos directos e indirectos, por medio de un interruptor diferencial, estando igualmente conectadas al sistema de puesta a tierra, siendo necesario proteger los motores por medio de fusibles o mejor aún con magnetotérmicos regulables a su intensidad nominal.

Las correas, rodillos, y zonas calorífugas de las máquinas, estarán convenientemente protegidas para evitar contactos o enganches accidentales. Las vías de tránsito y espacios entre máquinas tendrán suficiente amplitud, para permitir el paso de personal sin ningún tipo de riesgo. Las máquinas en general o no deberán producir contaminación de ruido alguno al exterior, ateniéndose a la Ordenanza de Protección del Medio Ambiente contra la emisión de ruidos y vibraciones.

Toda máquina susceptible de producir ruidos y vibraciones se anclará convenientemente al suelo, a fin de lograr su equilibrio estático y dinámico. Los basamentos de anclaje no formarán continuidad con los cimientos de la edificación ni con el solado del local. Los órganos de las máquinas se mantendrán en buen estado de conservación y perfecto equilibrado.

# **ANÁLISIS TÉCNICO**



## 4. ANÁLISIS TÉCNICO

### 4.1. Diseño

El sistema fotovoltaico se dimensiona en función del consumo de la instalación y de las condiciones de insolación de la zona en cuestión.

El consumo se establece en función de la potencia de cada uno de los aparatos eléctricos que se vayan a utilizar y de las horas medias de funcionamiento. Al final se alcanza un valor que se expresa en vatios-hora/día (Wh/día).

Los datos de insolación se extraen de unas tablas empíricas, en las que se dan los valores de la energía solar que incide por  $m^2$  de superficie horizontal y en un día medio de cada mes, en cada lugar geográfico, estos datos se han obtenido a partir de los datos proporcionados por la NASA.

#### 4.1.1. Cubierta utilizada.

Cuando la instalación solar fotovoltaica que queremos diseñar se encuentra en el hemisferio norte, la orientación idónea de los módulos fotovoltaicos es hacia el sur, debido a que la trayectoria del sol en movimiento este-oeste es simétrica respecto a la posición que ocupa al mediodía. Es en ese momento del mediodía cuando la captación de energía solar es máxima.

Las vertientes de la cubierta más adecuadas para maximizar la producción de energía son aquellas cuya orientación se encuentra más próxima al sur, descartando la posibilidad de utilizar las vertientes con orientación norte.

Por lo tanto para garantizar la máxima eficiencia de los módulos solares fotovoltaicos de la instalación orientaremos los mismos hacia el sur.

Como veremos más adelante en los planos la superficie total disponible será de  $8.896,58 m^2$

#### 4.1.2. Dimensionado del inversor y generador fotovoltaico

Realizar una configuración adecuada para mejorar lo máximo posible el rendimiento y la eficiencia de una instalación fotovoltaica es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta dentro de la misma.

De acuerdo con el R.D 1663/2000, cuando la potencia nominal los inversores que componen la instalación supere los 5kW, la acometida a la red deberá de ser trifásica.

Debido a la gran superficie disponible, se opta por intentar maximizar la producción de energía aprovechando al máximo las posibilidades que ofrece la legislación vigente, por lo que se dimensionará el generador fotovoltaico instalando una potencia nominal de inversores de 300 kW.

Para comenzar el dimensionado hay que fijar la potencia nominal del inversor,  $P_{n,inv}$  potencia pico del generador fotovoltaico,  $P_{PMP}$  en función de la superficie disponible, la inversión económica a realizar, las tarifas vigentes, etc...

En las especificaciones técnicas del inversor se recogen importantes advertencias a considerar durante el diseño y montaje de la instalación fotovoltaica.

En general, la potencia del inversor no debe ser superior a la potencia pico del generador, pues prácticamente nunca se alcanzará la potencia nominal, debido a las pérdidas por



inclinación y orientación a la que la instalación está sometida, pérdidas por sombreado y pérdidas en el cableado y conexionado. Además, los niveles de irradiancia recibidos son típicamente inferiores a los que se utilizan para caracterizar los valores nominales de potencia de los módulos fotovoltaicos, con lo que es conveniente dimensionar el inversor para que su potencia nominal sea del orden entre 0,85 a 1 veces la potencia pico del generador fotovoltaico.

Sólo cuando los inversores soporten muy altas temperaturas, se valorará la posibilidad de que el inversor seleccionado disponga de una mayor potencia nominal que la ya mencionada potencia pico del generador fotovoltaico llegando a tener como máximo un 20% de sobredimensionamiento del campo fotovoltaico respecto a la potencia nominal del inversor, ya que siempre que el campo fotovoltaico esté excesivamente sobredimensionado se corre el riesgo del que el inversor corte por sobrepotencia además de haber realizado un inversión en módulos no óptima.

Cuando se seleccione el inversor hay que asegurarse de que para cualquier condición climática de irradiancia y temperatura funcionará correctamente y la eficiencia máxima del mismo se corresponde con el rango e irradiancia más frecuente del lugar.

Por último deberemos cerciorarnos que el rango de tensiones a la salida del generador fotovoltaico esté dentro del rango de tensiones admisibles a la entrada del inversor, ya que la tensión a la salida del generador puede variar con la temperatura.

#### *4.1.3. Análisis previos para la selección del inversor*

Según la instrucción ITC-BT-40, se establece como carácter general la interconexión de centrales generadoras a las redes de baja tensión será admisible cuando la suma de las potencias nominales de los generador es no exceda de 100 kVA, ni de la mitad de la salida del Centro de Transformación correspondiente a la línea de la Red de Distribución Pública a la que se conecte la central.

Para la instalación de cada una de las instalaciones de generación de 100 kW, tenemos las posibilidades de colocarlos sobre estructuras fijas, así como con seguidores solares. Los seguidores solares ofrecen un mayor rendimiento ya que reciben más radiación solar, sin embargo también van a necesitar más mantenimiento y no siempre se van a poder instalar sobre cubiertas debido a que la estructura de la que disponen tienen un pie de apoyo que muchas de las cubiertas no están capacitadas para albergar. Por ello utilizaremos en esta instalación módulos solares sobre estructuras fijas.

En las tres instalaciones se instalarán 12 inversores, 6 del modelo TRIO-27.6-TL y 6 del modelo TRIO-20.0-TL fabricados por la empresa Power-one, cuya potencia nominal es de 20 kW y 20kW respectivamente, teniendo ambos muy buenas prestaciones en cuanto a calidad precio tal y como atestigua el artículo de la revista Photon International en su publicación del mes de febrero de 2013. La elección de esta configuración de inversores y no haber optado por una simplificada de un solo inversor central por cada instalación se debe al estudio económico de ambas opciones así como la posibilidad de disfrutar de más MPPT para una cubierta que por su disposición es propensa a la generación de sombras.

#### *4.1.4. Elementos principales de la instalación*

##### *4.1.4.1. Módulo fotovoltaico*

El modelo seleccionado de módulo, el ISF-250 de ISOFOTON, es un módulo avanzado de 250W de 60 células monocristalinas. La capa posterior blanca ofrece un excelente aspecto visual y permite una estrecha tolerancia de potencia.



Se ha elegido debido a sus excelentes prestaciones dentro de la gama de módulos fotovoltaicos de alta potencia adecuados a nuestra instalación, así como por otros condicionantes como la garantía del producto, la confianza ofrecida por un fabricante de prestigio, la disponibilidad de suministro o la buena relación prestaciones/coste por módulo.

Las características eléctricas más importantes del módulo son:

Potencia máxima ( $P_{max}$ )	250W
Tensión de $P_{max}$ ( $V_{mp}$ )	30,2V
Corriente en $P_{max}$ ( $I_{mp}$ )	8,17A
Corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ )	8,75A
Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ )	37,8V
Coeficiente de temperatura de $I_{sc}$	0,048%/K
Coeficiente de temperatura de $V_{oc}$	-0,334%/K
Coeficiente de temperatura de la $P_{max}$	-0,44%/K
NOCT ( $T_{amb}$ 20°C; Irradiación solar)	45±2°C
Tensión máxima del sistema	1000V

Además dispone de 3 diodos bypass que evitan la anulación completa del módulo en caso de posibles sombras.

El resto de características del módulo se encuentran en los documentos anexos de este Proyecto.

#### 4.1.4.2. Inversor

Los inversores seleccionados para este proyecto son el modelo TRIO-27.6-TL y el TRIO-20.0-TL ambos fabricados por Power-One, con una potencia nominal de salida de 30y 20 kW respectivamente y un rendimiento máximo del 98.2%.

Se trata de un inversor optimizado, con un diseño compacto incluyendo para alto rendimiento y con una larga vida de producto, con unos costes de instalación y mantenimiento mínimos.

Algunas características de ambos inversores se detallan a continuación:

Tensión máxima en vacío lado DC	1.000V
Tensión de activación DC	360V
Número de MPPT Independientes	2
Tensión nominal AC	400V
Eficiencia máxima	98.2%
Rango de temperaturas	-25 °C – 60 °C
Índice de protección ambiental	IP 65

#### 4.1.4.3. Monitorización

Se monitorizarán tanto datos eléctricos como climatológicos, éstos últimos gracias a la tarjeta de entradas analógicas incorporada al inversor.

Para la monitorización a distancia de la planta el inversor lleva incorporada una tarjeta de comunicación RS-485 y se contará con un módem telefónico GSM.

Los equipos necesarios para la monitorización son:



Equipos de monitorización
Tarjeta RS-485
Módem GSM emisor
Tarjeta telefónica
Tarjeta de lectura analógica
Sensor de T <sup>º</sup> PT 100
Célula calibrada
Kit de cableado

Los datos climatológicos monitorizados son los siguientes:

- Irradiancia en el plano del generador, mediante célula calibrada de tecnología equivalente al tipo de módulo solar utilizado. La célula calibrada lleva conectada un shunt de 150 mV para una corriente de 4 A, lo que permite, conociendo la corriente de cortocircuito de la célula calibrada, obtener una correspondencia directa entre radiación y tensión proporcionada por la célula.
- Temperatura de célula. Para su medida se utiliza una sonda PT-100 a 4 hilos, dos de los cuales realizan la medida y los otros permiten corregir las pérdidas debidas al cableado.



Fotografía 4.1.4\_1 Célula calibrada solidaria con estructura del campo generador

#### 4.1.5. Protecciones

##### 4.1.5.1. Protección ante contacto directo

La protección ante contactos directos está detallada en la ITC- BT-24 y viene garantizada por unos índices de protección de los equipos adecuados y por la correcta instalación y montaje de los mismos.



Para prevenir cualquier contacto directo hay que tomar las siguientes medidas:

- Aislamiento de las partes activas.
- Inaccesibilidad a la zona de generadores fotovoltaicos a personas no autorizadas mediante cerramientos apropiados y carteles de aviso.
- En armarios y cuadros eléctricos sólo se podrá acceder mediante llaves o herramientas específicas, que sólo estén al alcance del personal autorizado.

En cada elemento existen elementos de protección específicos:

- Módulos fotovoltaicos: bornas de conexión en el interior de las cajas, con la tapa atornillada y prensaestopas en la entrada de cables, conexión entre módulos mediante conectores rápidos con protección de los contactos.
- Cajas de conexión con doble aislamiento en el campo de paneles: bornes en el interior de la caja, con la tapa atornillada o bajo llave.
- Armario de contadores de doble aislamiento.
- Inversor: bornes de conexión interiores
- Gran parte de la instalación irá protegida mediante tubo
- Instalación acordonada debidamente para evitar la entrada de personas no autorizadas.

#### 4.1.5.2. Protección ante contacto indirecto

Consistirá en la puesta a tierra de los elementos metálicos de la instalación que normalmente no están en tensión pero que podrían estarlo en caso de avería.

En la zona de corriente continua tenemos las siguientes protecciones:

- Cajas de doble aislamiento.
- Detector de fallo de aislamiento con parada del inversor.
- Red de tierra.
- Estructuras soporte de los módulos fotovoltaicos y carcasas de los inversores conectados a tierra.
- En cuanto a la parte de corriente alterna, se tiene un diferencial general de la instalación con sensibilidad de 30 mA.

#### 4.1.5.3. Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado. Éste podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortacircuitos



fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas, como los mencionados en el apartado referente a los componentes de la instalación.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte será acorde con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de conexión.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar. La intensidad nominal de interruptores automáticos y fusibles se elige de forma que cumplan:

$$IB < IN < IZ$$

Donde:

IB es la intensidad nominal de la carga.

IN es la intensidad nominal del dispositivo de protección.

IZ es la máxima intensidad admitida por el cable.

Cumpliendo la primera desigualdad se asegura que en condiciones normales no pase por el dispositivo una intensidad superior a la nominal. Con la segunda se asegura la protección del cable frente a sobrecargas.

El Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red en baja tensión establece la obligación de colocar un interruptor automático para la protección frente a sobrecargas en la línea de alterna que conecta los inversores con la red. Éste se denomina interruptor frontera o interruptor general manual, y debe ser accesible para la empresa distribuidora de forma que pueda realizarse una desconexión manual.

Por lo tanto en nuestra instalación dispondremos de las siguientes protecciones:

En la parte de continua:

– Fusibles:

Se instalarán dos fusibles cilíndricos y cerámicos por ramal, uno para el polo positivo y otro para el polo negativo, a fin de proteger el circuito de corriente continua de los efectos de los cortocircuitos y las sobrecargas. Se conectarán en serie en la salida de los ramales en su respectiva caja de conexiones. Los fusibles a emplear serán del tipo gG con un poder de corte mínimo de 10 A – 600 V.

– Interruptor de corriente continua:

Para independizar los distintos subgrupos de cada generador fotovoltaico colocaremos un interruptor de corriente continua en cada subgrupo, con el fin de realizar funciones de mantenimiento o desconexión.

Estos interruptores estarán ajustados a la corriente nominal y deberán de trabajar en un rango de tensiones adecuada a nuestra instalación. Es recomendable utilizar interruptores de 3 polos en lugar de uno bipolar para este tipo de instalaciones. Se utilizarán interruptores en carga de valores comerciales mínimos de 600V – 63A.

– Sistema de vigilancia de aislamiento:



Instalaremos un sistema de vigilancia continua del aislamiento para prevenir posibles descargas, y capaz de restablecer el servicio una vez producida la falta. Cuando este dispositivo detecta la falta, emite una orden la cual la va a recibir un interruptor de continua para instalaciones fotovoltaicas, que se va a encargar de desconectar el inversor de los paneles solares y cortocircuita la entrada de potencia para prevenir de posibles descargas eléctricas al personal de la instalación y/o mantenimiento.

En la parte de alterna:

- Interruptor general:

Antes del inversor, colocaremos un interruptor general que nos permita desconectar la instalación en caso de que sea necesario, utilizaremos un interruptor de caja moldeada ya que no existen interruptores modulares que soporten la corriente de entrada al inversor. De entre los valores comerciales existentes se recomiendan instalar un interruptor de parámetros nominales entre 500 y 750 V, con una intensidad nominal comprendida entre 144.32 y 196 A.

- Interruptor magnetotérmico:

Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico; el magnético para los cortocircuitos y el térmico para las sobrecargas.

Se instalarán 15 interruptores magnetotérmicos tetrapolares, cuatro en cada cuadro de protecciones de corriente alterna a la salida de cada grupo de cuatro inversores y uno adicional en la salida general de cada instalación de 100kW.

- Interruptor diferencial de alta sensibilidad:

Un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento entre los conductores activos y tierra o masa de los aparatos. Se instalará en cada cuadro de protecciones de corriente alterna para cada inversor, conectado a la salida de su correspondiente magnetotérmico. En cada armario de protección y medida, se conectará un interruptor automático diferencial general con un tiempo de actuación superior, de modo que, si se produce un disparo, prevalezca el diferencial que interrumpe un único circuito respecto al que interrumpe las líneas de los inversores del generador.

#### 4.1.5.4. Equipo de vigilancia de la instalación

Uno de los aparatos de control más importante de la instalación es un equipo de vigilancia que nos permita conocer en cada momento el estado de la instalación, como son la tensión, la intensidad de cada fase, el  $\cos\Phi$ , y la potencia de generación.

Generalmente, los analizadores de energía eléctrica disponen de un teclado de programación y tienen la necesidad de tener sus entradas de intensidad conectadas a un pequeño transformador de intensidad ya que la conexión directa dañaría al equipo gravemente.

#### 4.1.5.5. Otras protecciones.

- Pararrayos: Es un elemento fundamental para cualquier instalación solar a la intemperie, ya que protegemos a nuestros elementos de la caída de rayos.



- Control de armónicos y compatibilidad electromagnética: Control de armónicos y compatibilidad electromagnética según lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 y RBT ITC-BT 40. De ello se encarga el propio inversor.
- Variaciones de tensión y frecuencia en la red: Todos los inversores realizan de forma automática, mediante un relé, la desconexión y conexión de la instalación en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red mediante un programa de software, adecuándose a los valores Real Decreto 1663/2000, no pudiendo ser modificados por el usuario.
- Mínima y máxima tensión: entre 0,85 y 1,1 veces la nominal. Con reconexión automática.
- Mínima y máxima frecuencia: entre 49 Hz y 51 Hz. Con reconexión automática.

#### 4.1.6. Toma de tierra de la instalación

La puesta a tierra tiene por objeto limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería de los equipos eléctricos que se usen.

Según el RD 1663/2000 la toma de tierra se hará siempre sin alterar las condiciones de toma de tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencia de defectos a la red de distribución.

La rigidez dieléctrica de esta separación galvánica será como mínimo de 2500V. Las masas de la instalación fotovoltaica han de estar conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, así como las masas del resto de suministro.

Se realizará una única toma de tierra conectando directamente a la barra principal de tierra de la instalación, tanto la estructura soporte del generador fotovoltaico, como la borna de puesta a tierra del inversor, con el fin de no crear diferencias de tensión peligrosas para las personas.

Para la correcta derivación de las faltas o corrientes no deseadas, las líneas de puesta a tierra cumplirán con las siguientes condiciones:

Formar una línea eléctrica continua sin intercalar seccionadores, fusibles o interruptores. Únicamente se podrá instalar un elemento de desconexión manual en los puntos de puesta a tierra que permita medir la resistencia de puesta a tierra.

Toda instalación eléctrica debe disponer de una protección o instalación de tierra diseñada de forma que, en cualquier punto accesible del interior o exterior de la misma donde las personas puedan circular o permanecer, éstas queden sometidas como máximo a las tensiones de paso y contacto, durante cualquier defecto de la instalación eléctrica.

El sistema de tierra está formado por varios electrodos de cobre en forma de varilla y por el conductor que los une. Dicho conductor, que también será de cobre, tendrá una resistencia mecánica adecuada y ofrecerá una elevada resistencia a la corrosión. Los empalmes y uniones con los electrodos deben de asegurar la unión, y no experimentar excesivos calentamientos en el paso de corriente, ni experimentar corrosión galvánica.



#### 4.1.7. Dimensionado de la estructura soporte

Es la encargada de asegurar un buen anclaje del generador solar, facilitan la instalación de mantenimiento de los paneles a la vez que proporcionan no solo la orientación necesaria, sino también el ángulo de inclinación idóneo para un mejor aprovechamiento de la radiación.

Se emplean perfiles de acero galvanizado y de aluminio para la sujeción y conexionado de los módulos, asegurando un buen contacto eléctrico entre el marco de los módulos y los perfiles de soporte, por seguridad frente a posibles pérdidas de aislamiento en el generador o efectos inducidos por descargas atmosféricas. Además así se consigue una protección anticorrosión, maximizando la vida útil de la estructura, cumpliendo así los requisitos establecidos en el pliego de condiciones.

La estructura soporte de los paneles, está construida modularmente mediante sistemas de carriles y piezas de unión desarrolladas por Hilti. Este sistema modular, frente a un sistema rígido de estructuras soldadas, tiene las siguientes ventajas:

- Sistema flexible válido para todos los paneles del mercado y adaptable a los distintos tipos de instalación.
- Cumple con los requisitos establecidos por la normativa vigente.
- Es un sistema que garantiza la flecha máxima para no dañar los paneles.
- Facilidad de montaje, ya que todas las uniones se realizan sin soldadura y sin necesidad de mecanizar la estructura, manteniendo intacto el galvanizado anticorrosión.

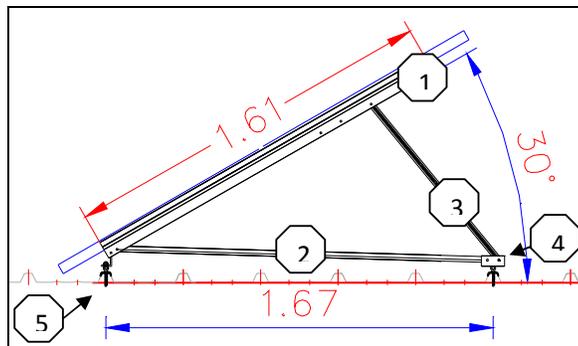
Esta estructura soporte para los módulos se compone de carriles sencillos y doble, con distintas medidas de sección dependiendo de las cargas a soportar y un conjunto de piezas accesorias para realizar las uniones.

Las sobrecargas han sido calculadas según la norma NBE-AE-88, en la que se supone una velocidad de viento de 120km/h y una presión dinámica de viento de 50kp/m<sup>2</sup>. De esta forma, las secciones de las diferentes piezas están calculadas para garantizar la flecha máxima y de esta forma no dañar los módulos.

Los paneles llevan en su parte posterior cuatro taladros de anclaje situados en el marco exterior. Mediante tornillos se unirán estos con la estructura diseñada a tal efecto y que se unirá al entramado de carriles de la marca Hilti diseñados para este tipo de aplicaciones y que supondrán una base de sustentación para distribuir las cargas sobre el tejado. El modelo a utilizar será el MQ 41/3, con longitud de 6 metros.

Dichos carriles van anclados a las correas de la cubierta mediante unas chapas atornilladas de diseño específico y que se encargarán a medida. Con esto se consigue una gran solidez en la instalación frente a cualquier tipo de carga.

La inclinación de la estructura es de 30º siendo las medidas de los módulos 1667x994x45 mm. La instalación se ha configurado con dos módulos en horizontal para optimizar el funcionamiento de los diodos de *by-pass*. En la siguiente figura podemos observar la estructura con los módulos instalados sobre ella.



LISTA DE MATERIALES
1. Carril MQ-41D
2. Carril MQ-41
3. Soporte MQK-41/1000
4. Soporte MQ3D-B
5. Tornillo Tuerca JZ3-SB-8

La carga máxima a soportar por el perfil de la estructura es de  $75\text{Kp/m}^2$ .

#### 4.2. Simulación del sistema fotovoltaico (PVSyst)

Para evaluar el sistema fotovoltaico a conectar a la red utilizaremos un programa diseñado para la simulación y diseño de este tipo de trabajos. Este análisis se realizará con el programa PVSYST v3.7, el cual es un programa desarrollado por el Centro de estudios de problemas energéticos de Génova.

La simulación se realiza fundamentalmente para conocer el comportamiento de la instalación a diseñar, evitando sobredimensionar o subdimensionar el sistema, proyectando sistemas que se aproximan a la realidad.

El método de simulación utilizado en el programa se basa en la realización de balances energéticos horarios a lo largo de un año, realizándose un seguimiento del comportamiento del sistema con el fin de calcular la combinación apropiada para obtener un sistema con la máxima cantidad de energía, en función de la cantidad de módulos fotovoltaicos empleados.

El programa cuenta con una base de datos con diferentes parámetros y datos sobre la irradiación recogida en numerosos lugares del mundo a lo largo de un año, así como una amplia gama de módulos fotovoltaicos y de inversores distintos, organizados por fabricantes o bien por su potencia nominal, con el fin de realizar simulaciones sencillas de nuestra instalación con datos de fabricantes reales.

Además podemos introducir la distancia entre módulos solares, así como la inclinación de la nave y la inclinación de los paneles solares respecto a la horizontal, con lo que obtendremos datos muy reales en cuanto a las pérdidas sufridas en la instalación, tanto por sombreado como por inclinación. En nuestro caso, la inclinación de nuestros paneles solares será de  $30^\circ$  respecto a la horizontal, ángulo que se calcula teniendo en cuenta la latitud del emplazamiento, en este caso  $42,13^\circ\text{N}$ , mientras que la distancia entre paneles será de

aproximadamente 2,91 metros. Ambas magnitudes las veremos más detalladamente en el apartado de cálculos.

Se realizará una simulación de uno de los 3 subgrupos que componen el generador de 300 kW, es decir de 100 kW, con lo que se tendrá en cuenta estos resultados para analizar la energía generada total de la instalación.

En el programa podemos utilizar numerosas combinaciones de inversores y módulos solares gracias a su gran base de datos. Es nuestra obligación elegir la mejor combinación de las posibles que se ajusten a los requerimientos de nuestra instalación.

Por lo tanto para nuestra instalación se decide elegir 1.284 módulos solares, del modelo ISF-250 del fabricante ISOFOTON.

Cada una de las tres instalaciones de 100 kW estará compuesta por dos inversores de 30kW modelo TRIO 27.6 y por dos inversores de 20kW modelo TRIO 20, ambos de la marca Power-One necesitando en total 12 inversores.

Esta configuración está calculada igualmente en el apartado de anexos.

### 4.3. Estimación de pérdidas y ratio de producción

#### 4.3.1. Orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos

Al tratarse de un sistema de paneles fijos, la cantidad de radiación solar que los paneles son capaces de captar es menor que si estuvieran perpendiculares a los rayos solares en todo momento. La orientación e inclinación de los módulos ha de optimizarse en función de las necesidades.

Sin embargo, desviaciones en orientación (hasta 20º) e inclinación (hasta 10º) no suponen grandes pérdidas (menores del 5%).



Las pérdidas por inclinación se pueden calcular según la siguiente expresión:

$$P = 100 \times (1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \Phi + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2)$$

Siendo:

$P$  = Pérdidas por inclinación (%)

$\beta$  = Inclinación del módulo fotovoltaico (º)

$\Phi$  = latitud del lugar (º)

$\alpha$  = Azimut (º)

#### 4.3.2. Pérdidas por sombreado

Existen varias circunstancias que provocan el sombreado de los módulos. En el presente proyecto se han tenido en cuenta para el cálculo de pérdidas por sombreado todas aquellas que afectan a la instalación, como es el sombreado mutuo entre filas de módulos por la trayectoria diaria E-W que describe el Sol y su altura sobre el horizonte a lo largo del día, ya que al tratarse de cubiertas de naves industriales y al no existir elementos con altura



superior a la cota donde han sido instalados los módulos, no existen elementos que arrojen sombras sobre la instalación en ninguna época del año.

Ya que sólo sería posible evitar esta circunstancia con un sistema de seguimiento a dos ejes y al tratarse de una instalación sobre cubierta de naves industriales resulta poco práctico se ha optado por realizar el cálculo de separación entre filas que minimice esas pérdidas por sombreado mutuo. Todos los cálculos quedar recogidos en el apartado 4.1.1.5 del Anexo de Cálculos Técnicos.

#### 4.3.3. *Ratio de producción*

El ratio de producción es un factor de rendimiento que considera las pérdidas energéticas asociadas a la conversión CC/CA y al hecho de que el rendimiento de las células solares es inferior al que indica el valor de su potencia nominal, debido a que la temperatura de operación suele ser notablemente superior a 25 °C.

El rendimiento energético de la instalación o “performance ratio”, PR: eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, que tiene en cuenta:

- pérdidas en el módulo fotovoltaico por potencia distinta a la nominal. Se pueden estimar estas pérdidas en un 3%.
- dependencia de la eficiencia con la temperatura. Las pérdidas pueden ser del 10%.
- Pérdidas en el campo fotovoltaico:
- eficiencia del cableado y *mismatching*
- pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad, sombreadamiento, reflexiones y refracciones, baja irradiancia...
- pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia,

Estas pérdidas se estiman por el I.E.S. y el Ciemat en un 10 % aproximadamente.

- eficiencia energética del inversor, pérdidas estimadas en un 10 %.
- otros.

En general lo consideraremos un factor constante e igual al 75 % en la mayoría de las instalaciones. No obstante en la presente instalación se ha optimizado de tal modo que el PR alcanzado es superior al 80%.

##### 4.3.3.1. Pérdidas por temperatura

El exceso de temperatura afecta negativamente a la potencia generada. Dicho efecto se suele traducir en pérdidas del 4% por cada 10 °C de incremento respecto de la temperatura en condiciones estándar, 25 °C. Cabe resaltar que un módulo fotovoltaico puede alcanzar los 70 °C en función de la irradiancia y la temperatura ambiente.

Para calcular la temperatura de operación de las células utilizaremos la temperatura ambiente máxima media de cada mes y la irradiancia media mensual al mediodía.



#### 4.3.3.2. Pérdidas en el cableado

Se producen básicamente por efecto Joule y dependen de las secciones y longitudes de cable empleados.

Normalmente las pérdidas en conmutadores, fusibles y diodos son muy pequeñas en relación a las pérdidas en el cableado y no es necesario considerarlas. Las caídas de tensión en el cableado pueden ser muy importantes cuando las distancias son muy largas y se opera a baja tensión en corriente continua. En nuestro caso, de acuerdo con la especificación de minimizar las pérdidas tratando de maximizar la producción, el valor máximo tanto para la parte de corriente continua como de corriente alterna es del 1%.

Los cálculos referentes a este concepto se encuentran recogidos en el apartado 4.2.2.1 del Anexo de Cálculos Técnicos.

#### 4.3.3.3. Pérdidas por suciedad de los paneles

Si se acumula una cantidad excesiva de suciedad debido a una falta de mantenimiento, las pérdidas pueden llegar a ser de entre un 4 y un 15% del total de la energía. Estas pérdidas dependen en gran medida de la inclinación de los paneles y de las precipitaciones de la zona ya que una inclinación excesiva de éstos añadida a una zona polvorienta y nada ventosa puede provocar que las células se sombreen parcialmente provocando que las células en serie con la sombreada dejen de producir.

#### 4.3.3.4. Pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia

La máxima potencia que el generador puede entregar es más baja que la suma de las máximas potencias de salida de los módulos constituyentes. Esta diferencia es debida a la llamada pérdida por dispersión de parámetros o *mismatching*. Los cálculos de producción se basan en la presunción de que todas las células y módulos de un generador fotovoltaico son iguales, y trabajan en las mismas condiciones de operación cada día del año, pero en realidad no es del todo cierto. Las células y los módulos nunca son exactamente iguales debido a la natural dispersión de parámetros, propia de cualquier proceso de fabricación y por lo tanto al ser sistemas donde existen elementos conectados en serie la cadena trabajará en concordancia al eslabón más débil de la misma por lo que es imprescindible realizar una clasificación de los módulos fotovoltaicos de cada instalación con los datos aportados por el *flashreport* entregado por el fabricante para optimizar el funcionamiento de cada rama.

#### 4.3.3.5. Rendimiento del inversor y consumo nocturno

La transformación de energía no es perfecta, por lo que se producen pérdidas. Los inversores usados presentan rendimientos en torno al 98% y consumos nocturnos y en reposo menores a 1W y 8W respectivamente. El valor del rendimiento del inversor varía según el fabricante y la tipología del inversor, ya se trate de inversores con aislamiento galvánico en alta o baja frecuencia o sin transformador. Para minimizar las pérdidas en el sistema se ha optado por inversores sin transformador.

### 4.4. **Estudio impacto medioambiental**

Dado que la instalación se encuentra situada en terreno urbano no será necesario un Informe favorable de impacto ambiental de la Dirección General de Evaluación y Calidad Ambiental.

**ESTUDIO DE SEGURIDAD Y  
SALUD B.T. Y M.T.**

# ***BAJA TENSIÓN***



## **5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **5.1. Baja Tensión**

#### **5.1.1. Antecedentes.**

Por encargo de COMERCIAL DE GRÁNULOS, S.L., tal y como se establece en el artículo 5º del RD. 1627/97, Promotor de las Obras designa a los Técnicos que suscriben la redacción de este Estudio Básico de Seguridad y Salud de la instalación de un sistema fotovoltaico conectado a red de 300 kW sobre la cubierta de las naves industriales propiedad de la empresa, situadas en el Polígono Industrial de Ejea de los Caballeros, Zaragoza.

#### **5.1.2. Objeto de este estudio.**

Este Estudio Básico de Seguridad y Salud, redactado durante la fase de redacción del Proyecto, establece las previsiones respecto a prevención de riesgos y accidentes profesionales, así como las instalaciones preceptivas de Higiene y Bienestar de los trabajadores.

Servirá para dar las directrices básicas a los CONTRATISTAS, SUBCONTRATISTAS y AUTONOMOS, para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la Prevención de Riesgos Laborales facilitando el desarrollo del PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD o de LOS PLANES DE SEGURIDAD Y SALUD de la obra, bajo el control del Coordinador de Seguridad o de la Dirección Técnica de acuerdo con el Real Decreto 1627/97 del 24 de Octubre de 1.997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en la obras de Construcción.

#### **5.1.3. Características de la obra.**

##### **5.1.3.1. Descripción y situación de la obra.**

Se trata de una instalación de sistema fotovoltaico conectado a red de 300 kW de potencia nominal situada en una de las parcelas del Polígono Industrial de de Ejea de los Caballeros, Zaragoza.

La energía eléctrica necesaria para la ejecución será suministrada por la propia nave.

##### **5.1.3.2. Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra.**

El presupuesto de la partida de Seguridad y Salud es de siete mil trescientos setenta con cincuenta y tres céntimos (7.370,53€).

El plazo de ejecución previsto desde la iniciación hasta su finalización completa es de 80 días.

Dadas las características de la obra, se prevé un número máximo en la misma de:

- Desbroce y preparación del terreno: 4 personas.
- Montaje de la estructura soporte: 4 personas.
- Instalación eléctrica: 6 personas.

TOTAL: 6 operarios, cuando coincidan las fases de montaje de la estructura e instalación eléctrica.

##### **5.1.3.3. Planning de Ejecución de Obra.**



#### 5.1.3.4. Centros Asistenciales más próximos.

- 
- Teléfono Único de Emergencias
    - 112
- 
- Emergencias Sanitarias
    - 061
- 
- Urgencias Centro de Salud
    - 976 677 978
- 
- Bomberos
    - 976 667 686
- 
- Policía
    - Policía Local 092 / 976 660 101 (Ejea de los caballeros)
    - Guardia Civil 062 / 976 677 140 (Ejea de los caballeros)
- 
- Ambulancias
    - 902 122 180

#### 5.1.3.5. Climatología.

Ejea tiene un clima de tipo continental, aunque suavizado con ligeros matices del clima mediterráneo. Se caracteriza por sus temperaturas extremas, la escasez e irregularidad de las precipitaciones y la limpieza atmosférica gracias a los vientos. El clima es de los más duros de España, con temperaturas muy bajas en invierno que pueden alcanzar los 18 °C bajo cero y temperaturas superiores a los 40 °C en verano.

### 5.1.4. MEMORIA PREVENTIVA

#### 5.1.4.1. Condiciones generales de la obra

##### 5.1.4.1.1. Previo al inicio de la obra.

Según lo establecido en el artículo 7 del R.D. 1627/97, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción:

1. En aplicación del estudio de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio.
2. Este Plan deberá ser remitido con antelación a la fecha de inicio de los trabajos a él contratados. Así mismo, con una antelación mínima de 15 días, cada contratista remitirá el nombre y cargo de la/s persona/s por él designadas como Responsable/s de Seguridad en la ejecución de la obra.



3. El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra.
4. En relación con los puestos de trabajo en la obra, el plan de seguridad y salud en el trabajo a que se refiere este artículo constituye el instrumento básico de ordenación de las actividades de identificación y, en su caso, evaluación de los riesgos y planificación de la actividad preventiva a las que se refiere el capítulo II del Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
5. El plan de seguridad y salud podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa en los términos del apartado 2. Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar, por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos.
6. Asimismo, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de la dirección facultativa.

#### *5.1.4.1.2. Comienzo de los trabajos.*

Según lo establecido en el artículo 13 del R.D. 1627/97, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción:

1. En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado al efecto.
2. El libro de incidencias será facilitado por:
  - a. El Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.
  - b. La Oficina de Supervisión de Proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las Administraciones públicas.
3. El libro de incidencias, que deberá mantenerse siempre en la obra, estará en poder del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en poder de la dirección facultativa. A dicho libro tendrán acceso la dirección facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo, relacionadas con los fines que al libro se le reconocen en el apartado 1.



4. Se anotará el comienzo de las obras en el libro de incidencias de la misma.
5. Antes del inicio de los trabajos, todo el personal de las contratatas asistirá a una reunión informativa supervisada por el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la fase de ejecución material, y que contará con la asistencia del contratista y/o su/s Responsable/s de Seguridad y Salud en la obra. En esta reunión se informará al personal de contratatas sobre las normas de seguridad de aplicación en la instalación, riesgos y medidas preventivas de seguridad colectiva e individual, así como las medidas de emergencia.
6. Así mismo, previo al inicio de la obra, se revisarán los elementos de protección, tanto colectivos como individuales, para ver si su estado de conservación y condiciones de utilización son óptimos. En caso contrario, se desecharán, adquiriéndose por parte del contratista otros nuevos.

#### **5.1.4.1.3. Desarrollo de la obra.**

Es obligación de cada contratista informar puntualmente al Coordinador de Seguridad de cualquier accidente ocurrido, y muy particularmente si ha causado lesiones con baja de su personal.

Se mantendrán reuniones con cierta periodicidad de seguimiento de las condiciones de seguridad y salud de la obra. Estas reuniones serán supervisadas por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

### **5.1.5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES QUE PUEDEN SER EVITADOS**

#### **5.1.5.1. Trabajos previos a la realización de la obra.**

Previo a la iniciación de los trabajos en la obra, se acondicionarán los accesos.

Deberá presentar como mínimo la señalización de:

- Prohibido aparcar en la zona de entrada de vehículos.
- Obligatoriedad del uso del casco en el recinto de la obra.
- Prohibición de entrada a toda persona ajena a la obra.
- Cartel de obra.
- Realización de un espacio para la ubicación del grupo generador en la que se tendrá en cuenta el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

#### **5.1.5.2. Servicios higiénicos, comedor, vestuario y aseos de obra.**

En función del número máximo de operarios que se pueden encontrar en fase de obra, determinaremos la superficie y elementos necesarios para estas instalaciones. En nuestro caso la mayor presencia de personal simultáneo se consigue con 6 trabajadores.

Teniendo en cuenta que un gran porcentaje del personal, sobre todo oficios no comen en el Centro de trabajo optamos por la aplicación de un coeficiente de simultaneidad calculando que el uso medio de trabajadores en la hora de la comida será de 3 operarios.

- COMEDOR:  
Estará dotado de una mesa y dos bancos con capacidad para 6 operarios.



- **VESTUARIOS:**  
Los vestuarios estarán provistos de asientos y taquillas individuales con llave, para guardar la ropa y el calzado. Según se especifica en el plano correspondiente, con lo que se cumplen el Anexo IV, del RD. 1627/97.
  
- **SERVICIOS SANITARIOS:**  
Cada contratista garantizará que todo su personal participante en la obra ha dispuesto del derecho a la vigilancia de la salud, según lo establecido en el artículo 22 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales. Este derecho se aplicará como deber ante personal expuesto a situaciones de riesgos especiales o personas especialmente sensibles.  
Cada contratista dispondrá en la obra de botiquín para primeras curas con el contenido mínimo indicado por la legislación vigente, así como información sobre centros asistenciales para evacuación de accidentados.
  
- **EXTINCIÓN DE INCENDIOS Y EMERGENCIAS:**  
Se dispondrá de un número suficientes de medios de extinción de incendios distribuidos en:
  - Portátiles de polvo químico polivalente.
  - Extintores portátiles de anhídrido carbónico.

Cada contratista garantizará a su personal el cumplimiento de las medidas de emergencia, según lo descrito en el artículo 20 de la Ley 31/95 de Prevención de riesgos laborales.

En caso de evacuación durante el desarrollo de la obra, se establece como punto de reunión general de todo el personal existente en la misma, la puerta de acceso al solar. En dicho lugar se realizará el recuento de los trabajadores, y si es posible, retorno al trabajo pasada la situación de emergencia.
  
- **ASEOS:**  
Deberá disponerse de agua caliente y fría en duchas y lavabos, al igual que de UN Inodoro, UN Urinario, UNA Ducha, UN Lavabo y UN Espejo, y de todos los accesorios necesarios para su perfecto funcionamiento.

### **5.1.5.3. Instalación eléctrica provisional de obra.**

En este tipo de instalación en emplazamiento industrial, se dispone de punto de enganche eléctrico de la empresa suministradora. Por lo tanto, la alimentación a los distintos equipos eléctricos que se van a requerir en obra no será necesariamente a través de grupos electrógenos.

#### **5.1.5.3.1. Normas de prevención tipo para los cables.**

- Todos los conductores utilizados serán aislados de tensión nominal de 1000 voltios como mínimo y sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos en este sentido.
  
- No se permitirán empalmes en los cables. Excepcionalmente se podrán realizar uniones con manguitos aislantes y torpedos homologados, debiendo quedar esta unión correctamente protegida.



- Los conductores tendrán la sección suficiente para las intensidades de utilización. No se instalarán derivaciones de alimentaciones, salvo las construidas por fabricantes de material eléctrico.
- El tendido de cables y mangueras, se realizara a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.
- Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

#### *5.1.5.3.2. Normas de prevención tipo para los interruptores.*

- Se ajustarán expresamente a los especificados en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad, y estarán señalizadas.

#### *5.1.5.3.3. Normas de prevención tipo para los cuadros eléctricos.*

- Serán metálicos o de PVC de tipo para la intemperie, con puerta y cerraja de seguridad (con llave), según norma UNE 20324.
- Pese a ser de tipo para la intemperie, se protegerán del agua de lluvia mediante viseras eficaces como protección adicional.
- Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.
- Poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie, en número determinado según el cálculo realizado. (Grado de protección recomendable IP. 447).
- Las tomas de corriente irán provistas de interruptores de corte omnipolar que permita dejarlas sin tensión cuando no hayan de ser utilizadas.
- Los circuitos generales estarán protegidos con interruptores automáticos o Magnetotérmicos, y disyuntores diferenciales de 300 mA (Maquinaria), 30 mA. (Alumbrado).

#### *5.1.5.3.4. Normas de prevención tipo para las tomas de tierra.*

- La red general de tierra deberá ajustarse a las especificaciones detalladas en la Instrucción MIBT.039 del vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como todos aquellos aspectos especificados en la Instrucción MI.BT.023 mediante los cuales pueda mejorarse la instalación.
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.



- La toma de tierra en una primera fase se efectuara a través de una pica o placa a ubicar junto al cuadro general.
- El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos. Únicamente podrá utilizarse conductor o cable de cobre desnudo de 35 mm de sección como mínimo en los tramos enterrados horizontalmente y que serán considerados como electrodo artificial de la instalación.

#### *5.1.5.3.5. Normas de prevención tipo para la instalación de alumbrado.*

- Las masas de los receptores fijos de alumbrado, se conectaran a la red general de tierra mediante el correspondiente conductor de protección. Los aparatos de alumbrado portátiles, excepto los utilizados con pequeñas tensiones, serán de tipo protegido contra el agua.
- (Grado de protección recomendable IP.447).
- La iluminación será mediante proyectores ubicados sobre "pies derechos" firmes.

#### *5.1.5.3.6. Normas de seguridad tipo, de aplicación durante el mantenimiento y reparaciones de la instalación eléctrica provisional de obra.*

- El personal de mantenimiento de la instalación será electricista, y preferentemente en posesión de carnet profesional correspondiente.
- Toda la maquinaria eléctrica se revisará periódicamente, y en especial, en el momento en el que se detecte un fallo, momento en el que se la declarara "fuera de servicio" mediante desconexión eléctrica y el cuelgue del rotulo correspondiente en el cuadro de gobierno.
- Se prohíben las revisiones o reparaciones bajo corriente. Antes de iniciar una reparación se desconectara la máquina de la red eléctrica, instalando en el lugar de conexión un letrero visible, en el que se lea:

#### **"NO CONECTAR: PERSONAL TRABAJANDO EN LA RED".**

- La ampliación o modificación de líneas, cuadros y asimilables solo la efectuarán los electricistas.

#### **A. Riesgos detectables más comunes.**

- Heridas punzantes en manos.
- Caídas al mismo nivel.
- Electrocuación: contactos eléctricos directos e indirectos derivados.
- Riesgo de incendio.
- Riesgo de explosión.



## B. Medidas preventivas tipo.

Cada cuadro y grupo electrógeno deberá estar identificado con una inscripción indeleble donde conste el nombre de la empresa propietaria y nº de orden, así como las fechas de las revisiones oficiales. La periodicidad de dichas revisiones se establece en 6 meses y, en cualquier caso, si se ha cambiado su ubicación o alterado las condiciones de algún elemento.

Todas las puertas tendrán cerradura con llave a fin de que sólo puedan ser manipulados por personal autorizado.

Las entradas y salidas de corriente a los cuadros y grupos electrógenos deberán tener prensaestopas reglamentarios.

Las bases y clavijas serán las normalizadas y homologadas para las tensiones, intensidades y zona de utilización. Las conexiones por medio de bornes deben estar limitadas a las potencias mayores.

Las barras y bornes de conexión estarán protegidos contra contactos directos.

Los grupos electrógenos que generen corriente alterna tendrán protección magnetotérmica adecuada a los consumos previstos, protección diferencial y paro de emergencia con enclavamiento, siendo las protecciones conformes con las exigencias reglamentarias de despejar el defecto en menos de 5 segundos y con tensión de defecto como máximo de 24 V. en zonas húmedas y 50 V. en zonas secas. En caso de no disponer de protección magnetotérmica y diferencial deberán ir conectados a un cuadro de distribución con las protecciones adecuadas.

Los grupos autónomos que generen únicamente corriente de soldadura, tendrán instalada tierra a la carcasa del equipo, y en el caso de que generen corriente continua de 220 V., tendrán eliminada la salida de dicha corriente continua.

El neutro será accesible y con posibilidad de ser distribuido. Estará conectado a tierra antes del diferencial. La carcasa del grupo llevará una toma de tierra independiente de la del neutro.

El cuadro de distribución tendrá tierra independiente o conectada a la de la carcasa del grupo.

La longitud mínima de la pica debe ser tal que la protección diferencial despeje el defecto como máximo en 5 segundos y con tensión de contacto como máximo de 24 V. en zonas húmedas y 50 V. en zonas secas. Si son necesarias 2 picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas será como mínimo de 2 metros.

Todas las operaciones de instalación, uso y mantenimiento de cuadros, grupos electrógenos e instalaciones deben ser ejecutadas por personal cualificado y especializado.

## C. Medios de protección contra riesgos eléctricos.



- Los cuadros eléctricos de distribución, se ubicarán siempre en lugares de fácil acceso.
- Los cuadros eléctricos de intemperie, por protección adicional se cubrirán con viseras contra la lluvia, y se pondrá un palet de madera en su base para que el operario esté aislado.
- Los Postes Provisionales de colgar las mangueras eléctricas no se ubicarán a menos de 2 m. (como norma general), del borde de la excavación, carretera y asimilables.
- Se comprobará el estado de penetración en el terreno antes de ejecutar ninguna operación de subida para mover líneas, deberán tener un mínimo de (80 cm.) enterrados, y se efectuará siempre por **INSTALADORES AUTORIZADOS** cualquier maniobra que se requiera.
- Las Líneas Eléctricas de acometidas de obra, al igual que los Cuadros se realizarán conforme indicaciones de la Compañía suministradora, bajo Proyecto de Ingeniero Industrial, Visado y pasado para su revisión por el Ministerio de Industria.
- Los cuadros eléctricos, en servicio, permanecerán cerrados con las cerraduras de seguridad de triángulo, (o de llave) en servicio y señalizados.

D. Equipo de protección personal.

- Ropa de trabajo.
- Casco Certificado.
- Trajes de agua en caso necesario.
- Guantes aislantes contra riesgo eléctrico.
- Calzado de seguridad aislante.

**5.1.5.4. Planificación de la seguridad en las fases de obra de:**

**5.1.5.4.1. Montaje de la estructura soporte.**

A. Descripción de los trabajos.

Consiste en el montaje de la estructura que sirve de soporte de los módulos fotovoltaicos. En este trabajo hay que tener en cuenta el acopio, prearmado, elevación, montaje y ajuste de los elementos metálicos de la estructura soporte de los módulos fotovoltaicos.

Una vez finalizado el montaje de la estructura metálica soporte situada en la cubierta, se ubicarán los módulos sobre ella, anclándose a dicha estructura.

B. Riesgos más frecuentes.

- Caídas del personal que interviene en los trabajos, al no utilizar correctamente los medios auxiliares adecuados.
- Desprendimiento de cargas suspendidas.
- Caídas de materiales y/o herramientas empleados en los trabajos.
- Riesgos derivados de la subida y recepción de materiales.



- Proyección de partículas durante los trabajos.
- Atrapamientos por objetos pesados.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Golpes en cabeza y extremidades.
- Caída al mismo nivel.
- Cortes y Golpes por manejo de maquinas herramientas manuales.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.

C. Medidas preventivas.

- Mantener en todo momento orden y limpieza.
- Evitar en lo posible el paso del personal por la vertical de los trabajos.
- No sobrevolar las cargas por encima de los trabajadores, los cuales deberá, así mismo, situarse fuera de la vertical de la carga.
- El transporte mediante la grúa o camión-grúa de puntales, redondos y armadura, entre otros, se hará suspendiéndolos en dos puntos, asegurando a la vez la imposibilidad de deslizamiento de algún elemento del conjunto.
- No realizar trabajos de formación de la estructura cuando exista hielo, nieve, lluvia, ni vientos superiores a 50 km/hora o amenaza de tormenta.
- Los perfiles para la estructura portante se izarán en bloques flejados, (o atados), suspendidos del gancho de la grúa mediante eslingas.
- Antes de la utilización de cualquier máquina herramienta, se comprobará que se encuentra en óptimas condiciones y con todos los mecanismos y protectores de seguridad instalados en buen estado, para evitar accidentes.
- Las zonas de trabajo tendrán una iluminación mínima de 100 lux a una altura de 2 m.
- Se prohíbe el conexionado de cables eléctricos a los cuadros de alimentación sin la utilización de las clavijas macho hembra.
- Las operaciones de lijado mediante lijadora eléctrica manual, se ejecutarán siempre bajo ventilación por "corriente de aire", para evitar los accidentes por trabajar en el interior de atmósferas nocivas.
- Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de material, así como en su posterior montaje.
- Las maniobras de ubicación "in situ" del montaje de estructura serán gobernadas por los operarios necesarios para que las operaciones sean seguras.
- Los materiales se izarán cortados a la medida requerida por el montaje.
- El tendido de mangueras o cables eléctricos se hará, siempre que sea posible de forma ordenada.
- Se prohíbe trepar directamente sobre la estructura.
- Se prohíbe desplazarse a lo largo de la estructura sin atar el cinturón de seguridad.
- El izado de elementos se ejecutará suspendiendo la carga de dos puntos tales, que la carga permanezca estable.
- Orden y Limpieza durante la ejecución de los trabajos.
- En trabajos de altura a más de 2 m., será obligatorio el uso de arnés de seguridad.
- Se habilitará en obra un espacio dedicado al acopio clasificado de material próximo al lugar de montaje.



- Alejar las botellas de gas de las fuentes de calor, utilizar siempre carros portabotellas, no inclinar las botellas para agotarlas y comprobar periódicamente el estado de las mangueras sumergiéndolas bajo presión en un recipiente con agua, sustituyéndolas por otras nuevas en caso de que hubiese pérdidas (soldadura y corte oxiacetilénico).
- Se prohíben los trabajos en altura bajo régimen de vientos fuertes.

#### **Montajes de módulos fotovoltaicos**

- Se mantendrán libres de fragmentos de módulos rotos los tajos, para evitar el riesgo de cortes.
- En las operaciones de almacenamiento, transporte y colocación, los módulos se mantendrán siempre en posición vertical.
- Los acopios de módulos se ubicarán sobre durmientes de madera.
- Se prohíbe permanecer o trabajar en la vertical de un tajo de instalación de módulos.

#### **D. Protecciones colectivas.**

- Conexión a tierra de todos los equipos eléctricos.
- Herramientas portátiles con doble aislamiento o reforzado.
- Protección diferencial de los cuadros eléctricos.

#### **E. Equipos de protección personal.**

- Guantes de cuero.
- Calzado de seguridad.
- Cinturón porta herramientas.
- Casco de polietileno certificado.
- Gafas de soldador.
- Pantalla de mano para soldadura.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Cinturón de seguridad obligatorio en todos los trabajos desarrollados en altura carentes de protección colectiva adecuada.
- Trajes de agua para tiempo lluvioso.

#### **5.1.5.4.2. *Zanjas y arquetas para las canalizaciones eléctricas.***

##### **A. Descripción de los trabajos.**

Para la conexión entre las distintas picas de tierra, y entre inversor y contadores, se necesitan realizar zanjas y arquetas para las canalizaciones eléctricas, así como al centro de media tensión.

Las canalizaciones consistirán en zanjas de 0,5 m x 0,6 m para canalizaciones desde uno hasta cuatro tubos, en las cuales se instalarán las líneas de baja tensión y la red de tierra.

Se dispondrán arquetas de registro realizadas "in situ", de dimensiones 0,5 m ´ 0,5 m ´ 0,65 m. en los siguientes lugares:

- Junto a la entrada del cuadro de corriente alterna.
- En los cambios de sección.
- Cada 50 metros desde el cuadro de C.A. hasta contadores.



B. Riesgos más frecuentes.

- Atropellos y colisiones originados por la maquinaria.
- Vuelcos y deslizamiento de las máquinas.
- Caídas en altura.
- Caídas al mismo nivel.
- Generación de polvo.
- Golpes/cortes con equipos y herramientas.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Atrapamientos.
- Contactos eléctricos.
- Cortes al utilizar las sierras de mano o de sierra.
- Sobreesfuerzos.

C. Medidas preventivas.

- Señalización de la zona de trabajo.
- Las maniobras de maquinaria serán dirigidas por personas diferentes al conductor.
- Las máquinas no se utilizarán en ningún caso como transporte de personal.
- No acopiar materiales en los bordes de las excavaciones.
- No acopiar materiales en la zona de tránsito.

D. Protecciones colectivas.

- Señalización.
- Cinta de balizamiento delimitación zona de trabajo.
- Iluminación.
- Protección de personas en instalación eléctrica.
- Prevención de incendios.

E. Equipo de protección personal.

- Ropa de trabajo.
- Casco certificado.
- Trajes de agua, en caso necesario.
- Guantes de protección.
- Calzado de seguridad.

5.1.5.4.3. *Instalación eléctrica.*

A. Descripción de los trabajos.

La instalación eléctrica comprende los trabajos de cableado de módulos, colocación de inversor de corriente, cableado del inversor hasta el armario de corriente alterna, colocación de este y del armario de contadores. Todos los trabajos se realizarán sin tensión tanto en la parte de corriente continua como en la parte de corriente alterna. En la parte de continua las series de los módulos fotovoltaicos irán conectados a unos fusibles que se encontrarán abiertos. En el lado de alterna no existirá tensión durante toda la fase de la obra hasta que no se conecte la instalación a la red de media tensión.



B. Riesgos más frecuentes.

- Golpes contra objetos.
- Golpes/ cortes por herramientas manuales.
- Cortes por manejo de guías y conductores.
- Electrocuaciones por falta de atención.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Los derivados de caída de tensión en la instalación por sobrecarga.
- Mal comportamiento de las tomas de tierra (incorrecta instalación, picas que anulan los sistemas de protección del cuadro general).
- Quemaduras.
- Electrocuación por uso de herramientas sin aislamiento, por conexiones directas sin clavijas macho-hembra, o por puente de los mecanismos de protección.
- Sobreesfuerzos.
- Pisadas sobre objetos punzantes o materiales.

C. Medidas preventivas.

- Orden y limpieza.
- Realizar las conexiones sin tensión.
- Realizar las pruebas con tensión solo una vez acabada la instalación.
- La iluminación de los tajos no será inferior a 100 lux, medidos a 2m. del suelo.
- Utilizar cinturones porta herramientas siempre que se trabaje en altura.
- El montaje eléctrico será llevado sólo y exclusivamente por personal autorizado para ello, debiendo ser personal cualificado y especializado.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación fotovoltaica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciados los trabajos, para evitar posibles accidentes.
- Las herramientas utilizadas estarán protegidas con material aislante contra los contactos con la energía eléctrica. Cuando dicho aislamiento quede deteriorado, serán retiradas y sustituidas por otras en buen estado.
- Las partes activas se cubrirán con material aislante.
- Interposición de barreras o envolventes.
- Puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Se pueden utilizar dispositivos de corriente diferencial residual, ajustados a una corriente de disparo de 100mA. En caso de fallo de alguna de las medidas de la protección principal, o en caso de imprudencia por cualquiera de los usuarios.
- Las masas se conectarán a tierra en las condiciones especificadas para cada tipo de conexiones. Las que sean accesibles simultáneamente deben conectarse a la misma toma de tierra.
- El dispositivo de protección impedirá que después de un defecto, entre una parte activa y una masa en el circuito o material, o se mantenga una tensión de contacto durante un tiempo suficiente como para crear un riesgo peligroso para la persona.
- Revisión periódica de herramientas y máquinas, sustituyendo aquellas que tengan deteriorado el aislamiento.



- Correcto aislamiento en máquinas portátiles.
- Las zonas de trabajo estarán siempre limpias, en orden y perfectamente iluminadas.
- Colocación de letreros de "NO CONECTAR: PERSONAL TRABAJANDO EN LA RED" durante las pruebas de las instalaciones.
- Escaleras y plataformas en perfectas condiciones.
- Escaleras dotadas de suela antideslizante; las de tijera llevarán tirantes para evitar su apertura.
- Toda la maquinaria auxiliar eléctrica se mantendrá en perfecto estado y estará dotada de toma de tierra.

### **Conductores**

- El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica a soportar en función del cálculo realizado para la maquinaria prevista o equipos previstos.
- Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables.
- El tendido de los cables y mangueras se efectuará a una altura mínima de 2m. En los lugares peatonales y de 5m. En los de paso de vehículos, medidos sobre el nivel de suelo.
- Las mangueras de alargadera, por ser provisionales y de corta estancia, pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.
- Los empalmes provisionales entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancos antihumedad.

### **Cuadros eléctricos**

- Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.
- Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.
- Cada toma de corriente suministrará energía eléctrica a un sólo aparato, máquina o máquina-herramienta.
- Los cuadros eléctricos situados en intemperie, además del ser tipo adecuado, se protegerán del agua de lluvia mediante viseras eficaces como protección adicional.

### **Tomas de tierra**

- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrá de toma de tierra.
- El hilo de toma de tierra estará protegido con macarrón en color normalizado amarillo/verde.
- La toma de tierra no podrá seccionarse en ninguna parte de su recorrido.
- La toma de tierra de las máquinas-herramientas que no estén dotadas de doble aislamiento se efectuará mediante hilo neutro en combinación con el cuadro de distribución correspondiente.

### **Envolturas**

Las cubiertas, mallas y revestimiento protectores deberán ser de material incombustible, poseer suficiente resistencia mecánica y estar sólidamente afianzados.



Las dimensiones de las aberturas de la malla o de la rejilla protectora deberán determinarse de acuerdo con la distancia a que se encuentren los elementos bajo tensión más cercanos.

No deberá ser posible quitar las envolturas de los elementos bajo tensión sin utilizar una herramienta especial, a menos que se interrumpa la corriente automáticamente.

### **Dispositivos de conexión**

En todas las obras de construcción deberá haber un dispositivo que permita interrumpir la corriente de todos los conductores activos.

Todos los circuitos de alimentación de aparatos que consuman energía eléctrica deberán estar provistos de un dispositivo fácilmente accesible que permita cortar la corriente de todos los conductores activos.

En la medida de lo posible, deberán controlarse las instalaciones mediante un dispositivo que corte automáticamente la corriente en caso de defecto del aislamiento.

### **Lámparas**

Siempre que sea posible, las lámparas para el alumbrado general y sus accesorios deberán colocarse a una altura no inferior a 2'5m. del piso o suelo; las lámparas que puedan alcanzarse fácilmente deberán estar protegidas con una cubierta resistente de vidrio.

Los accesorios instalados en el exterior deberán ser estancos al agua.

### **Equipo incombustible**

Deberán instalarse únicamente equipo y conductores incombustibles en los siguientes lugares:

- Donde se almacenen explosivos o líquidos inflamables.
- Donde la atmósfera entrañe riesgo de explosión.

### **Conductores eléctricos**

Deberán fijarse todos los cables a aisladores apropiados y no se deberán arrollar a clavos, ganchos, etc.

Se deberán poder distinguir claramente de los demás conductores los conductores neutros y los de compensación y protección.

Los cables de tendido aéreo deberán estar sustentados por soportes de resistencia adecuada a una altura que impida todo contacto con personas, animales o equipo.

Los postes que soporten conductores o equipo eléctrico deberán estar firmemente empotrados en el suelo o sujetos a otra base adecuada.



Cuando se proceda a desmontar conductores de los postes, deberán sujetarse éstos con obenques para contrarrestar toda tracción ejercida de un solo lado.

Los conductores instalados en el exterior deberán poder desconectarse mediante interruptores, cortacircuitos de fusibles o enchufes.

Los cables aéreos con una tensión de 440 V o más deberán estar instalados a una altura suficiente por encima de las carreteras u otras vías de tráfico que crucen.

Los conductores situados a proximidad peligrosa de zonas donde se efectúen trabajos de voladura de barrenos deberán ponerse fuera e tensión durante la voladura.

Los conductores situados a menos de 2'5m. del piso o suelo deberán tener una protección adecuada que impida todo contacto, o estar encerrados en tuberías de acero o protegidos contra el deterioro mediante mamparas o barreras.

En la medida de la posible, los conductores provisionales no deberán cruzar cables de alta tensión, cables telefónicos ni antenas de radio.

Sólo se instalarán en el suelo los conductores concebidos para soportar un trato muy severo y, en caso necesario, deberán protegerse contra todo deterioro que puedan provocar los vehículos, el equipo mecánico, una manipulación muy ruda, etc.

No se deberán manipular nunca con las manos desnudas los cables de alta tensión aislados, como por ejemplo los de alimentación de palas mecánicas, sino que se deberán utilizar guantes de caucho o herramientas aislantes certificados y homologados.

### **Raíles de toma de corriente**

Se deberán poder desconectar los raíles de toma de corriente utilizados para la alimentación de grúas móviles, palas mecánicas, etc.

Cuando un mismo raíl alimente varias máquinas se deberá poder desconectar cada una de éstas mediante un dispositivo omnipolar.

En caso de utilizarse maquinaria de transporte junto con palas mecánicas alimentadas en corriente por un raíl de contacto, se deberá instalar este raíl de manera que dicha maquinaria no pueda tocarlo.

Se protegerá adecuadamente las instalaciones, de manera que ni los conductores de las máquinas y ninguna otra persona puedan entrar en contacto con el raíl de toma de corriente.

### **Cables flexibles**

Cuando sea necesario utilizar conexiones de clavija y enchufe para conectar los cables con las líneas de distribución principales, dichas conexiones deberán:

- Ser de modelos correspondientes.
- Ser de diseño apropiado.

Los cables flexibles para los aparatos manuales o portátiles deberán:



- Tener un conductor a tierra si el aparato se destina a la protección mediante puesta a tierra.
- Estar protegidos contra las cocas o el ensortijado por medio de un muelle de acero, un tubo de caucho u otro dispositivo adecuado colocado en el punto en que el cable entra en el aparato.
- Estar montados de manera que los esfuerzos mecánicos no se transmitan a las conexiones con terminales.

Los aparatos manuales, y si es posible también los portátiles, deberán ser alimentados por un solo cable flexible.

Los cables flexibles deberán mantenerse en perfecto estado, y sólo se deberán empalmar con clavijas y enchufes apropiados.

No se deberán utilizar los cables flexibles para levantar o arrastrar los aparatos portátiles.

No se deberán dejar los cables flexibles sobre superficies grasientas o impregnadas de líquidos corrosivos, a menos que estén recubiertos con un material suficientemente resistente.

Los cables flexibles deberán estar bien apartados de las cargas, del equipo móvil y de las máquinas en movimiento.

Se deberán emplear cordones flexibles sólidos con envolturas de caucho aislante para las lámparas portátiles utilizadas para la inspección de calderas, depósitos y otros lugares donde hayan de soportar una manipulación ruda o humedad.

### **Material eléctrico**

No deberán instalarse los dispositivos de corte, como interruptores, fusibles y cortacircuitos, en lugares donde haya explosivos, líquidos o gases inflamables, a menos que aquéllos sean de tipo antideflagrante.

Los aparatos de corte y distribución y los motores eléctricos deberán estar protegidos contra las goteras y las salpicaduras de agua, en particular en las salas de bombas.

Se deberá prohibir la entrada en los locales donde se encuentre equipo eléctrico a las personas no autorizadas.

### **Transformadores**

Los transformadores de aceite instalados en el suelo, al exterior, deberán:

- Encontrarse en un lugar donde no haya materiales combustibles.
- Estar empotrados en el suelo o encerrados de manera que, si se producen escapes de aceite, éste no se esparza.

En la medida de lo posible, los transformadores instalados en postes deberán hallarse a una altura mínima de 4'5m. del suelo.



Los transformadores instalados en postes a una altura inferior a 4'5m. deberán estar protegidos por resguardos u otros medios eficaces.

### **Aparatos de conexión**

En la medida de lo posible, los aparatos de conexión deberán estar encerrados en cajas de metal, plástico u otro material apropiado.

Cuando sea necesario utilizar en el exterior aparatos de conexión de tipo abierto:

- Se deberán proteger convenientemente contra el contacto accidental todos los elementos bajo tensión por medio de resguardos o colocándolos a cierta altura.
- Se deberá prever un espacio de trabajo adecuado alrededor de los elementos bajo tensión.
- Se deberán resguardar de manera apropiada los aparatos y los elementos conectados de la instalación.

Para el montaje de los aparatos de mando, de los instrumentos de medición y de los circuitos de protección mandados por relés independientes del circuito principal se deberán utilizar tableros de panel aislados.

### **Disyuntores**

Los disyuntores deberán tener una capacidad de ruptura de cierre que responda a las exigencias de su funcionamiento normal.

Los disyuntores deberán llevar una indicación visible de sus características fundamentales.

El dispositivo de aislamiento deberá actuar en todas las fases, salvo en los circuitos de tensión muy baja.

Los disyuntores no deberán poder abrirse ni cerrarse accidentalmente por efecto de la gravedad o de choques mecánicos.

### **Cortacircuitos de fusibles**

Los cortacircuitos de fusibles deberán llevar una indicación clara de su corriente nominal y del tipo de ruptura (rápida o retardada) y, en lo posible, de su capacidad de ruptura.

Se deberán tomar medidas de protección eficaces para que las personas que inserten o quiten los fusibles no corran peligro alguno, y en particular ningún riesgo de contacto con elementos bajo tensión situados a proximidad.

### **Conmutadores**

Sólo deberán utilizarse conmutadores de seguridad de tipo recubierto.

Los conmutadores deberán instalarse y conectarse a tierra de manera que su funcionamiento no entrañe ningún peligro.



En caso de que puedan enclavarse por efecto de su propio peso, los conmutadores deberán estar provistos de un dispositivo de enclavamiento que los mantenga abiertos.

### **Motores**

Todos los motores deberán estar provistos de un conmutador.

Cuando se pueda controlar la corriente de alimentación de un motor desde varios lugares se instalarán, siempre que sea posible, un dispositivo de parada cerca del motor.

Los motores deberán instalarse de manera que sea posible enfriarlos convenientemente.

Se deberán proteger eficazmente los motores contra el exceso de corriente.

### **Conexiones**

En los puntos de unión, derivación o entrada en los aparatos, los conductores deberán hallarse:

- Protegidos mecánicamente.
- Aislados de manera eficaz y duradera.

Para el empalme, derivación e introducción de los conductores en los aparatos se deberán utilizar cajas de empalme, manguitos, bornes, casquillos u otros dispositivos de conexión análogos.

Para empalmar cables se deberán utilizar, siempre que sea posible, cajas de empalme o acoplamiento de clavija y enchufe.

Las conexiones entre elementos de conductores, entre conductores o entre éstos y aparatos, deberán hacerse mediante tornillos, grapas, soldaduras, remaches, cobresoldaduras, engastes u otros procedimientos análogos.

Las cajas de empalme y los conectores deberán estar protegidos lo más posible contra el tráfico, los derrumbes, el agua y otras causas de avería.

En todo empalme de cables blindados, la envoltura deberá estar conectada eléctricamente de manera apropiada a las cajas de empalme o de derivación.

### **Equipo eléctrico de mano y portátil**

La tensión de la corriente de alimentación de los aparatos de mano o portátiles no deberá exceder de 250 V.

Las máquinas de mano y portátiles deberán estar equipadas con un conmutador incorporado.



Las herramientas de mano eléctricas deberán estar provistas de un conmutador incorporado que corte automáticamente la corriente tan pronto como cese la acción del usuario.

No deberán utilizarse herramientas portátiles eléctricas en lugares donde haya riesgo de incendio o explosión, a menos que sean resistentes a las llamas.

### **Lámparas portátiles**

Las lámparas portátiles deberán estar provistas de una cubierta resistente de vidrio o de otro material transparente. Los portalámparas portátiles deberán tener:

- Todos los elementos bajo tensión aislados.
- Un asidero aislado.

### **Inspección y conservación**

Se deberá inspeccionar todo el equipo eléctrico antes de su utilización para cerciorare de si es apropiado para el fin a que se destina.

Toda persona que utilice equipo eléctrico deberá proceder, al comienzo de cada turno de trabajo, a un examen exterior minuciosa de todos los aparatos y conductores a su cargo, y de manera especial de los cables flexibles.

Únicamente los electricistas deberán reparar los conductores y equipo eléctricos. En la medida de lo posible, no deberá efectuarse trabajo alguno en conductores o equipo bajo tensión.

Antes de proceder a un trabajo cualquiera en conductores o equipo que no necesiten permanecer bajo tensión, se aplicarán las cinco reglas de oro:

- Abrir con coste visible toda la fuente de tensión.
- Enclavar y señalar que se está trabajando impidiendo que se conecte la corriente intempestivamente.
- Medir ausencia de tensión.
- Se deberán conectar a tierra y cortocircuitos los conductores y el equipo.
- Señalizar la zona de trabajo.

Después de haber efectuado un trabajo en conductores o equipo eléctrico no se deberá volver a conectar la corriente sino por orden de una persona competente.

Los electricistas deberán disponer de herramientas adecuadas en número suficiente y de equipo de protección individual y colectiva, como guantes de caucho, estereras y mantas aislantes.

Mientras no se demuestre lo contrario, deberá considerarse que todos los conductores y equipo eléctricos están bajo tensión

### **Trabajo en la proximidad de instalaciones eléctricas**

Antes de proceder a cualquier trabajo en la proximidad de conductores o de instalaciones eléctricas, el empleador deberá verificar los voltajes de tales conductores e



instalaciones, con el fin de que los trabajadores y el material permanezcan a una distancia suficiente para prevenir todo peligro.

Cuando deba efectuarse alguna excavación o pozo de sondeo, el empleador deberá asegurarse de que no hay ningún conductor en la zona de trabajo o con proximidad peligrosa de ésta.

No se deberá efectuar ningún trabajo con proximidad peligrosa de conductores o instalaciones eléctricas mientras no se dejen sin tensión.

Antes de iniciar un trabajo, la autoridad encargada del suministro de electricidad deberá certificar que el conductor o la instalación eléctrica está sin tensión.

Antes de volver a conectar la corriente, el empleador deberá asegurarse de que no hay ninguna persona en la zona de trabajo.

Cuando no sea posible dejar sin tensión un conductor o una instalación en cuyas inmediaciones hayan de efectuarse trabajos, deberán tomarse medidas de seguridad especiales y se deberán dar las necesarias instrucciones a los trabajadores para prevenir todo peligro.

Si fuera necesario utilizar equipo móvil en las inmediaciones de conductores o instalaciones que no puedan ponerse fuera de tensión, se deberán controlar los movimientos de dicho equipo para mantenerlo a una distancia prudente de tales conductores o instalaciones.

### **Soldadura eléctrica**

Las máquinas de soldar deberán controlarse por medio de un conmutador montado en la armazón de las mismas o cerca de ellas, que al abrirlo corte inmediatamente la corriente de todos los cables de alimentación.

Los circuitos de soldadura deberán trazarse de manera que se elimine todo riesgo de transmisión de una tensión elevada a los electrodos.

La tensión máxima de circuito abierto deberá ajustarse a las normas nacionales o internacionales.

El cable del electrodo no deberá tener una longitud excesiva ni superior a la necesaria para el trabajo que se haya de efectuar.

El cable de retorno (de masa) deberá llevarse directamente a la pieza que se ha de soldar y conectarse mecánica y eléctricamente, de manera segura, a ésta o a la mesa de trabajo, al piso, etc., así como a un objeto metálico cercano.

Deberán sujetarse los cables a fin de no dar lugar a obstrucciones peligrosas.

Los generadores, alternadores, rectificadores y transformadores de las máquinas de soldadura por arco o de corte, así como todos los elementos portadores de corriente, deberán estar protegidos contra el contacto accidental con elementos bajo tensión no aislados.



Las aberturas de ventilación practicadas en la funda del transformador no deberán permitir el contacto accidental con elementos bajo tensión.

El armazón de las máquinas de soldar por arco deberá estar conectado a tierra de manera segura.

En las instalaciones de soldar por arco accionadas a mano, los cables y las conexiones deberán estar convenientemente aislados por el lado de la alimentación.

Se deberá aislar de manera eficaz la superficie exterior de los portaelectrodos de las máquinas de soldar por arco accionadas a mano, incluida la mordaza, siempre que sea posible.

Los portaelectrodos de las máquinas de soldar por arco accionadas a mano deberán estar provistos, si es posible, de un disco o pantalla para proteger la mano del soldador contra el calor del arco.

Únicamente deberá utilizarse cable con funda reforzada y perfectamente aislado. Las conexiones de los circuitos deberán ser impermeables.

Cuando deban empalmarse trozos de cable sólo deberán utilizarse conectores aislados, tanto para el cable de tierra como para el del portaelectrodos.

Los terminales de soldadura deberán estar adecuadamente protegidos contra el contacto accidental mediante envolturas, cubiertas otros medios efectivos.

Los portaelectrodos deberán:

- Poder soportar sin riesgo las intensidades de corriente a que serán sometidos.
- Estar convenientemente aislados para impedir los riesgos de electrochoque, cortos circuitos o saltos de arco.

### **Utilización**

Cuando se efectúen trabajos de soldadura por arco o de corte en lugares donde trabajan o por donde pasan otras personas, deberá protegerse dichos lugares por medio de pantallas o mamparas adecuadas, fijas o móviles.

Las pantallas o las mamparas de protección deberán absorber los rayos nocivos e impedir que se reflejen; en caso necesario se deberán pintar o tratar para tal fin dichas pantallas o mamparas.

Cuando se efectúen trabajos de soldadura en locales cerrados y húmedos:

- El portaelectrodos deberá estar completamente aislado.
- La máquina de soldar deberá encontrarse al exterior del local.

Los soldadores deberán tomar las precauciones necesarias para impedir:

- Que se establezca a través de su propio cuerpo un circuito eléctrico.



- Todo contacto entre una parte de su cuerpo y la parte expuesta del electrodo o del portaelectrodos cuando éstos estén en contacto con metal.
- El contacto de ropa, botas o guantes estropeados o mojados, con elementos bajo tensión.

Deberán desconectarse los circuitos de soldadura cuando no se utilicen.

Para introducir los electrodos en los portaelectrodo se deberán utilizar accesorios aislantes, como por ejemplo guantes aislantes.

Se deberán proteger los electrodos y los cables de retorno (de masa) contra todo daño.

Cuando no se esté utilizando el portaelectrodos, sus elementos bajo tensión deberán ser inaccesibles.

Cuando no se esté utilizando el portaelectrodos, se deberá evitar el contacto de sus elementos bajo tensión con objetos metálicos.

No se deberá dejar sin vigilancia el equipo de soldadura por arco con la corriente conectada

D. Equipos de protección personal.

- Mono de trabajo.
- Casco certificado de seguridad.
- Botas aislantes de la electricidad (conexiones).
- Cinturón de seguridad para trabajar en altura.
- Guantes aislantes.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.
- Calzado de seguridad.

### **5.1.6. PLANIFICACIÓN SEGURIDAD EN INSTALACIONES CON RIESGO DE INCENDIOS**

#### **5.1.6.1. Determinación del riesgo.**

El riesgo de incendio, al igual que cualquier otro riesgo de accidente viene determinado por los daños que puede ocasionar y la probabilidad de materializarse. Por lo tanto, el nivel de riesgo de incendio (NRI) se debe evaluar considerando la probabilidad de inicio del incendio y las consecuencias que se derivan del mismo:

$$\text{NRI} = \text{Probabilidad de inicio de incendio} \times \text{Consecuencias}$$

A efectos de extinción no todos los fuegos son iguales, van a depender del tipo de combustible que arde para que se comporten de una forma u otra



	Fuegos de materiales sólidos, principalmente de tipo orgánico. La combustión se realiza produciendo brasas. Madera, papel, cartón, tejidos...
	Fuegos de líquidos o de sólidos que con calor pasan a estado líquido. Alquitrán, gasolina, aceites, grasas, ...
	Fuegos de gases. Acetileno, butano, propano, gas ciudad...
	Fuegos de metales y productos químicos reactivos, como el carburo de calcio, metales ligeros, etc. Sodio, potasio, aluminio pulverizado, magnesio, titanio, circonio, ...
	Fuegos en presencia de tensión eléctrica superior a 25 KV. Conviene diferenciarlos del resto por la importancia y diferencia de actuaciones a realizar frente a los mismos.

Según la clase de fuego, se deberán utilizar los diferentes agentes extintores:

Agente Extintor	Clases de Fuego			
	A (Sólidos)	B (Líquidos)	C (Gases)	D (Metales especiales)
Agua pulverizada	•••	•		
Agua a chorro	••			
Polvo BC (convencional)		•••	••	
Polvo ABC (polivalente)	••	••	••	
Polvo específico metales				••
Espuma física	••	••		
(*) Anhídrido Carbónico- CO <sub>2</sub>	•	•		
Hidrocarburos halogenados	•	•		

Siendo:

••• MUY ADECUADO

•• ADECUADO

• ACEPTABLE

(\*) Agente extintor adecuado para usar en caso de incendios con riesgo eléctrico.

### 5.1.6.2. Procedimientos y medidas preventivas.

La probabilidad de inicio de un incendio viene determinada por las medidas de prevención no adoptadas; es decir, de la coexistencia en espacio, tiempo e intensidad suficiente del combustible y el foco de ignición.

Para que exista un fuego es totalmente necesaria la unión de cuatro elementos que componen el Tetraedro del Fuego (combustible, comburente, energía de activación y reacción química en cadena). Para prevenir la ocurrencia de un incendio, se deben tener en cuenta una serie de medidas que actúen incidiendo sobre cada uno de los factores



determinantes del incendio, bien por separado o de forma combinada actuando sobre más de uno de ellos.

▪ Combustible

Su peligrosidad depende fundamentalmente de su estado físico (sólido, líquido o gas) y en cada uno de estos estados, de otros aspectos ligados a sus propiedades físico - químicas, su grado de división o fragmentación, etc.

Para el control del combustible, algunos aspectos que se deben de tener en cuenta son los siguientes:

- Sustitución del combustible por otra sustancia que no lo sea o lo sea en menor grado.
- Dilución o mezcla del combustible con otra sustancia que aumente su temperatura de inflamación.
- Condiciones de almacenamiento: Utilizar recipientes estancos y almacenar estrictamente la cantidad necesaria de combustible, aisladamente de posibles focos de ignición.
- Realizar operaciones de soldadura y/o corte en zonas ventiladas.
- Control y eliminación de residuos.
- Orden y limpieza.
- Señalización adecuada en los recipientes que contengan sustancias inflamables.
- Almacenamientos aislados y alejados de las zonas de trabajo.
- Evitar la acumulación de sustancias inflamables en el lugar de trabajo.
- Refrigeración del combustible.

▪ Comburente

Recibe el nombre de sofocación y consiste en impedir que los vapores combustibles se pongan en contacto con el oxígeno. Puede conseguirse con extintores de espuma, polvo o gases inertes.

Medidas tendentes a sustituir el comburente o a separarlo del combustible:

- Sustituir o disminuir la proporción de oxígeno mediante el empleo de agentes inertes.
- Utilización de recipientes estancos.

▪ Foco de ignición

Los focos de ignición aportan la energía de activación necesaria para que se produzca la reacción. Estos focos de ignición son de distinta naturaleza; pudiendo ser de origen térmico, mecánico, eléctrico y químico:

- Para los focos térmicos los factores a tener en cuenta son los siguientes: no fumar en el lugar de trabajo o el uso de útiles de ignición; Instalaciones que generen calor; Rayos solares; Condiciones térmicas ambientales; Operaciones de soldadura; Vehículos o máquinas a motor de combustión.



- En el caso de los focos eléctricos debe tenerse en cuenta: Chispas debidas a interruptores, motores, etc.; Cortocircuitos; Sobrecargas; Electricidad estática; Descargas eléctricas atmosféricas; etc.
- Para los focos mecánicos deben considerarse: Herramientas que puedan producir chispas; Roces mecánicos; Chispas zapato – suelo; etc.
- Finalmente, para los focos químicos han de contemplarse: Sustancias reactivas / incompatibles; Reacciones exotérmicas; Sustancias autooxidables, etc.

Una vez garantizado el mayor control posible del nivel de riesgo de inicio del incendio se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Revisiones periódicas de la maquinaria e instalaciones: Para garantizar la pervivencia en el tiempo de la situación aceptable.
- Las instalaciones eléctricas se adecuarán al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Prohibir fumar y utilizar medios de ignición.
- Utilización de herramientas antichispas.
- Lubricación de partes mecánicas en rozamiento.
- Emplazamientos alejados a la zona del riesgo de instalaciones generadoras de calor.
- Petición de permisos de trabajos con llama en áreas o recintos con atmósferas potencialmente inflamables. Sólo deben participar personas autorizadas, ya que éstas están debidamente formadas, informadas y cualificadas para realizar dichas operaciones y siguiendo los procedimientos de trabajo establecidos que garantizan que éstos se realizan de la manera prevista para el control de estos factores.

### **5.1.7. PLANIFICACIÓN SEGURIDAD EN ELEMENTOS AUXILIARES**

#### **5.1.7.1. Andamios de borriquetas.**

Están formados por un tablero horizontal de 60 cm. de anchura mínima, colocados sobre dos apoyos en forma de "V" invertida.

##### **A. Riesgos más frecuentes.**

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Golpes o aprisionamientos durante las operaciones de montaje y desmontaje.
- Los derivados del uso de tabloneros y madera de pequeña sección o en mal estado.

##### **B. Medidas preventivas en la organización del trabajo.**

- Las borriquetas siempre se montaran perfectamente niveladas, para evitar los riesgos por trabajar sobre superficies inclinadas.
- Las plataformas de trabajo se anclaran perfectamente a las borriquetas, en evitación de balanceos y otros movimientos indeseables.
- Las plataformas de trabajo no sobresaldrán por los laterales de las borriquetas más de 40 cm. para evitar el riesgo de vuelcos por basculamiento.



- Las borriquetas no estarán separadas "a ejes" entre si mas de 2,5 m. para evitar las grandes flechas, indeseables para las plataformas de trabajo, ya que aumentan los riesgos al cimbrear.
- Los andamios se formaran sobre un mínimo de dos borriquetas. Se prohíbe expresamente, la sustitución de estas, (o alguna de ellas), por "bidones", "pilas de materiales" y asimilables, para evitar situaciones inestables.
- Sobre los andamios sobre borriquetas, solo se mantendrá el material estrictamente necesario y repartido uniformemente por la plataforma de trabajo para evitar las sobrecargas que mermen la resistencia de los tablones.
- Las borriquetas metálicas de sistema de apertura de cierre o tijera, estarán dotadas de cadenillas limitadoras de la apertura máxima, tales, que garanticen su perfecta estabilidad.
- Las plataformas de trabajo sobre borriquetas, tendrán una anchura mínima de 60 cm., y el grosor del tablón será como mínimo de 7 cm.
- Los trabajos en andamios sobre borriquetas en los balcones, tendrán que ser protegidos del riesgo de caída desde altura.

### **5.1.7.2. Andamios metálicos tubulares.**

Se debe considerar para decidir sobre la utilización de este medio auxiliar, que el Andamio Metálico Tubular está comercializado con todos los sistemas de seguridad que lo hacen seguro (escaleras, barandillas, pasamanos, rodapiés, superficies de trabajo, bridas y pasadores de anclaje de los tablones, etc.).

#### **A. Riesgos más frecuentes.**

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Atrapamientos durante el montaje.
- Caída de objetos.
- Golpes por objetos.
- Sobreesfuerzos.

#### **B. Medidas preventivas en la organización del trabajo.**

- No se iniciará un nuevo nivel sin antes haber concluido el nivel de partida con todos los elementos de estabilidad (cruces de San Andrés, y arriostramientos).
- Las barras, módulos tubulares y tablones, se izaran mediante sogas de cáñamo de Manila atadas con "nudos de marinero" (o mediante eslingas normalizadas).
- Las plataformas de trabajo se consolidaran inmediatamente tras su formación, mediante las abrazaderas de sujeción contra basculamientos o los arriostramientos correspondientes.
- Las uniones entre tubos se efectuaran mediante los "nudos" o "bases" metálicas, o bien mediante las mordazas y pasadores previstos, según los modelos comercializados.
- Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm. de anchura.
- Las plataformas de trabajo se limitarán delantera, lateral y posteriormente, por un rodapié de 15 cm.



- Las plataformas de trabajo tendrán montada sobre la vertical del rodapié posterior una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié.
- Las plataformas de trabajo, se inmovilizarán mediante las abrazaderas y pasadores clavados a los tablones.
- Los módulos de fundamento de los andamios tubulares, estarán dotados de las bases nivelables sobre tornillos sin fin (husillos de nivelación), con el fin de garantizar una mayor estabilidad del conjunto.
- Los módulos de base de los andamios tubulares, se apoyaran sobre tablones de reparto de cargas en las zonas de apoyo directo sobre el terreno.
- La comunicación vertical del andamio tubular quedara resuelta mediante la utilización de escaleras prefabricadas (elemento auxiliar del propio andamio).
- Las plataformas de apoyo de los tornillos sin fin (husillos de nivelación), de base de los andamios tubulares dispuestos sobre tablones de reparto, se clavarán a estos con clavos de acero, hincados a fondo y sin doblar.
- Se prohíbe trabajar sobre plataformas dispuestas sobre la coronación de andamios tubulares, si antes no se han cercado con barandillas sólidas de 90 cm. de altura formadas por pasamanos, barra intermedia y rodapié.
- Todos los componentes de los andamios deberán mantenerse en buen estado de conservación desechándose aquellos que presenten defectos, golpes o acusada oxidación.
- Los andamios tubulares sobre módulos con escalerilla lateral, se montaran con esta hacia la cara exterior, es decir, hacia la cara en la que no se trabaja.
- Es práctica corriente el "montaje de revés" de los módulos en función de la operatividad que representa, la posibilidad de montar la plataforma de trabajo sobre determinados peldaños de la escalerilla. Evite estas prácticas por inseguras.
- Los andamios tubulares se montaran a una distancia igual o inferior a 30 cm. del paramento vertical en el que se trabaja.
- Los andamios tubulares se arriostrarán a los paramentos verticales, anclándolos sólidamente a los "puntos fuertes de seguridad" previstos en fachadas o paramentos.
- Las cargas se izaran hasta las plataformas de trabajo mediante garruchas montadas sobre horcas tubulares sujetas mediante un mínimo de dos bridas al andamio tubular.
- Se prohíbe hacer "pastas" directamente sobre las plataformas de trabajo en prevención de superficies resbaladizas que pueden hacer caer a los trabajadores.
- Los materiales se repartirán uniformemente sobre las plataformas de trabajo en prevención de accidentes por sobrecargas innecesarias.

C. Protecciones personales para el uso de andamios.

- Casco de polietileno CERTIFICADO.
- Calzado de seguridad.
- Cinturón de seguridad clases A y C.
- Trajes para ambientes lluviosos.

**5.1.7.3. Andamios colgados.**



Se debe considerar para decidir sobre la utilización de este medio auxiliar, que el Andamio Metálico COLGADO está comercializado con todos los sistemas de seguridad que lo hacen seguro (Pescantes, Aparejo de elevación o Trócola, Plataforma de trabajo y cable de acero, etc..).

A. Riesgos más frecuentes.

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Atrapamientos durante el montaje.
- Caída de objetos.
- Golpes por objetos.
- Sobreesfuerzos.
- Vértigos o mareos.

B. Medidas preventivas en la organización del trabajo.

- No se iniciarán si antes no se ha realizado una prueba de carga.
- Las plataformas de trabajo se consolidaran inmediatamente tras su formación, mediante las abrazaderas de sujeción contra basculamientos o los arriostramientos correspondientes.
- Las uniones entre las plataformas de trabajo se efectuarán mediante pasadores metálicos, en evitación de que en el supuesto caso de fallo del mecanismo de accionamiento o del cable se queden en forma de "V", y no se abran, según los modelos comercializados.
- Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm. de anchura.
- Las plataformas de trabajo se limitarán delantera, lateral y posteriormente, por un rodapié de 15 cm.
- Las plataformas de trabajo tendrán montada sobre la vertical del rodapié posterior una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié.
- Los Pescantes serán de marca comercial de reconocido prestigio, y estarán perfectamente anclados al forjado.
- Todos los componentes de los andamios deberán mantenerse en buen estado de conservación desechándose aquellos que presenten defectos, golpes o acusada oxidación.
- Las cargas se darán por los forjados y solamente la necesaria.
- Se prohíbe hacer "pastas" directamente sobre las plataformas de trabajo en prevención de superficies resbaladizas que pueden hacer caer a los trabajadores.
- Los materiales se repartirán uniformemente sobre las plataformas de trabajo en prevención de accidentes por sobrecargas innecesarias.

C. Protecciones personales para el uso de andamios.

- Casco de polietileno CERTIFICADO.
- Calzado de seguridad.
- Cinturón de seguridad clases A y C.
- Cuerda de 10 mm. Con dispositivo anticaídas.
- Guantes de goma o cuero.



#### **5.1.7.4. Escaleras de mano.**

Este medio auxiliar suele estar presente en todas las obras sea cual sea su entidad. Suele ser objeto de "prefabricación rudimentaria" en especial al comienzo de la obra o durante la fase de estructura. Estas prácticas son contrarias a la Seguridad y se debe impedir en la obra.

##### **A. Riesgos más frecuentes.**

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Deslizamiento por incorrecto apoyo.
- Vuelco lateral por apoyo irregular.
- Rotura por defectos ocultos.
- Los derivados de los usos inadecuados o de los montajes peligrosos (empalme de escaleras, formación de plataformas de trabajo, escaleras "cortas" para la altura a salvar, etc.).

##### **B. Medidas preventivas en la organización del trabajo.**

- Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.
- Las escaleras metálicas a utilizar en esta obra, no estarán suplementadas con uniones soldadas.
- Las escaleras de tijera a utilizar en esta obra, estarán dotadas en su articulación superior, de topes de seguridad de apertura, hacia la mitad de su altura, de cadenilla.
- Las escaleras de tijera se utilizarán montadas siempre sobre pavimentos horizontales.
- Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, estarán dotadas en su extremo inferior de zapatas antideslizantes de seguridad.
- Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, estarán firmemente amarradas en su extremo superior al objeto o estructura al que dan acceso y sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar.
- Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, se instalarán de tal forma, que su apoyo inferior diste de la proyección vertical del superior, 1/4 de la longitud del larguero entre apoyos.
- Se prohíbe apoyar la base de las escaleras de mano de esta obra, sobre lugares u objetos poco firmes que pueden mermar la estabilidad de este medio auxiliar.

##### **C. Protecciones personales para el uso de andamios.**

- Casco de polietileno CERTIFICADO.
- Calzado de seguridad y antideslizante.

#### **5.1.8. EQUIPOS TÉCNICOS EMPLEADOS EN ESTA OBRA**

En la instalación del sistema fotovoltaico conectado a red, se prevé, como Equipos Técnicos para la realización de las diferentes unidades de obra los siguientes elementos.

##### **5.1.8.1. Maquinaria en general.**



A. Riesgos más frecuentes.

- Vuelcos.
- Hundimientos.
- Choques.
- Formación de atmósferas agresivas o molestas.
- Ruido.
- Explosión e incendios.
- Atropellos y atrapamientos.
- Cortes.
- Golpes y proyecciones.
- Contactos con la energía eléctrica.
- Los inherentes al propio lugar de utilización.
- Los inherentes al propio trabajo a ejecutar.

B. Medidas preventivas.

- Los motores con transmisión a través de ejes y poleas, o cualquier elemento móvil, estarán dotados de Carcasas protectoras antiatrapamientos (cortadoras, sierras, compresores, etc.).
- Los motores eléctricos estarán cubiertos de Carcasas protectoras eliminadoras del contacto directo con la energía eléctrica. Se prohíbe su funcionamiento sin carcasa o con deterioros importantes de estas.
- Los engranajes de cualquier tipo, de accionamiento mecánico, eléctrico o manual, estarán cubiertos por Carcasa protectoras antiatrapamientos.
- Las maquinas averiadas que no se puedan retirar se señalizarán con carteles de aviso con la leyenda:

**"MAQUINA AVERIADA, NO CONECTAR".**

- Sólo el personal autorizado será el encargado de la utilización de una determinada maquina o máquina herramienta.
- Las maquinas que no sean de sustentación manual se apoyaran siempre sobre elementos nivelados y firmes.
- Las cargas en transporte suspendido estarán siempre a la vista, con el fin de evitar los accidentes por falta de visibilidad de la trayectoria de la carga.
- Se prohíbe la permanencia o el trabajo de operarios en zonas bajo la trayectoria de cargas suspendidas.
- Los aparatos de izar a emplear en esta obra, estarán equipados con limitador de recorrido del carro y de los ganchos, carga punta giro por interferencia.
- Los cables de izado y sustentación a emplear en los aparatos de elevación y transportes de cargas en esta obra, estarán calculados expresamente en función de los solicitados para los que se los instala.
- Los cables empleados directa o auxiliariamente para el transporte de cargas suspendidas se inspeccionaran como mínimo una vez a la semana por el Vigilante de Seguridad, que previa comunicación al Jefe de Obra, ordenara la sustitución de aquellos que tengan más del 10% de hilos rotos.
- Los ganchos de sujeción o sustentación, serán de acero o de hierro forjado, provistos de pestillo de seguridad.
- Todos los aparatos de izado de cargas llevaran impresa la carga máxima que pueden soportar.



- Se prohíbe en esta obra, el izado o transporte de personas en el interior de jaulones, bateas, cubilotes y asimilables.
- Todas las maquinas con alimentación a base de energía eléctrica, estarán dotadas de toma de tierra.
- Se mantendrá en buen estado la grasa de los cables de las grúas (montacargas, etc.).

C. Protecciones personales.

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Cascos para ruido.

**5.1.8.2. Grúas.**

En el Montaje del sistema fotovoltaico, se ha visto la necesidad de instalar una grúa para el montaje de los módulos.

A. Riesgos más frecuentes.

- Caídas al mismo nivel, por derrumbe de la Grúa - Torre.
- Caídas a distinto nivel, del personal.
- Cortes, golpes y atrapamientos por el manejo de herramientas y objetos pesados.
- Sobre esfuerzos.
- Contacto con la energía eléctrica.
- Derrame o desplome de la carga durante el transporte.
- Golpes por la carga a las personas o a las cosas durante su transporte aéreo.

B. Medidas preventivas.

- Las grúas, se ubicarán en el lugar señalado en los planos que completan este Estudio de Seguridad y Salud, o el Plan de Seguridad y Salud, realizado por la Empresa Constructora.
- La grúa a montar en esta obra, estarán dotadas de un letrero en lugar visible, en el que se fije claramente la carga máxima admisible en punta.
- Los cables de sustentación de cargas que presenten un 10% de hilos rotos, serán sustituidos de inmediato, dando cuenta de ello a la Dirección Facultativa o Jefatura de Obra.
- Las grúas o camiones-grúas a utilizar en esta obra, estarán dotadas de ganchos de acero normalizados dotados con Pestillo de Seguridad.
- Se prohíbe en esta obra, la suspensión o transporte aéreo de personas mediante el gancho de la grúa.
- En presencia de tormenta, se paralizarán los trabajos con la grúa, dejándose fuera de servicio en veleta hasta pasado el riesgo de agresión eléctrica.
- A l finalizar cualquier período de trabajo (mañana, tarde, fin de semana), se realizaran en la grúa las siguientes maniobras:



- Izar el gancho libre de cargas a tope junto al mástil.
- Dejar la pluma en posición "veleta".
- Poner los mandos a cero.
- Abrir los seccionadores del mando eléctrico de la maquina (desconectar la energía eléctrica). Esta maniobra implica la desconexión previa del suministro eléctrico de la grúa en el cuadro general de la obra.
- Se paralizarán los trabajos con la grúa en esta obra, por criterios de seguridad, cuando las labores deban realizarse bajo régimen de vientos iguales o superiores a 70 Km/h.
- Las grúas, estarán dotadas de mecanismos limitadores de carga (para el gancho) y de desplazamiento de carga (para la pluma), en prevención del riesgo de vuelco.
- El instalador de la grúa emitirá Certificado de Puesta en marcha de la misma en la que se garantice su correcto montaje y funcionamiento.
- Las grúas cumplirán la normativa emanada de la Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento de Aparatos Elevadores.
- No intente izar cargas que por alguna causa estén adheridas al suelo. Puede hacer caer la grúa.
- No intente "arrastrar" cargas mediante tensiones inclinadas del cable. Puede hacer caer la grúa.
- No intente balancear la carga para facilitar su descarga en las zonas. Pone en riesgo la caída a sus compañeros que la reciben.
- Cuando interrumpa por cualquier causa su trabajo, eleve a la máxima altura posible el gancho. Ponga el carro portor lo más próximo posible a la torre; deje la pluma en veleta y desconecte la energía eléctrica.
- No deje suspendidos objetos del gancho de la grúa durante las noches o fines de semana. Esos objetos que se desea no sean robados, deben ser resguardados en los almacenes, no colgados del gancho.
- No eleve cargas mal flejadas, pueden desprenderse sobre sus compañero durante el transporte y causar lesiones.
- No permita la utilización de eslingas rotas o defectuosas para colgar las cargas del gancho de la grúa. Evitara accidentes.
- No intente izar cargas cuyo peso sea igual o superior al limitado por el fabricante para el modelo de grúa que usted utiliza, puede hacerla caer.

C. Protecciones personales.

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.

**5.1.8.3. Hormigonera.**

A. Riesgos más frecuentes.

- Atrapamientos (paletas, engranajes, etc.).
- Contactos con la energía eléctrica.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes por elementos móviles.
- Polvo y ruido ambiental.



B. Medidas preventivas.

- Las hormigoneras a utilizar en esta obra, tendrán protegidos mediante una carcasa metálica los órganos de transmisión correas, corona y engranajes, para evitar los riesgos de atrapamiento.
- La carcasa y demás partes metálicas de las hormigoneras estarán conectadas a tierra.
- La botonera de mandos eléctricos de la hormigonera lo será de accionamiento estanco, en prevención del riesgo eléctrico.
- Las operaciones de limpieza directa manual, se efectuaran previa desconexión de la red eléctrica de la hormigonera, para previsión del riesgo eléctrico y de atrapamientos.
- El cable de corriente será de tres hilos y de 1.000 voltios.
- 

C. Protecciones personales.

- Casco de polietileno.
- Gafas de seguridad antipolvo.
- Guantes de goma o P.V.C.
- Botas de seguridad.
- Trajes impermeables, en caso de lluvia.

**5.1.8.4. Sierra circular de mesa.**

Se trata de una maquina versátil y de gran utilidad en obra, con alto riesgo de accidente, que suele utilizar cualquier oficio que la necesite, sobre todo encofradores.

A. Riesgos más frecuentes.

- Cortes.
- Golpes y atrapamientos por objetos.
- Proyección de partículas y emisión de polvo.
- Contacto con la energía eléctrica.

B. Medidas preventivas en la organización del trabajo.

- Las máquinas de sierra circular a utilizar en esta obra, estarán dotadas de los siguientes elementos de protección:
  - Carcasa de cubrieron del disco.
  - Cuchillo divisor del corte.
  - Empujador de la pieza a cortar y guía.
  - Carcasa de protección de las transmisiones por poleas.
  - Interruptor de estanco.
  - Toma de tierra.
- Se prohíbe expresamente en esta obra, dejar en suspensión del gancho de la grúa las mesas de sierra durante los períodos de inactividad.
- La alimentación eléctrica de las sierras de disco a utilizar en esta obra, se realizará mediante mangueras antihumedad, dotadas de clavijas estancas a través del cuadro eléctrico de distribución, para evitar los riesgos eléctricos.



- Se limpiará de productos procedentes de los cortes, los aledaños de las mesas de sierra circular, mediante barrido y apilado para su carga sobre bateas emplintadas.

C. Protecciones personales.

- Casco de polietileno.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Mascarilla antipolvo con filtro mecánico recambiable.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero (preferible muy ajustados).

**5.1.8.5. Soldadura eléctrica.**

A. Riesgos más frecuentes.

- Caída desde altura y al mismo nivel.
- Atrapamientos entre objetos.
- Aplastamiento de manos por objetos pesados.
- Los derivados de las radiaciones del arco voltaico.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos.
- Quemaduras.
- Contacto con la energía eléctrica.
- Proyección de partículas.

B. Medidas preventivas en la organización del trabajo.

- En todo momento los tajos estarán limpios y ordenados en prevención de tropiezos y pisadas sobre objetos punzantes.
- Los portaelectrodos a utilizar en esta obra, tendrán el soporte de manutención en material aislante de la electricidad.
- El personal encargado de soldar será especialista en estas tareas.
- No utilice el grupo sin que lleve instalado el protector. Evitará el riesgo de electrocución.
- Compruebe que su grupo está correctamente conectado a tierra antes de iniciar la soldadura.
- No anule la toma de tierra de la carcasa de su grupo de soldar porque "salte" el disyuntor diferencial.
- Aguarde a que le reparen el grupo o bien utilice otro.
- Desconecte totalmente el grupo de soldadura cada vez que haga una pausa de consideración (almuerzo o comida, o desplazamiento a otro lugar).
- Compruebe antes de conectarlas a su grupo, que las mangueras eléctricas están empalmadas mediante conexiones estancas de intemperie. Evite las conexiones directas protegidas a base de cinta aislante.
- Cerciórese de que estén bien aisladas las pinzas portaelectrodos y los bornes de conexión.

C. Protecciones personales.

- Casco de polietileno para desplazamientos por la obra.
- Yelmo de soldador (casco + careta de protección).



- Pantalla de soldadura de sustentación manual.
- Gafas de seguridad para protección de radiaciones por arco voltaico.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Manguitos, Polainas y Mandil de cuero.
- Cinturón de seguridad clase A y C.

#### **5.1.8.6. Maquinaria herramienta en general.**

En el montaje de la instalación fotovoltaica se prevé, como Maquinas Herramientas para la realización de las diferentes unidades de obra los siguientes elementos:

En este apartado se consideran globalmente los riesgos de prevención apropiados para la utilización de pequeñas herramientas accionadas por energía eléctrica: taladros, rozadoras, cepilladoras metálicas, sierras, etc., de una forma muy genérica.

##### **A. Riesgos más frecuentes.**

- Golpes y Cortes por proyección de fragmentos.
- Quemaduras.
- Caída de objetos.
- Contacto con la energía eléctrica.
- Vibraciones.
- Ruido.

##### **B. Medidas preventivas en la organización del trabajo.**

- Las máquinas herramientas eléctricas a utilizar en esta obra, estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento.
- Las transmisiones motrices por correas, estarán siempre protegidas mediante bastidor que soporte una malla metálica, dispuesta de tal forma, que permitiendo la observación de la correcta transmisión motriz, impida el atrapamiento de los operarios o de los objetos.
- Las máquinas herramientas con capacidad de corte, tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.
- Las máquinas herramientas no protegidas eléctricamente mediante el sistema de doble aislamiento, tendrán sus carcasas de protección de motores eléctricos, etc., conectadas a la red de tierras en combinación con los disyuntores diferenciales del cuadro eléctrico general de la obra.
- Se prohíbe dejar las herramientas eléctricas de corte o taladro, abandonadas en el suelo, o en marcha aunque sea con movimiento residual en evitación de accidentes.

##### **C. Protecciones personales.**

- Casco de polietileno para desplazamientos por la obra.
- Guantes de Cuero o de P.V.C.
- Botas de Seguridad, de goma o P.V.C.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Protectores auditivos.
- Mascarilla filtrante.
- Máscara antipolvo con filtro mecánico o específico recambiable.



#### **5.1.8.7. Herramientas manuales.**

En el montaje de la instalación fotovoltaica se prevé, como Herramientas Manuales, para la realización de las diferentes unidades de obra los siguientes elementos, y son las usadas por la mayoría de los oficios y de los industriales.

##### **A. Riesgos más frecuentes.**

- Golpes y Cortes en las manos y los pies.
- Proyección de partículas.
- Caídas al mismo o a distinto nivel.

##### **B. Medidas preventivas en la organización del trabajo.**

- Las herramientas manuales se utilizarán en aquellas tareas para las que han sido concebidas.
- Antes de su uso se revisarán, desechándose las que no se encuentren en buen estado de conservación.
- Se mantendrán limpias de aceites, grasas y otras sustancias deslizantes.
- Los trabajadores recibirán instrucciones concretas sobre el uso correcto de las herramientas que hayan de utilizar.

##### **C. Protecciones personales.**

- Cascos.
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero o P.V.C.
- Gafas contra proyección de partículas.
- Cinturones de seguridad, en todos los trabajos de altura.
- Comprobar, diferenciales, magnetotérmicos y conexiones a tierra.

### **5.1.9. LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDEN EVITARSE**

#### **5.1.9.1. Riesgos graves de hundimiento.**

Durante la realización de la Estructura y Montaje de Módulos en la misma.

##### Medidas preventivas específicas.

- Uso adecuado de plataformas de trabajo.
- Uso de cinturón de seguridad con arnés.
- Uso de cable de "línea de vida".

#### **5.1.9.2. Riesgos graves de caída de altura.**

Durante la realización de la Estructura y Montaje de Módulos en la misma.

##### Medidas preventivas específicas.

- Uso de cinturones de seguridad con arnés, para impedir la caída.
- Uso de redes de poliamida para limitar la caída de altura.



### **5.1.9.3. Riesgos por exposición a agentes químicos.**

Durante la realización de la albañilería - revestimientos, contacto con cemento y yeso.

#### Medidas preventivas específicas.

- Uso de guantes en revestimientos, yesos, cementos.
- Uso de gafas en revestimientos de yesos y cementos.

Durante la realización de los lacados y pinturas en la estructura, contacto con atmósferas agresivas

#### Medidas preventivas específicas.

- Uso de mono de trabajo.
- Uso de gafas protectoras.
- Uso de guantes.
- Uso de mascarilla con filtro.

### **5.1.9.4. Riesgos por exposición a agentes biológicos.**

Durante la realización de la estructura :contacto con materiales en estado de corrosión.

#### Medidas preventivas específicas.

- Uso de equipos de protección individual.
- Uso de vacunación antitetánica.

Durante la realización de la albañilería en general.

#### Medidas preventivas específicas.

- Uso de equipos de protección individual.
- Uso de vacunación antitetánica.

### **5.1.9.5. Riesgos por exposición a agentes ambientales.**

Durante la realización toda la realización de la obra: ruido, vibraciones, temperatura, radiaciones.

#### Medidas preventivas específicas.

- Uso de equipos de protección individual.
- Estudiar la ubicación de los tajos.
- Formar a los trabajadores.

### **5.1.9.6. Riesgos en maquinaria y equipos.**

PALA CARGADORA, usada en excavaciones.

#### Medidas preventivas específicas.

- Tener la acreditación CE.
- Revisión periódica de la maquinaria.



- No permanecer en su radio de giro.
- Cumplir las especificaciones del fabricante.

GRUA o CAMION GRUA, usada como máquina de elevación de materiales.

Medidas preventivas específicas.

- Tener la acreditación CE.
- Revisión periódica de la maquinaria.
- No permanecer en su radio de giro.
- Cumplir las especificaciones del fabricante.

**5.1.9.7. Riesgos relativos a los medios auxiliares.**

ANDAMIOS, BORRIQUETAS, MODULARES Y SUSPENDIDOS.

Medidas preventivas específicas.

- Estado de uso en buenas condiciones técnicas.
- Realización de prueba de carga.
- Uso de cinturones en trabajos a más de 2 m. de altura.
- Cumplir el RD 1215/97. equipos de trabajo.
- Cumplir el RD 1627/97. Anexo IV, apartado C.

ESCALERAS móviles.

Medidas preventivas específicas.

- Estado de uso en buenas condiciones técnicas.
- Cumplir Título II de la ordenanza de S.H. trabajo.
- Uso de cinturones en trabajos a más de 2 m. de altura.
- Cumplir el RD 1215/97. equipos de trabajo.

**5.1.9.8. Medios de protección colectiva.**

Medidas preventivas específicas.

- Formación - Información a los equipos de trabajo.
- Barandillas resistentes.
- Extintor en caseta de obra.
- Lo especificado en cada fase de obra.

**5.1.9.9. Medios de protección individual.**

Medidas preventivas específicas.

- Formación - Información a los equipos de trabajo.
- Uso de EPI con Certificado "CE".
- Entrega personalizada y por escrito a cada trabajador.

**5.1.10. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN TRABAJOS POSTERIORES**



#### **5.1.10.1. Criterios de seguridad y salud utilizados.**

La utilización de los medios de Seguridad y Salud en el montaje de la instalación del sistema fotovoltaico, responderá a las necesidades en cada momento, surgida mediante la ejecución de los cuidados, reparaciones o actividades de mantenimiento que durante el proceso de explotación del edificio se lleven a cabo.

Por tanto los responsables y los Propietarios de las parcelas, en función de la programación periódica de éstas actividades, en sus previsiones de actuación, ordenará para cada situación, cuando sea necesario, el empleo de estos medios de SEGURIDAD, previa la comprobación periódica de su funcionalidad, y que su empleo no se contradice con la hipótesis de cálculo de este Estudio de Seguridad y Salud.

#### **5.1.10.2. Legislación vigente.**

Se tendrá en cuenta la reglamentación vigente de ámbito estatal, autonómico y local, relativa a la ejecución de los trabajos que deben realizarse para llevar a cabo los cuidados, mantenimiento, repasos y reparaciones durante el proceso de explotación de la instalación fotovoltaica, así como las correspondientes condiciones de seguridad y salud a tener en cuenta en estas actividades.

Los ámbitos de cobertura serán definidos por la normativa vigente en cada momento, como:

- Reglamento de Aparatos Elevadores.
- Reglamento Electrotécnico de baja tensión.
- Reglamento de redes de acometidas y aparatos de combustibles gaseosos.
- Reglamento de instalaciones de calefacción y agua caliente sanitaria.
- Reglamento de Aparatos a presión.
- Norma Básica de la Edificación NBE-CP-96.(Condiciones de Protección Incendios).
- Normas Tecnológicas de la Edificación. NTE.
- Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 39/1997, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- R.D. 1627/97 por el que se aprueba las Disposiciones de Seguridad y Salud en Construcción.
- R.D. 485/97, sobre Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- R.D. 487/97, sobre manipulación de cargas y sucesivos.
- R.D.1615/97, sobre Equipos de Trabajo.
- R.D. 2177/2004, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo en materia de trabajos temporales en altura.

#### **5.1.10.3. Limitaciones de uso del edificio.**

Durante el uso del conjunto fotovoltaico, se evitarán por parte de los Propietarios aquellas actuaciones que puedan alterar las condiciones iniciales para las que fue previsto y, por tanto, producir deterioros o modificaciones sustanciales en su funcionalidad y en la Seguridad de dicha instalación.

#### **5.1.10.4. Seguridad, cuidados y mantenimiento.**



#### 5.1.10.4.1. *Acondicionamiento del terreno.*

##### Medidas preventivas.

- Evitar erosiones en el terreno.
- No modificar los perfiles de los terrenos.
- Evitar fugas de canalizaciones o de evacuaciones de aguas.

##### Seguridad y cuidados.

- Limpieza de la cuenca de vertidos y recogida de aguas.
- Limpieza de drenes.
- Limpieza de arquetas y sumideros.
- Inspeccionar muros de contención después de lluvias.
- Comprobar el estado y relleno de las juntas.
- Riegos de limpieza.

#### 5.1.10.4.2. *Estructura.*

##### Medidas preventivas.

- No realizar modificaciones de los elementos estructurales.
- Evitar humedades perniciosas permanentes o habituales.
- No variar la distribución de cargas y de solicitudes.
- No eliminar elementos estructurales.
- No sobrepasar las sobrecargas previstas.

##### Seguridad y cuidados.

- Vigilar posibles apariciones de grietas, flechas, desplomes, etc..
- Vigilar el estado de los materiales.
- Comprobar el estado y relleno de las juntas.
- Limpieza de los elementos estructurales vistos, con los elementos de seguridad.

#### 5.1.10.4.3. *Cerramientos exteriores.*

##### Medidas preventivas.

- No fijar elementos pesados ni cargar o transmitir empujes sobre el crecimiento.
- Evitar humedades permanentes en las fachadas.
- No realizar oquedades o rozas que disminuyan la sección del crecimiento.
- No abrir huecos en los cerramientos.

##### Seguridad y cuidados.

- Vigilar la aparición de grietas, desplomes o cualquier anomalía.
- Vigilar el estado de los materiales.
- Comprobar el estado de los rellenos de las juntas.
- Limpieza de fachada por empresa especializada.



- Inspección de los elementos fijos de seguridad.

#### 5.1.10.4.4. *Particiones y revestimientos.*

##### Medidas preventivas.

- No fijar elementos pesados ni cargar o transmitir empujes sobre la tabiquería.
- Evitar humedades permanentes en las tabiquerías o particiones.
- No realizar oquedades o rozas que disminuyan la sección de las tabiquerías.
- No abrir huecos.

##### Seguridad y cuidados.

- Vigilar la aparición de grietas, desplomes o cualquier anomalía.
- Vigilar el estado de los materiales.
- Comprobar el estado de los rellenos de las juntas.
- Comprobar la aparición de alguna grieta.

#### 5.1.10.4.5. *Elementos de protección.*

##### Medidas preventivas.

- No apoyar sobre barandillas elementos para subir cargas.
- No fijar sobre barandillas y rejas elementos pesados.

##### Seguridad y cuidados.

- Vigilar las uniones, los anclajes, fijaciones, etc.
- Vigilar el estado de las persianas, cierres, etc.
- Vigilar el estado de los materiales.
- Limpieza y pintado en su caso de los mismos desde el interior.

#### 5.1.10.4.6. *Instalación evacuación de aguas.*

##### Medidas preventivas.

- No verter productos agresivos, ni biodegradables a la red general sin tratamiento.
- Evitar modificaciones en la red.
- Limpiar una vez al año la compuerta de la válvula de desagüe general.

##### Seguridad y cuidados.

- Limpieza de arquetas y sumideros.
- Limpieza de los pozos de registro por empresa especializada.
- Comprobar funcionamiento de los botes sinfónicos.
- Vigilar la estanqueidad de la red.

#### 5.1.10.4.7. *Instalación eléctrica y alumbrado.*



Medidas preventivas.

- Evitar modificaciones en la instalación.
- Desconectar el suministro de electricidad antes de manipular la red.
- Desconectar la red en ausencias prolongadas.
- No aumentar el potencial en la red por encima de las previsiones.
- Evitar humedades permanentes.

Seguridad y cuidados.

- Comprobar los dispositivos de protección, diferenciales y magneto-térmicos.
- Comprobar la instalación de tierra.
- Comprobar el aislamiento de las instalaciones interiores.
- Limpieza de las luminarias.
- Vigilar el estado de los materiales.

**5.1.10.4.8. Instalaciones contra incendios.**

Medidas preventivas.

- No poner elementos que obstaculicen el uso de las Instalaciones.
- No manipular la instalación por personal no especializado.
- Controlar visualmente señalización de equipos de incendios.

Seguridad y cuidados.

- Contrato con servicio técnico.
- Comprobar anualmente los equipos.
- Comprobar estanqueidad de la instalación.
- Vigilar el estado de los materiales.

**5.1.11. ACTUACIÓN EN CASO DE EMERGENCIAS**

**5.1.11.1. Actuación en caso de incendio.**

**5.1.11.1.1. Clases de fuegos.**

- **Clase A.** Fuegos de Materiales Sólidos.
- **Clase B.** Fuegos de Combustibles Líquidos.
- **Clase C.** Fuegos de Combustibles Gaseosos o de Líquidos a Presión.
- **Clase D.** Fuegos de Metales Químicamente Activos.



UTILIZACIÓN DE LOS AGENTES EXTINTORES				
AGENTE EXTINTOR	CLASES DE FUEGO			
	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
	Materiales Sólidos	Combustibles Líquidos	Combustibles Gaseosos	Metales químicamente activos
Agua a Chorro	☆☆	×	×	×
Agua Pulverizada	☆☆☆	☆	×	×
Espuma Física	☆☆	☆☆	×	×
Polvo Polivalente	☆☆	☆☆	☆☆	×
Polvo Seco	×	☆☆☆☆	☆☆	×
CO <sub>2</sub> - Nieve Carbónica	☆	☆	×	×
☆☆☆ Excelente    ☆☆ Bueno    ☆ Aceptable    × No aceptable				
ADVERTENCIA: Es peligroso utilizar agua o espuma en fuegos de equipos, donde haya presencia de electricidad o en fuegos de Clase D.				

#### 5.1.11.1.2. Prevención de incendios.

- Mantener los espacios de trabajo en buen estado de orden y limpieza. Es fundamental para prevenir incendios.
- No sobrecargar los enchufes. Consultar previamente a alguien cualificado antes de emplear bases múltiples o alargaderas.
- No acumular materiales en espacios que puedan quedar ocultos, como rincones, detrás de las puertas, bajo los muebles, etc.
- No fumar en aquellos lugares que pueda ser peligroso, esté o no prohibido, como en archivos, lavandería, almacenes, etc.
- Nunca acercar materiales combustibles a fuentes de calor.
- No vaciar nunca los ceniceros en las papeleras. Asegurarse de que todas las colillas están bien apagadas.
- Si hay aparatos eléctricos que no vayan a ser utilizados en un cierto tiempo, es preferible dejarlos desconectados.
- Comunicar a los superiores jerárquicos de cualquier anomalía detectada en instalaciones eléctricas o en sistemas contraincendios.
- No obstaculizar nunca las posibles vías de evacuación, ni tampoco las señales, acceso a extintores, cuadros eléctricos, etc.
- Al llegar a cualquier lugar de trabajo, identifica y familiarízate con los medios contraincendios y las vías de evacuación.
- Si descubres un incendio, mantén la calma y avisa inmediatamente. Nunca debes actuar en solitario.
- Si te encuentras solo, sal del local dejando las puertas cerradas cuando sea posible, sin ponerte en peligro.
- Avisa de la emergencia según esté indicado en los planes de emergencias de tu centro de trabajo.

#### 5.1.11.1.3. Actuación en caso de incendio.



- Si el fuego es pequeño, después de avisar puedes tratar de apagarlo utilizando extintores. No olvides:
  - Utilizar el extintor más adecuado.
  - Quitar el pasador de seguridad.
  - Dirigir la boquilla a la base de las llamas.
  - Apretar la maneta intermitentemente.
- Si una puerta está muy caliente es porque el fuego está próximo; No abrirla, pero si hay que hacerlo, que sea con precauciones y lentamente.
- Si se incendiase tu ropa, tírate al suelo y rueda. No corras nunca.
- Para atravesar una zona en la que hay mucho humo, hacerlo agachado, ya que el aire es más respirable. Es conveniente ponerse un pañuelo húmedo en nariz y boca.
- En el caso de que el fuego te atrape en un recinto:
  - Cierra todas las puertas.
  - Tapa con trapos húmedos todas las rendijas por donde pueda entrar el humo.
  - Trata de señalizar tu presencia con trapos u objetos llamativos donde puedan verse.

#### **5.1.11.1.4. Evacuación.**

- Cuando suene la señal de evacuación, prepárate para abandonar en centro de trabajo.
- Desconecta todos los aparatos eléctricos que estén a tu cargo. Cierra las llaves de paso de gas.
- No usar jamás los ascensores.
- Con respecto a las demás personas que haya en el establecimiento:
  - Guía a todos hacia las vías de evacuación.
  - Tranquiliza a todo el mundo, pero actuando con firmeza para conseguir que la evacuación se haga de forma rápida y ordenada.
  - Ayuda a las personas impedidas, disminuidas o heridas.
  - No permitas que nadie regrese para recoger objetos personales.
- Ya en el exterior, dirígete al punto de reunión e informa de la evacuación de tu zona, si ha sido completa o si ha habido incidencias, heridos, lugares por comprobar, etc.

#### **5.1.11.2. Primeros auxilios.**

##### **5.1.11.2.1. Actuación en caso de accidente.**

1. PROTEGER
2. AVISAR
3. SOCORRER

- Reconocimiento de signos vitales:
  - Consciencia
  - Respiración
  - Pulso
- Recordar que al accidentado:
  - Hay que tratarle con urgencia
  - No trasladarle con urgencia



#### 5.1.11.2.2. *Resucitación cardiopulmonar.*

- Con el accidentado en el suelo, tumbado boca arriba, asegurarse de que las vías respiratorias estén libres (no hay sólidos ni líquidos en la boca o garganta).
- Mantener su cabeza hacia atrás, con la mandíbula en alto.
- Pegar los labios sobre la boca del accidentado y soplar aire mientras le tapamos la nariz. Si es un niño pequeño, se puede soplar sobre la boca y la nariz a la vez.
- Para el masaje cardíaco, buscar un punto sobre el esternón unos cuatro dedos por encima de su parte más baja.
- Apoyar una mano sobre la otra para hacer las compresiones.
- El ritmo de esta operación es el siguiente:
  - 1 Insuflación y 5 compresiones.
  - Aproximadamente 12 insuflaciones y 60 compresiones por minuto.

#### 5.1.11.2.3. *Homorragias.*

- Buscar el punto sangrante, cortando la ropa si fuese necesario para dejarlo libre.
- Aplicar gasas o paños limpios, ejerciendo cierta presión.
- Si no cede, añadir más gasa y aumentar la fuerza de la compresión.
- En último caso, apretar con los dedos encima de la arteria sangrante.
- Trasladar a un centro médico.

#### 5.1.11.2.4. *Heridas.*

- No manipular nunca una herida.
- Lavar con agua y jabón.
- No usar pomadas ni alcohol en heridas abiertas.
- Tapar con gasa estéril.

#### 5.1.11.2.5. *Quemaduras.*

- Aplicar abundante agua corriente sobre la quemadura durante al menos 15 minutos.
- Quitar toda la ropa, anillos, pulseras, etc impregnadas de líquidos calientes.
- No usar pomadas.
- Cubrir con gasa estéril y trasladar a un centro médico.

#### 5.1.11.2.6. *Desmayos.*

- Tumbarse a la persona desmayada con la cabeza más baja que el cuerpo. Nos podemos ayudar elevando ligeramente las piernas.

#### 5.1.11.2.7. *Convulsiones.*

- No impedir los movimientos.
- Colocar a la persona en el suelo, tumbada, donde no pueda hacerse daño.



- Meterle un pañuelo entre los dientes para impedir que se muerda la lengua.

#### 5.1.11.2.8. *Proyecciones.*

- Proyecciones químicas en los ojos:
  - Lavar el ojo abundantemente con agua corriente y sin frotárselo.
  - Acudir a un centro médico.
- Cuerpo extraño:
  - No manipular ni frotar el ojo.
  - Tapar el ojo con una gasa limpia y acudir a un centro médico.

#### 5.1.11.2.9. *Productos tóxicos.*

- En todos los casos:
  - Buscar toda la información que podamos sobre el producto: etiqueta y ficha de seguridad. Si carecemos de datos, llamar al Servicio de Información Toxicológica, Teléfono 915 620 420.
  - Si hay síntomas de asfixia, hacer la respiración boca a boca.
  - Colocar en posición de seguridad, tumbado de lado y con la pierna de encima flexionada. Taparle con una manta para que no se enfríe.
  - Trasladar a un centro médico.
- En caso de ingestión:
  - Si la persona está consciente, y si la información del producto no dice lo contrario, provocar el vómito.

#### 5.1.11.2.10. *Fracturas.*

- Ante la duda de que haya una fractura, actuar como si la hubiera.
- Inmovilizar la fractura, en la misma posición en la que la encontramos, abarcando los huesos rotos y las articulaciones asociadas.
- Si la fractura es abierta (con herida) cubrirla con apósitos o gasas antes de inmovilizarla.
- Si sospechamos que hay fractura de columna, no mover al accidentado; avisar inmediatamente a los servicios de emergencia para su traslado urgente al hospital.

#### 5.1.11.2.11. *Luxaciones y esguinces.*

- Inmovilizar la zona con vendaje compresivo o cabestrillo.
- Mantener en reposo y elevar la zona afectada.
- Trasladar a un centro médico.

#### 5.1.11.2.12. *Consignas generales.*

- **NUNCA** actuar si no sabemos con seguridad lo que hay que hacer.
- **NUNCA** mover a un herido sin valorar previamente sus lesiones.
- **NUNCA** dar alimentos ni bebidas a personas inconscientes o heridos en el vientre.



- **NUNCA** despegar los restos de vestimentas pegados a la piel de los quemados, ni abrir las ampollas.
- **NUNCA** aplicar torniquetes, si no es absolutamente necesario.
- **NUNCA** elevar la cabeza, ni con almohadas, de los que sufran desvanecimientos.
- **NUNCA** tocar a un electrocutado que esté en contacto con la electricidad.
- **NUNCA** tocar la parte de apósitos, gasas, etc.. que vaya a quedar en contacto con la herida.
- **NUNCA** hacer vendajes excesivamente apretados.

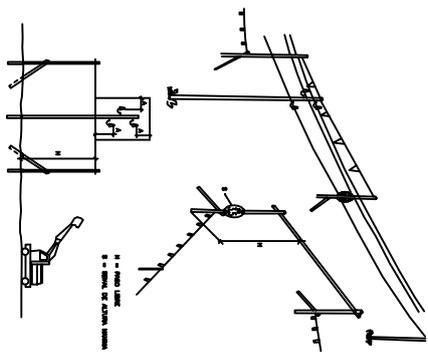
#### **5.1.12. PLANOS**

##### **5.1.12.1. Señales I.**

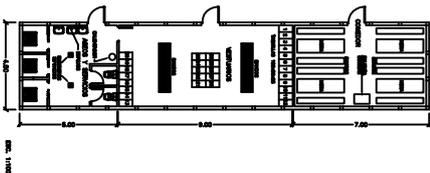
##### **5.1.12.2. Señales II.**

##### **5.1.12.3. Señales III.**

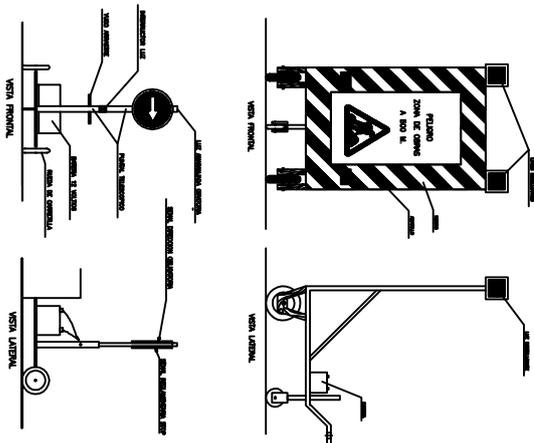
PERFIDO DE BALIZAMIENTO DE LINEAS AERIAS



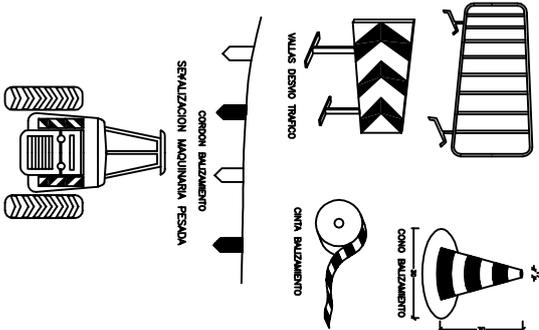
MODELO DE INSTALACION PARA COMEDOR, VESTIBULO Y SERVICIOS HIGIENICOS DE OBRA



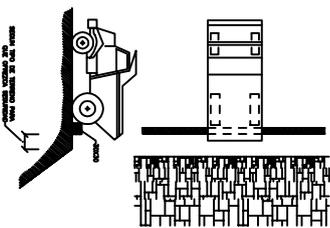
SEÑAL PORTANTIL PARA REGULACION DEL TRAFICO EN CARRETERA



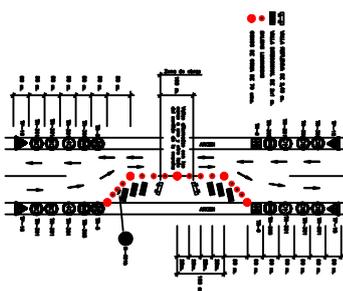
SEÑALIZACION



TOPE DE RETROCESO DE VERTIDO DE TIERRAS



SEÑALIZACION DE OBRAS EN LA CALZADA



Simbolos de Señalización

CÓDIGO	SÍMBOLO	DESCRIPCION
2a-1		SEÑAL RECTANGULAR AZUL
2a-2		SEÑAL RECTANGULAR AMARILLA
2a-3		SEÑAL RECTANGULAR ROJA
2a-4		SEÑAL RECTANGULAR VERDE
2a-5		SEÑAL DE ZONA DE OBRAS A 500 M.
2a-6		SEÑAL DE OBRAS
2a-7		SEÑAL DE OBRAS EN OBRA
2a-8		SEÑAL PARA OBRAS EN OBRA

Simbolos de Señalización

CÓDIGO	SÍMBOLO	DESCRIPCION
2a-9		SEÑAL CIRCULAR ROJA
2a-10		SEÑAL CIRCULAR AMARILLA
2a-11		SEÑAL CIRCULAR AZUL
2a-12		SEÑAL CIRCULAR VERDE
2a-13		SEÑAL CIRCULAR ROJA
2a-14		SEÑAL CIRCULAR AMARILLA

Simbolos de Señalización

CÓDIGO	SÍMBOLO	DESCRIPCION
2a-15		SEÑAL TRIANGULAR ROJA
2a-16		SEÑAL TRIANGULAR AMARILLA
2a-17		SEÑAL TRIANGULAR AZUL
2a-18		SEÑAL TRIANGULAR VERDE
2a-19		SEÑAL TRIANGULAR ROJA
2a-20		SEÑAL TRIANGULAR AMARILLA

Simbolos de Señalización

CÓDIGO	SÍMBOLO	DESCRIPCION
2a-21		SEÑAL CIRCULAR ROJA
2a-22		SEÑAL CIRCULAR AMARILLA
2a-23		SEÑAL CIRCULAR AZUL
2a-24		SEÑAL CIRCULAR VERDE
2a-25		SEÑAL CIRCULAR ROJA
2a-26		SEÑAL CIRCULAR AMARILLA

# EN CADA CASO SE EMPLEARÁN LAS SEÑALIZACIONES ADECUADAS

Proyecto		SFCVCR 300 MW COMERCIAL DE GRANULOS, Epia de los Caballeros, Zaragoza	
Titulo		señalización 1	
Tipo de archivo: AUTOCAD 2007 / Archivo			
Ejecutor		Ejecutor	
Dipco. Técnico	Nombre	Fecha	Firma
Realizado	Ramiro Caballero		
Revisado			
Aprobado			
Escala		Edición: 1	
Plano nº 2			







Analizamos a continuación los riesgos previsibles inherentes a las actividades de ejecución previstas, así como las derivadas del uso de maquinaria, medios auxiliares y manipulación de instalaciones, maquinas o herramientas eléctricas.

Siempre que sea posible se dará prioridad al uso de protecciones colectivas, ya que su efectividad es muy superior a la de las protecciones personales. Sin excluir el uso de estas últimas, las protecciones colectivas previstas, en función de los riesgos enunciados, son los siguientes:

### **5.1.13. Riesgos generales.**

Entendemos como riesgos generales aquellos que pueden afectar a todos los trabajadores, independientemente de la actividad concreta que realicen.

Se prevé que puedan darse los siguientes:

- Caídas de objetos o componentes sobre personas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Proyecciones de partículas a los ojos.
- Conjuntivitis por arco de soldadura u otros.
- Heridas en manos o pies por manejo de materiales.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes y cortes por manejo de herramientas.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamiento entre objetos.
- Quemaduras por contactos térmicos.
- Exposición a descargas eléctricas.
- Incendios y explosiones.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas, vehículos o equipos.
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento.

#### **Protecciones Colectivas:**

- Se montará Protección Mecánica en los huecos por los que pudiera producirse caída de personas.
- En cada tajo de trabajo, se dispondrá de, al menos, un extintor portátil de polvo polivalente.
- Si algún puesto de trabajo generase riesgo de proyecciones (de partículas, o por arco de soldadura) a terceros se colocarán mamparas opacas de material ignífugo.
- Si se realizasen trabajos con proyecciones incandescentes en proximidad de materiales combustibles, se retirarán estos o se protegerán con lona ignífuga.
- Se mantendrán ordenados los materiales, cables y mangueras para evitar el riesgo de golpes o caídas al mismo nivel por esta causa.
- Los restos de materiales generados por el trabajo se retirarán periódicamente para mantener limpias las zonas de trabajo.

#### **5.1.13.1. Riesgos y medidas específicas.**

Nos referimos aquí a los riesgos propios de actividades concretas que afectan solo al personal que realiza trabajos en las mismas.

Este personal estará expuesto a los riesgos generales indicados en el punto 5.1., más los específicos de su actividad.



A tal fin analizamos a continuación las actividades más significativas.

#### **5.1.13.1.1. Trabajos con ferralla.**

##### **5.1.13.1.1.1. Riesgos más comunes.**

- Cortes y heridas en el manejo de las barras o alambres.
- Atrapamientos en las operaciones de carga y descarga de paquetes de barras o en la colocación de las mismas.
- Torcedura de pies, tropiezos y caídas al mismo nivel al caminar sobre las armaduras.
- Roturas eventuales de barras durante el doblado.

##### **5.1.13.1.1.2. Medidas específicas.**

- Los paquetes de redondos se acopiarán en posición horizontal, separando las capas con durmientes de madera y evitando alturas de pilas superiores a 1.50m.
- No se permitirá trepar por las armaduras.
- Se colocarán tableros para circular por las armaduras de ferralla.
- No se emplearán elementos o medios auxiliares (escaleras, ganchos, etc.) hechos con trozos de ferralla soldada.
- Diariamente se limpiará la zona de trabajo, recogiendo y retirando los recortes y alambres del armado.

#### **5.1.13.1.2. Trabajos de encofrado y desencofrado.**

##### **5.1.13.1.2.1. Riesgos más comunes.**

- Desprendimiento de tableros.
- Pinchazos con objetos punzantes.
- Caída de materiales (tableros, tablones, puntales, etc.)
- Caída de elementos del encofrado durante las operaciones de desencofrado.
- Cortes y heridas en manos por manejo de herramientas (sierras, cepillos, etc.) y materiales.

##### **5.1.13.1.2.2. Medidas específicas.**

- El ascenso y descenso a los encofrados se hará con escaleras de mano reglamentarias.
- No permanecerán operarios en la zona de influencia de las cargas durante las operaciones de izado y traslado de tableros, puntales, etc.
- Se sacarán o remacharán todos los clavos o puntas existentes en la madera usada.
- El desencofrado se realizará siempre desde el lado en que no puedan desprenderse los tableros y arrastrar al operario.

#### **5.1.13.1.3. Trabajos con hormigón.**

##### **5.1.13.1.3.1. Riesgos más comunes.**

- Salpicaduras de hormigón a los ojos.
- Hundimiento, rotura o caída de encofrados.
- Torceduras de pies, pinchazos, tropiezos y caídas al mismo y a distinto nivel, al moverse sobre las estructuras.



- Dermatitis en la piel.
- Aplastamiento o atropellamiento por fallo de entibaciones.
- Lesiones musculares por el manejo de vibradores.
- Electrocutación por ambientes húmedos.

#### 5.1.13.1.3.2. Medidas específicas.

- Vertidos mediante canaleta:
  - Instalar topes de final de recorrido de los camiones hormigonera para evitar vuelcos.
  - No situarse ningún operario detrás de los camiones hormigonera en las maniobras de retroceso.
- Vertidos mediante cubo con grúa:
  - Señalizar con pintura el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible de la grúa.
  - No permanecer ningún operario bajo la zona de influencia del cubo durante las operaciones de izado y transporte de este con la grúa.
  - La apertura del cubo para vertido se hará exclusivamente accionando la palanca prevista para ello. Para realizar tal operación se usarán, obligatoriamente, guantes, gafas y, cuando exista riesgo de caída, cinturón de seguridad.
  - El guiado del cubo hasta su posición de vertido se hará siempre a través de cuerdas guía.

#### 5.1.13.1.4. Maniobras de izado, situación en obra y montaje de equipos y materiales

##### 5.1.13.1.4.1. Riesgos más comunes.

- Caída de materiales, equipos o componentes de los mismos por fallo de los medios de elevación o error en la maniobra.
- Caída de pequeños objetos o materiales sueltos (cantoneras, herramientas, etc.) sobre personas.
- Caída de personas desde altura en operaciones de estrobo o desestrobo de las piezas.
- Atrapamientos de manos o pies.
- Aprisionamiento o aplastamiento de personas por movimientos incontrolados de la carga.
- Golpes de equipos, en su izado y transporte, contra otras instalaciones (estructuras, líneas eléctricas, viviendas, etc.)
- Caída o vuelco de los medios de elevación.

##### 5.1.13.1.4.2. Medidas específicas.

- No se permitirá, bajo ningún concepto, el acceso de cualquier persona a la zona señalizada y acotada en la que realicen maniobras con cargas suspendidas.
- El guiado de las cargas o equipos para su ubicación definitiva, se hará siempre mediante cuerdas guía manejadas desde lugares fuera de la zona de influencia de su posible caída, y no se accederá a dicha zona hasta el momento justo de efectuar su acople o posicionamiento.



- Se taparán o protegerán con medios mecánicos los huecos que se generen en el proceso de montaje.
- Se ensamblarán a nivel de suelo, en la medida que lo permita la zona de montaje y capacidad de las grúas, los módulos de estructuras con el fin de reducir en lo posible el número de horas de trabajo en altura y sus riesgos.
- La zona de trabajo, sea de taller o de campo, se mantendrá siempre limpia y ordenada.
- Los equipos y estructuras permanecerán arriostradas, durante toda la fase de montajes hasta que no se efectúe la sujeción definitiva, para garantizar su estabilidad en las peores condiciones previsibles.
- Los andamios que se utilicen cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en la O.G.S.H.T.
- Se instalarán cuerdas o cables fiadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar plataformas de trabajo con barandilla, o sea necesario el desplazamiento de operarios sobre la estructura. En estos casos se utilizarán cinturones de caída, con arnés provistos de absorción de energía.

#### *5.1.13.1.5. Máquinas y medios auxiliares.*

Analizamos en este apartado los riesgos que además de los generales, pueden presentarse en el uso de la maquinaria y medios auxiliares.

Diferenciamos estos riesgos clasificándolos de la forma siguiente.

#### 5.1.13.1.5.1. Riesgos más comunes.

##### **Máquinas fijas y herramientas eléctricas.**

- Accidentes por contactos, tanto directos como indirectos.
- Caídas de personal al mismo, o distinto nivel por desorden de mangueras.
- Lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones de máquinas giratorias o de corte.
- Proyecciones de partículas.

##### **Medios de Elevación.**

- Caída de la carga por deficiente estrobado o maniobra.
- Rotura de cable, gancho, grillete, o cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Golpes o aplastamientos por movimientos de la carga.
- Exceso de carga con la consiguiente rotura, o vuelco, del medio correspondiente.
- Fallo de elementos mecánicos o eléctricos.
- Caída de personas a distinto nivel durante las operaciones de movimiento de cargas.

##### **Andamios, Plataformas y Escaleras.**

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caída del andamio por vuelco.
- Vuelcos o deslizamientos de escaleras.
- Los derivados de padecimiento de enfermedades, no detectadas (epilepsia, vértigo, etc.).

##### **Equipos de soldadura eléctrica y oxiacetilénica.**



- Incendios.
- Quemaduras.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos.
- Explosión de botellas de gases.
- Proyecciones incandescentes, o de cuerpos extraños.
- Contacto con la energía eléctrica.

#### 5.1.13.1.5.2. Medidas específicas.

##### **Para evitar la caída de objetos:**

- Coordinar los trabajos de forma que no se realicen trabajos superpuestos.
- Ante la necesidad de trabajos en la misma vertical, poner las oportunas protecciones (redes, marquesinas, etc.).
- Controlar la zona donde se realicen maniobras con cargas suspendidas, hasta que estas se encuentren totalmente apoyadas.
- Emplear cuerdas para el guiado de cargas suspendidas, que serán manejadas desde fuera de la zona sólo cuando la carga esté prácticamente arriada.

##### **Para evitar la caída de personas:**

Colocarán protecciones mecánicas en los huecos existentes en forjados, así como en paramentos verticales si estos son accesibles o están a menos de 1,5 m. del suelo.

Las barandillas que se quiten o huecos que se destapen para introducción de equipos, etc., se mantendrán prácticamente controlados y señalizados durante la maniobra, reponiéndose las correspondientes protecciones nada mas finalizar estas.

Los andamios que se utilicen (molduras o tubulares) cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en la O.G.S.H.T., destacando entre otras:

- Superficie de apoyo horizontal y resistente.
- Si son móviles, las ruedas estarán bloqueadas y no se trasladarán con personas sobre las mismas.
- No sobrecargar la plataformas de trabajo y mantenerlas limpias y libres de obstáculos.
- En altura (mas de 2 m) es obligatorio utilizar cinturón de seguridad, siempre que no existan protecciones (barandillas) que impidan la caída, el cual estará anclado a elementos, fijos, móviles, definitivos o provisionales, de suficiente resistencia.
- Se instalarán cuerdas o cables fijadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar barandillas de protección, o bien sea necesario el desplazamiento de los operarios sobre estructuras o cubiertas. En este caso se utilizarán cinturones de caída, con arnés provistos de absorción de energía.
- Las escaleras de mano cumplirán, como mínimo, las siguientes condiciones:
  - No tendrán rotos ni astillados largueros o peldaños. Dispondrán de zapatas antideslizantes.
  - La superficie de apoyo inferior y superior serán planas y resistentes.



- Fijación o amarre por su cabeza en casos especiales y usar el cinturón de seguridad anclado a un elemento ajeno a esta.
- Colocarla con la inclinación adecuada.
- Con las escaleras de tijera, ponerle tope o cadena para que no se abran, no usarlas plegadas y no ponerse a caballo en ellas.

#### **5.1.13.1.6. Instalaciones eléctricas provisionales.**

La acometida eléctrica general alimentará una serie de cuadros de distribución de los distintos contratistas, los cuales se colocarán estratégicamente para el suministro de corriente a sus correspondientes instalaciones, equipos y herramientas propias de los trabajos.

##### **5.1.13.1.6.1. Riesgos más comunes.**

Los riesgos implícitos a estas instalaciones son los característicos de los trabajos y manipulación de elementos (cuadros, conductores, etc.) y herramientas eléctricas, que pueden producir accidentes por contactos tanto directos como indirectos.

##### **5.1.13.1.6.2. Medidas específicas.**

Serán estancos, y estarán dotados de las siguientes protecciones:

- Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Diferencial de 30 mA para las tomas monofásicas que alimentan herramientas o útiles portátiles.
- Los conductores aislados utilizados tanto para acometidas como para instalaciones, serán de 1.000 voltios de tensión nominal como mínimo.
- Los prolongadores, clavijas y conexiones serán de tipo intemperie con tapas de seguridad en tomas de corriente hembras y de características tales que aseguren el aislamiento, incluso en el momento de conectar y desconectar.
- Los cables eléctricos serán del tipo intemperie sin presentar fisuras y de suficiente resistencia a esfuerzos mecánicos.
- Los empalmes y aislamientos en cables se harán con manguitos y cintas aislantes vulcanizadas.
- Las zonas de paso se protegerán contra daños mecánicos.

#### **5.1.14. PROTECCIONES PERSONALES**

Como complemento de las protecciones colectivas será obligatorio el uso de las protecciones personales. Los mandos intermedios y el personal de seguridad vigilarán y controlarán la correcta utilización de estas prendas de protección.

Se prevé el uso, en mayor o menor grado, de las siguientes protecciones personales:

- Casco.
- Pantalla facial transparente.
- Pantalla de soldador con visor abatible y cristal inactínico.
- Mascarillas faciales según necesidades.
- Mascarillas desechables de papel.
- Guantes de varios tipos (montador, soldador, aislante, goma, etc.).
- Cinturón de seguridad.



- Absorbedores de energía.
- Chaqueta, peto, manguitos y polainas de cuero.
- Gafas de varios tipos (contraimpactos, sopeletero, etc.).
- Calzado de seguridad, adecuado a cada uno de los trabajos.
- Protecciones auditivas (cascos o tapones).
- Ropa de trabajo.

Todas las protecciones personales cumplirán la Normativa Europea (CE) relativa a Equipos de Protección Individual (EPI).

Todos los equipos de Protección Individual (EPI) cumplirán lo establecido en el R.D. 1470/92 de 20 de Noviembre, y modificaciones posteriores, por el que se adoptan en Todos los Equipos de Protección Individual (EPI) cumplirán lo establecido en el R.I. España los criterios de la Normativa Europea (Directiva 89/656/CE).

Dispondrán del consiguiente certificado y contendrá de forma visible el sello (CE) correspondiente.

### **5.1.15. FORMACIÓN PERSONAL**

Su objetivo es informar a los trabajadores de los riesgos propios de los trabajos que van a realizar, darles a conocer las técnicas preventivas y mantener el espíritu de seguridad de todo el personal.

#### **5.1.15.1. Charla de seguridad y primeros auxilios para personal de ingreso en obra.**

Todo el personal, antes de comenzar sus trabajos, deberá asistir a una charla en la que será informado de los riesgos generales de la obra, de las medidas previstas para evitarlos, de las Normas de Seguridad de obligado cumplimiento y de aspectos generales de Primeros Auxilios.

#### **5.1.15.2. Charlas sobre riesgos específicos.**

Dirigidas a los grupos de trabajadores sujetos a riesgos concretos en función de las actividades que desarrollen. Serán impartidas por los Mandos directos de los trabajos o Técnicos de Seguridad.

Si, sobre la marcha de los trabajos, se detectasen situaciones de especial riesgo en determinadas profesiones o fases de trabajo, se programarían Charlas Específicas, impartidas por el Técnico de Seguridad encaminadas a divulgar las medidas de protección necesarias en las actividades a que se refieran.

Entre los temas más importantes a desarrollar en estas charlas estarán los siguientes:

- Riesgos eléctricos.
- Trabajos en altura.
- Riesgos de soldadura eléctrica y oxicorte.
- Uso de máquinas, manejo de herramientas.
- Manejo de cargas de forma manual y con medios mecánicos.
- Empleo de andamios, plataformas, escaleras y líneas de vida.



### **5.1.16. MEDICINA ASISTENCIAL.**

Partiendo de la imposibilidad humana de conseguir el nivel de riesgo cero, es necesario prever las medidas que disminuyan las consecuencias de los accidentes que, inevitablemente puedan producirse. Esto se llevará a cabo a través de tres situaciones:

- Control médico de los empleados.
- La organización de medios de actuación rápida y primeros auxilios a accidentados.
- La medicina asistencial en caso de accidente o enfermedad profesional.

#### **5.1.16.1. Control médico.**

Tal como establece la legislación Vigente, todos los trabajadores que intervengan en la construcción de las obras objeto de este Estudio, pasarán los reconocimientos médicos previstos en función del riesgo a que, por su oficio u ocupación, vayan a estar sometidos.

#### **5.1.16.2. Medios de actuación y primeros auxilios.**

La primera asistencia médica a los posibles accidentados será realizada por los Servicios Médicos de la Mutua Laboral concertada por cada contratista o, cuando la gravedad o tipo de asistencia lo requiera por los Servicios de Urgencia de los Hospitales Públicos o Privados más próximos.

En la obra se dispondrá, en todo momento, de un vehículo para hacer una evacuación inmediata, y de un Botiquín y, además, habrá personal con unos conocimientos básicos de Primeros Auxilios, con el fin de actuar en casos de urgente necesidad.

Así mismo se dispondrá, igualmente, en obra de una “nota” escrita, colocada en un lugar visible y de la que se informará y dará copia a todos los contratistas, que contendrá una relación con las direcciones y teléfonos de los Hospitales, ambulancias y médicos locales.

### **5.1.17. REVISIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD**

Con el fin de comprobar la correcta aplicación del Plan de Seguridad, el Coordinador de Seguridad durante la Obra realizará cuantas visitas e inspecciones considere oportunas.

En el caso de efectuarse alguna anotación en el libro de incidencias el Coordinador de Seguridad estará obligado a remitir en el plazo de 24 horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realice la Obra.

# ***MEDIA TENSIÓN***



## **5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **5.2. Media Tensión**

#### **5.2.1. Objeto**

El presente Estudio de Seguridad y Salud Laboral tiene por objeto establecer las directrices generales encaminadas a disminuir en lo posible, los riesgos de accidentes laborales y enfermedades profesionales así como la minimización de las consecuencias de los accidentes que se produzcan durante la ejecución de los trabajos del proyecto objeto de estudio.

#### **5.2.2. NORMATIVA**

Para la realización del presente estudio se ha tenido en cuenta la siguiente Normativa:

- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre sobre los criterios de planificación, control y desarrollo de los medios y medidas de Seguridad y Salud que deben tenerse presentes en la Ejecución de los Proyectos de Construcción.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.M. 9 de Marzo de 1971), en los Capítulos y Artículos no derogados por la Ley 31/95.
- Notificación de accidentes de trabajo (O.M. 16 de Diciembre de 1.987)

#### **5.2.3. ALCANCE**

Las medidas contempladas en este Estudio alcanzan a todos los trabajos a realizar en el citado proyecto, y aplica la obligación de su cumplimiento a todas las personas que intervengan en la ejecución de los mismos.

#### **5.2.4. DATOS GENERALES**

##### **5.2.4.1. Tipo de trabajo.**

El trabajo a realizar, por Contratistas de distintas especialidades, en la ejecución del Proyecto de CENTRO DE TRANSFORMACION INTEMPERIE EN EL T.M. DE EJEJA (PROVINCIA DE ZARAGOZA), consiste básicamente en el desarrollo de las siguientes fases principales de construcción:

- Pequeña Obra Civil.
- Montaje de estructuras metálicas.
- Montaje de contenedores prefabricados.
- Montaje de la instalación eléctrica B.T.
- Montaje de Cuadros, cableado y conexionado.
- Pruebas y Puesta en Marcha de los distintos Equipos y Sistemas.

##### **5.2.4.2. Actividades principales.**

Las actividades principales a ejecutar en el desarrollo de los trabajos detallados son, básicamente, las siguientes:

- Replanteo, Excavación y Cimentación.
- Manipulación de materiales.
- Transporte de materiales y equipos dentro de la obra.
- Montaje de estructuras y cerramientos.
- Maniobra de izado, situación en obra y montaje de equipos y materiales.
- Tendido y conexionado de cables.



- Montaje de Instalaciones.
- Suelos y Acabados.

Más adelante analizaremos los riesgos previsibles inherentes a los mismos, y describiremos las medidas de protección previstas en cada caso.

#### **5.2.4.3. Climatología.**

La climatología de la zona es de tipo continental, con inviernos fríos y veranos calurosos.

#### **5.2.4.4. Plazo de ejecución.**

El periodo de tiempo estimado para la ejecución de las obras del citado Proyecto es de 10 días.

#### **5.2.4.5. Número de operarios previstos.**

El número aproximado de trabajadores totales previstos, para realizar las distintas actividades del Proyecto, serán unos 8, estimándose una punta máxima de 6

#### **5.2.4.6. Oficios.**

La mano de obra directa prevista la compondrán trabajadores de los siguientes oficios:

- Jefes de Equipo, Mandos de Brigada.
- Albañiles
- Montadores de estructuras metálicas
- Montadores de equipos e instalaciones eléctricas
- Soldadores
- Cableadores y Conexionistas
- Pintores
- Gruistas y Maquinistas
- Especialistas de acabados diversos
- Ayudantes

La mano de obra indirecta estará compuesta por:

- Jefes de Obra
- Técnicos de ejecución/Control de Calidad/Seguridad
- Encargados
- Administrativos

#### **5.2.4.7. Maquinaria y medios auxiliares.**

La maquinaria y los medios auxiliares más significativos que se prevé utilizar para la ejecución de los trabajos objeto del presente Estudio, son los que se relacionan a continuación.

- Equipo de soldadura eléctrica.
- Equipo de soldadura oxiacetilénica -oxicorte.
- Camión de transporte.
- Grúa móvil.
- Camión grúa.
- Cabestrante de izado.
- Pistolas de fijación.
- Taladradoras de mano.
- Cortatubos.
- Curvadoras de tubos.



- Radiales y esmeriladoras.
- Tracteles, poleas, aparejos, eslingas, grilletes, etc.
- Martillo rompedor y picador, etc.

Entre los medios auxiliares cabe mencionar los siguientes:

- Andamios sobre borriquetas.
- Andamios metálicos modulares.
- Escaleras de tijera.
- Cuadros eléctricos auxiliares.
- Instalaciones eléctricas provisionales.
- Herramientas de mano.
- Bancos de trabajo.

Equipos de medida

- Comprobador de secuencia de fases.
- Medidor de aislamiento
- Medidor de tierras.
- Pinzas amperimétricas.

#### **5.2.4.8. Instalaciones eléctricas provisionales.**

Para el suministro de energía a las máquinas y herramientas eléctricas propias de los trabajos objeto del presente Estudio, los contratistas instalarán cuadros de distribución con toma de corriente en las instalaciones de la propiedad o alimentados mediante grupos electrógenos.

#### **5.2.5. ANÁLISIS DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS**

Analizamos a continuación los riesgos previsibles inherentes a las actividades de ejecución previstas, así como las derivadas del uso de maquinaria, medios auxiliares y manipulación de instalaciones, máquinas o herramientas eléctricas.

Siempre que sea posible se dará prioridad al uso de protecciones colectivas, ya que su efectividad es muy superior a la de las protecciones personales. Sin excluir el uso de estas últimas, las protecciones colectivas previstas, en función de los riesgos enunciados, son los siguientes:

##### **5.2.5.1. Riesgos generales.**

Entendemos como riesgos generales aquellos que pueden afectar a todos los trabajadores, independientemente de la actividad concreta que realicen.

Se prevé que puedan darse los siguientes:

- Caídas de objetos o componentes sobre personas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Proyecciones de partículas a los ojos.
- Conjuntivitis por arco de soldadura u otros.
- Heridas en manos o pies por manejo de materiales.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes y cortes por manejo de herramientas.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamiento entre objetos.



- Quemaduras por contactos térmicos.
- Exposición a descargas eléctricas.
- Incendios y explosiones.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas, vehículos o equipos.
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento.

#### **Protecciones Colectivas:**

- Se montará Protección Mecánica en los huecos por los que pudiera producirse caída de personas.
- En cada tajo de trabajo, se dispondrá de, al menos, un extintor portátil de polvo polivalente.
- Si algún puesto de trabajo generase riesgo de proyecciones (de partículas, o por arco de soldadura) a terceros se colocarán mamparas opacas de material ignífugo.
- Si se realizasen trabajos con proyecciones incandescentes en proximidad de materiales combustibles, se retirarán estos o se protegerán con lona ignífuga.
- Se mantendrán ordenados los materiales, cables y mangueras para evitar el riesgo de golpes o caídas al mismo nivel por esta causa.
- Los restos de materiales generados por el trabajo se retirarán periódicamente para mantener limpias las zonas de trabajo.

#### **5.2.5.2. Riesgos y medidas específicas.**

Nos referimos aquí a los riesgos propios de actividades concretas que afectan solo al personal que realiza trabajos en las mismas.

Este personal estará expuesto a los riesgos generales indicados en el punto 5.1., más los específicos de su actividad.

A tal fin analizamos a continuación las actividades más significativas.

##### **5.2.5.2.1. Trabajos con ferralla.**

###### **5.2.5.2.1.1. Riesgos más comunes.**

- Cortes y heridas en el manejo de las barras o alambres.
- Atrapamientos en las operaciones de carga y descarga de paquetes de barras o en la colocación de las mismas.
- Torcedura de pies, tropiezos y caídas al mismo nivel al caminar sobre las armaduras.
- Roturas eventuales de barras durante el doblado.

###### **5.2.5.2.1.2. Medidas específicas.**

- Los paquetes de redondos se acopiarán en posición horizontal, separando las capas con durmientes de madera y evitando alturas de pilas superiores a 1.50m.
- No se permitirá trepar por las armaduras.
- Se colocarán tableros para circular por las armaduras de ferralla.
- No se emplearán elementos o medios auxiliares (escaleras, ganchos, etc.) hechos con trozos de ferralla soldada.
- Diariamente se limpiará la zona de trabajo, recogiendo y retirando los recortes y alambres del armado.

##### **5.2.5.2.2. Trabajos de encofrado y desencofrado.**



#### 5.2.5.2.2.1. Riesgos más comunes.

- Desprendimiento de tableros.
- Pinchazos con objetos punzantes.
- Caída de materiales (tableros, tablones, puntales, etc.)
- Caída de elementos del encofrado durante las operaciones de desencofrado.
- Cortes y heridas en manos por manejo de herramientas (sierras, cepillos, etc.) y materiales.

#### 5.2.5.2.2.2. Medidas específicas.

- El ascenso y descenso a los encofrados se hará con escaleras de mano reglamentarias.
- No permanecerán operarios en la zona de influencia de las cargas durante las operaciones de izado y traslado de tableros, puntales, etc.
- Se sacarán o remacharán todos los clavos o puntas existentes en la madera usada.
- El desencofrado se realizará siempre desde el lado en que no puedan desprenderse los tableros y arrastrar al operario.

#### 5.2.5.2.3. Trabajos con hormigón.

##### 5.2.5.2.3.1. Riesgos más comunes.

- Salpicaduras de hormigón a los ojos.
- Hundimiento, rotura o caída de encofrados.
- Torceduras de pies, pinchazos, tropiezos y caídas al mismo y a distinto nivel, al moverse sobre las estructuras.
- Dermatitis en la piel.
- Aplastamiento o atropellamiento por fallo de entibaciones.
- Lesiones musculares por el manejo de vibradores.
- Electrocutión por ambientes húmedos.

##### 5.2.5.2.3.2. Medidas específicas.

- Vertidos mediante canaleta:
  - Instalar topes de final de recorrido de los camiones hormigonera para evitar vuelcos.
  - No situarse ningún operario detrás de los camiones hormigonera en las maniobras de retroceso.
- Vertidos mediante cubo con grúa:
  - Señalizar con pintura el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible de la grúa.
  - No permanecer ningún operario bajo la zona de influencia del cubo durante las operaciones de izado y transporte de este con la grúa.
  - La apertura del cubo para vertido se hará exclusivamente accionando la palanca prevista para ello. Para realizar tal operación se usarán, obligatoriamente, guantes, gafas y, cuando exista riesgo de caída, cinturón de seguridad.
  - El guiado del cubo hasta su posición de vertido se hará siempre a través de cuerdas guía.



#### 5.2.5.2.4. *Maniobras de izado, situación en obra y montaje de equipos y materiales*

##### 5.2.5.2.4.1. Riesgos más comunes.

- Caída de materiales, equipos o componentes de los mismos por fallo de los medios de elevación o error en la maniobra.
- Caída de pequeños objetos o materiales sueltos (cantoneras, herramientas, etc.) sobre personas.
- Caída de personas desde altura en operaciones de estrobadado o desestrobadado de las piezas.
- Atrapamientos de manos o pies.
- Aprisionamiento o aplastamiento de personas por movimientos incontrolados de la carga.
- Golpes de equipos, en su izado y transporte, contra otras instalaciones (estructuras, líneas eléctricas, viviendas, etc.)
- Caída o vuelco de los medios de elevación.

##### 5.2.5.2.4.2. Medidas específicas.

- No se permitirá, bajo ningún concepto, el acceso de cualquier persona a la zona señalizada y acotada en la que realicen maniobras con cargas suspendidas.
- El guiado de las cargas o equipos para su ubicación definitiva, se hará siempre mediante cuerdas guía manejadas desde lugares fuera de la zona de influencia de su posible caída, y no se accederá a dicha zona hasta el momento justo de efectuar su acople o posicionamiento.
- Se tapanán o protegerán con medios mecánicos los huecos que se generen en el proceso de montaje.
- Se ensamblarán a nivel de suelo, en la medida que lo permita la zona de montaje y capacidad de las grúas, los módulos de estructuras con el fin de reducir en lo posible el número de horas de trabajo en altura y sus riesgos.
- La zona de trabajo, sea de taller o de campo, se mantendrá siempre limpia y ordenada.
- Los equipos y estructuras permanecerán arriostradas, durante toda la fase de montajes hasta que no se efectúe la sujeción definitiva, para garantizar su estabilidad en las peores condiciones previsibles.
- Los andamios que se utilicen cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en la O.G.S.H.T.
- Se instalarán cuerdas o cables fiadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar plataformas de trabajo con barandilla, o sea necesario el desplazamiento de operarios sobre la estructura. En estos casos se utilizarán cinturones de caída, con arnés provistos de absorción de energía.

##### 5.2.5.2.5. *Máquinas y medios auxiliares.*

Analizamos en este apartado los riesgos que además de los generales, pueden presentarse en el uso de la maquinaria y medios auxiliares.



Diferenciamos estos riesgos clasificándolos de la forma siguiente.

#### 5.2.5.2.5.1. Riesgos más comunes.

##### **Máquinas fijas y herramientas eléctricas.**

- Accidentes por contactos, tanto directos como indirectos.
- Caídas de personal al mismo, o distinto nivel por desorden de mangueras.
- Lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones de máquinas giratorias o de corte.
- Proyecciones de partículas.

##### **Medios de Elevación.**

- Caída de la carga por deficiente estrobado o maniobra.
- Rotura de cable, gancho, grillete, o cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Golpes o aplastamientos por movimientos de la carga.
- Exceso de carga con la consiguiente rotura, o vuelco, del medio correspondiente.
- Fallo de elementos mecánicos o eléctricos.
- Caída de personas a distinto nivel durante las operaciones de movimiento de cargas.

##### **Andamios, Plataformas y Escaleras.**

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caída del andamio por vuelco.
- Vuelcos o deslizamientos de escaleras.
- Los derivados de padecimiento de enfermedades, no detectadas (epilepsia, vértigo, etc.).

##### **Equipos de soldadura eléctrica y oxiacetilénica.**

- Incendios.
- Quemaduras.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos.
- Explosión de botellas de gases.
- Proyecciones incandescentes, o de cuerpos extraños.
- Contacto con la energía eléctrica.

#### 5.2.5.2.5.2. Medidas específicas.

##### **Para evitar la caída de objetos:**

- Coordinar los trabajos de forma que no se realicen trabajos superpuestos.
- Ante la necesidad de trabajos en la misma vertical, poner las oportunas protecciones (redes, marquesinas, etc.).
- Controlar la zona donde se realicen maniobras con cargas suspendidas, hasta que estas se encuentren totalmente apoyadas.
- Emplear cuerdas para el guiado de cargas suspendidas, que serán manejadas desde fuera de la zona sólo cuando la carga esté prácticamente arriada.

##### **Para evitar la caída de personas:**

Colocarán protecciones mecánicas en los huecos existentes en forjados, así como en paramentos verticales si estos son accesibles o están a menos de 1,5 m. del suelo.



Las barandillas que se quiten o huecos que se destapen para introducción de equipos, etc., se mantendrán prácticamente controlados y señalizados durante la maniobra, reponiéndose las correspondientes protecciones nada mas finalizar estas.

Los andamios que se utilicen (molduras o tubulares) cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en la O.G.S.H.T., destacando entre otras:

- Superficie de apoyo horizontal y resistente.
- Si son móviles, las ruedas estarán bloqueadas y no se trasladarán con personas sobre las mismas.
- No sobrecargar la plataformas de trabajo y mantenerlas limpias y libres de obstáculos.
- En altura (mas de 2 m) es obligatorio utilizar cinturón de seguridad, siempre que no existan protecciones (barandillas) que impidan la caída, el cual estará anclado a elementos, fijos, móviles, definitivos o provisionales, de suficiente resistencia.
- Se instalarán cuerdas o cables fijadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar barandillas de protección, o bien sea necesario el desplazamiento de los operarios sobre estructuras o cubiertas. En este caso se utilizarán cinturones de caída, con arnés provistos de absorción de energía.
- Las escaleras de mano cumplirán, como mínimo, las siguientes condiciones:
  - No tendrán rotos ni astillados largueros o peldaños. Dispondrán de zapatas antideslizantes.
  - La superficie de apoyo inferior y superior serán planas y resistentes.
  - Fijación o amarre por su cabeza en casos especiales y usar el cinturón de seguridad anclado a un elemento ajeno a esta.
  - Colocarla con la inclinación adecuada.
  - Con las escaleras de tijera, ponerle tope o cadena para que no se abran, no usarlas plegadas y no ponerse a caballo en ellas.

#### 5.2.5.2.6. *Instalaciones eléctricas provisionales.*

La acometida eléctrica general alimentará una serie de cuadros de distribución de los distintos contratistas, los cuales se colocarán estratégicamente para el suministro de corriente a sus correspondientes instalaciones, equipos y herramientas propias de los trabajos.

##### 5.2.5.2.6.1. Riesgos más comunes.

Los riesgos implícitos a estas instalaciones son los característicos de los trabajos y manipulación de elementos (cuadros, conductores, etc.) y herramientas eléctricas, que pueden producir accidentes por contactos tanto directos como indirectos.

##### 5.2.5.2.6.2. Medidas específicas.

Serán estancos, y estarán dotados de las siguientes protecciones:

- Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.



- Diferencial de 30 mA para las tomas monofásicas que alimentan herramientas o útiles portátiles.
- Los conductores aislados utilizados tanto para acometidas como para instalaciones, serán de 1.000 voltios de tensión nominal como mínimo.
- Los prolongadores, clavijas y conexiones serán de tipo intemperie con tapas de seguridad en tomas de corriente hembras y de características tales que aseguren el aislamiento, incluso en el momento de conectar y desconectar.
- Los cables eléctricos serán del tipo intemperie sin presentar fisuras y de suficiente resistencia a esfuerzos mecánicos.
- Los empalmes y aislamientos en cables se harán con manguitos y cintas aislantes vulcanizadas.
- Las zonas de paso se protegerán contra daños mecánicos.

### **5.2.6. PROTECCIONES PERSONALES**

Como complemento de las protecciones colectivas será obligatorio el uso de las protecciones personales. Los mandos intermedios y el personal de seguridad vigilarán y controlarán la correcta utilización de estas prendas de protección.

Se prevé el uso, en mayor o menor grado, de las siguientes protecciones personales:

- Casco.
- Pantalla facial transparente.
- Pantalla de soldador con visor abatible y cristal inactínico.
- Mascarillas faciales según necesidades.
- Mascarillas desechables de papel.
- Guantes de varios tipos (montador, soldador, aislante, goma, etc.).
- Cinturón de seguridad.
- Absorbedores de energía.
- Chaqueta, peto, manguitos y polainas de cuero.
- Gafas de varios tipos (contraimpactos, sopeletero, etc.).
- Calzado de seguridad, adecuado a cada uno de los trabajos.
- Protecciones auditivas (cascos o tapones).
- Ropa de trabajo.

Todas las protecciones personales cumplirán la Normativa Europea (CE) relativa a Equipos de Protección Individual (EPI).

Todos los equipos de Protección Individual (EPI) cumplirán lo establecido en el R.D. 1470/92 de 20 de Noviembre, y modificaciones posteriores, por el que se adoptan en Todos los Equipos de Protección Individual (EPI) cumplirán lo establecido en el R.I. España los criterios de la Normativa Europea (Directiva 89/656/CE).

Dispondrán del consiguiente certificado y contendrá de forma visible el sello (CE) correspondiente.

### **5.2.7. FORMACIÓN PERSONAL**

Su objetivo es informar a los trabajadores de los riesgos propios de los trabajos que van a realizar, darles a conocer las técnicas preventivas y mantener el espíritu de seguridad de todo el personal.



### **5.2.7.1. Charla de seguridad y primeros auxilios para personal de ingreso en obra.**

Todo el personal, antes de comenzar sus trabajos, deberá asistir a una charla en la que será informado de los riesgos generales de la obra, de las medidas previstas para evitarlos, de las Normas de Seguridad de obligado cumplimiento y de aspectos generales de Primeros Auxilios.

### **5.2.7.2. Charlas sobre riesgos específicos.**

Dirigidas a los grupos de trabajadores sujetos a riesgos concretos en función de las actividades que desarrollen. Serán impartidas por los Mandos directos de los trabajos o Técnicos de Seguridad.

Si, sobre la marcha de los trabajos, se detectasen situaciones de especial riesgo en determinadas profesiones o fases de trabajo, se programarían Charlas Específicas, impartidas por el Técnico de Seguridad encaminadas a divulgar las medidas de protección necesarias en las actividades a que se refieran.

Entre los temas más importantes a desarrollar en estas charlas estarán los siguientes:

- Riesgos eléctricos.
- Trabajos en altura.
- Riesgos de soldadura eléctrica y oxicorte.
- Uso de máquinas, manejo de herramientas.
- Manejo de cargas de forma manual y con medios mecánicos.
- Empleo de andamios, plataformas, escaleras y líneas de vida.

### **5.2.8. MEDICINA ASISTENCIAL.**

Partiendo de la imposibilidad humana de conseguir el nivel de riesgo cero, es necesario prever las medidas que disminuyan las consecuencias de los accidentes que, inevitablemente puedan producirse. Esto se llevará a cabo a través de tres situaciones:

- Control médico de los empleados.
- La organización de medios de actuación rápida y primeros auxilios a accidentados.
- La medicina asistencial en caso de accidente o enfermedad profesional.

#### **5.2.8.1. Control médico.**

Tal como establece la legislación Vigente, todos los trabajadores que intervengan en la construcción de las obras objeto de este Estudio, pasarán los reconocimientos médicos previstos en función del riesgo a que, por su oficio u ocupación, vayan a estar sometidos.

#### **5.2.8.2. Medios de actuación y primeros auxilios.**

La primera asistencia médica a los posibles accidentados será realizada por los Servicios Médicos de la Mutua Laboral concertada por cada contratista o, cuando la gravedad o tipo de asistencia lo requiera por los Servicios de Urgencia de los Hospitales Públicos o Privados más próximos.



En la obra se dispondrá, en todo momento, de un vehículo para hacer una evacuación inmediata, y de un Botiquín y, además, habrá personal con unos conocimientos básicos de Primeros Auxilios, con el fin de actuar en casos de urgente necesidad.

Así mismo se dispondrá, igualmente, en obra de una "nota" escrita, colocada en un lugar visible y de la que se informará y dará copia a todos los contratistas, que contendrá una relación con las direcciones y teléfonos de los Hospitales, ambulancias y médicos locales.

#### **5.2.9. REVISIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD**

Con el fin de comprobar la correcta aplicación del Plan de Seguridad, el Coordinador de Seguridad durante la Obra realizará cuantas visitas e inspecciones considere oportunas.

En el caso de efectuarse alguna anotación en el libro de incidencias el Coordinador de Seguridad estará obligado a remitir en el plazo de 24 horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realice la Obra.

# CONCLUSIÓN



## 6. CONCLUSIÓN

El propósito fundamental de este proyecto es aumentar la calidad y seguridad del suministro eléctrico español, mejorar el respeto por el medio ambiente, fomentando el uso de energías limpias y renovables para dar cumplimiento a los compromisos internacionales que para España derivan del protocolo de Kioto.

La tecnología fotovoltaica actualmente tiene el inconveniente de no ser competitiva en costes frente a otras formas de producción eléctrica mediante grandes centrales. No obstante la producción mediante energía fotovoltaica reduciría las pérdidas del sistema al disminuir las pérdidas por transporte ya que como se ha podido comprobar se pueden realizar proyectos de generación utilizando las cubiertas de naves industriales acercando la generación a los lugares de consumo como son los polígonos industriales.

Las instalaciones de producción de energía eléctrica mediante tecnología fotovoltaica se encuentran reguladas, fundamentalmente, por la siguiente normativa:

Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo  
Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre  
Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre  
Real Decreto-ley 14/2010, de 23 de diciembre  
Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre,  
Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero

No obstante y en virtud del artículo 4 del Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, queda suspendido el procedimiento de inscripción en el Registro de preasignación previsto en el artículo 4.1 del Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de las solicitudes de instalaciones de tecnología fotovoltaica que hubieran sido presentadas a las convocatorias correspondientes a 2012 y sucesivos.

Dentro del mix energético de España y dadas las inmejorables condiciones climatológicas del país, la energía fotovoltaica debería ser una opción segura y factible dentro de nuestros sistemas de producción energética. Es necesaria una remodelación total de las leyes para que esta opción se convierta en una realidad.

# **BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS**



## **7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS**

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Decreto 842/2002, de 2 de Agosto) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- RD 1663/2000, de 29 de Septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- RD 661/2007 de 25 de Mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- RD 1578/2008, de 26 de Septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de Mayo, para dicha tecnología.
- RD 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE) y en concreto DB-HE-5.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red establecidas por el IDAE en su apartado destinado a Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica (PCT-C-Octubre 2002).
- Protocolo de Kioto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, Naciones Unidas 1998.
- RD Legislativo 1/2008, de 11 de Enero, que aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de Enero.
- RD 1627/1997, normativa de aplicación para la seguridad y salud en obras de construcción.

# **ANEXOS**



## **8. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA**

### **8.1. Configuración del sistema**

Cada planta fotovoltaica de 100kW de potencia nominal está constituida por 428 módulos de 250Wp totalizando una potencia pico de 107 kWp, distribuidos de la siguiente manera; dos inversores TRIO 27.6 de 30kW con 126 módulos cada uno siendo la potencia total pico conectada a cada inversor de 31,5kWp y dos inversores TRIO 20.0 de 20kW con 88 módulos cada uno, siendo la potencia total pico conectada a cada inversor de 22 kWp. La instalación en su conjunto consta de tres plantas fotovoltaicas iguales totalizando 1.284 módulos y 321 kWp.

La configuración eléctrica de los módulos será, según corresponda a cada tipo de inversor, de 6 ramas en paralelo, siendo la conexión de 3 ramas por cada seguidor de punto de máxima potencia, y 21 módulos en serie para cada inversor de 30kW y de 4 ramas en paralelo, siendo la conexión de 2 ramas por cada seguidor de punto de máxima potencia, y 22 módulos en serie para cada inversor de 20kW. Los módulos fotovoltaicos irán instalados sobre estructuras de tipo estático ancladas a la cubierta de la nave.

La Tabla 8.1\_1 resume la configuración de la planta en función de cada tipo de inversor:



## Diseño de una instalación fotovoltaica de 300 kW sobre cubierta

### CAMPO 1

#### Datos proyecto

Proyecto	FVCR 300kW Cubierta
Emplazamiento	Ejea de los Caballeros. ZARAGOZA

#### Datos de Radiación

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Latitud</td> <td style="text-align: center;">42,13°</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td style="text-align: center;">-1,14</td> </tr> </table>	Latitud	42,13°	Longitud	-1,14	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tipo de estructura</td> <td style="text-align: center;">Fija</td> </tr> <tr> <td>Orientación (<math>\alpha</math>)</td> <td style="text-align: center;">0°</td> </tr> <tr> <td>Inclinación (<math>\beta</math>)</td> <td style="text-align: center;">30°</td> </tr> </table>	Tipo de estructura	Fija	Orientación ( $\alpha$ )	0°	Inclinación ( $\beta$ )	30°
Latitud	42,13°										
Longitud	-1,14										
Tipo de estructura	Fija										
Orientación ( $\alpha$ )	0°										
Inclinación ( $\beta$ )	30°										

#### Datos técnicos

Módulo	ISF-250	Tipo de inversor	TRIO 27.6
Nº módulos serie	21	Potencia nominal	27,6 kW
Nº ramas paralelo / inversor	6	Potencia máxima	30 kW
Nº módulos / inversor	126	Potencia por inversor	31,5 kWp

#### Datos eléctricos

Rango de tensión de máxima potencia campo generador	455 - 761 V
Corriente máxima de entrada campo generador	49,32 A
Tensión máxima en circuito abierto campo generador	871 V

#### Datos globales

Nº total inversores	2	Area total Generador	417,57 m2
Nº Total Módulos	252	Potencia total Generador FV	63 kWp

### CAMPO 2

#### Datos proyecto

Proyecto	FVCR 300kW Cubierta
Emplazamiento	Ejea de los Caballeros. ZARAGOZA

#### Datos de Radiación

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Latitud</td> <td style="text-align: center;">42,13°</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td style="text-align: center;">-1,14</td> </tr> </table>	Latitud	42,13°	Longitud	-1,14	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tipo de estructura</td> <td style="text-align: center;">Fija</td> </tr> <tr> <td>Orientación (<math>\alpha</math>)</td> <td style="text-align: center;">0°</td> </tr> <tr> <td>Inclinación (<math>\beta</math>)</td> <td style="text-align: center;">30°</td> </tr> </table>	Tipo de estructura	Fija	Orientación ( $\alpha$ )	0°	Inclinación ( $\beta$ )	30°
Latitud	42,13°										
Longitud	-1,14										
Tipo de estructura	Fija										
Orientación ( $\alpha$ )	0°										
Inclinación ( $\beta$ )	30°										

#### Datos técnicos

Módulo	ISF-250	Tipo de inversor	TRIO 20.0
Nº módulos serie	22	Potencia nominal	20 kW
Nº ramas paralelo / inversor	4	Potencia máxima	22 kW
Nº módulos / inversor	88	Potencia por inversor	22kWp

#### Datos eléctricos

Rango de tensión de máxima potencia campo generador	476 - 797 V
Corriente máxima de entrada campo generador	32,88 A
Tensión máxima en circuito abierto campo generador	912,48 V

#### Datos globales

Nº total inversores	2	Area total Generador	291,64 m2
Nº Total Módulos	176	Potencia total Generador FV	44 kWp

Tabla 8.1\_1 Configuración de la planta fotovoltaica



### 8.1.1. Dimensionado del subgenerador fotovoltaico

#### 8.1.1.1. Número máximo de módulos por ramal

El valor máximo de la tensión de entrada al inversor corresponde a la tensión de circuito abierto del generador fotovoltaico cuando la temperatura del módulo es mínima. La temperatura del módulo mínima corresponde con una temperatura ambiente mínima, que definimos como -5°C y una irradiancia mínima de 100 W/m<sup>2</sup>. La temperatura de las células que componen el módulo en estas condiciones se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T_c = T_a + \frac{T_{ONC} - 20}{800 \text{ W/m}^2} \times G$$

Donde:

T<sub>c</sub> Temperatura de la célula (°C)

T<sub>a</sub> Temperatura ambiente (-5 °C)

T<sub>ONC</sub> Temperatura nominal de funcionamiento de la célula (45 +/- 2 °C)

I Irradiancia (100 W/m<sup>2</sup>)

Introduciendo los valores en la expresión y sustituyendo obtenemos un valor de:

$$\text{Temperatura de célula } T_c = -1,625 \text{ °C}$$

Por otra parte, la tensión en circuito abierto del generador fotovoltaico debe ser siempre inferior a la tensión máxima permitida de entrada al inversor, ya que si por algún motivo el inversor se desconectase de la red se puede dar una circunstancia de tensión en circuito abierto a la salida del ramal que provoque que el inversor se dañe.

Por ello el número de módulos por ramal máximos conectados en serie se debe calcular mediante el cociente entre la tensión máxima de entrada que admite el inversor y la tensión en circuito abierto del módulo a la temperatura mínima.

Para determinar la tensión a circuito abierto del módulo a la temperatura mínima del módulo utilizamos la siguiente expresión:

$$V_{co_{tmin}} = V_{co_{STC}} + [coef_{Vco} \times N_s \times (T_c - T_{amb_{STC}})]$$

Donde:

V<sub>co<sub>STC</sub></sub> Tensión de circuito abierto en condiciones estándar (STC) (37,8V)

Coef<sub>Vco</sub> coeficiente de temperatura de V<sub>co</sub> (-0,334%/K)

N<sub>s</sub> número de células en serie ( 60 células)

T<sub>c</sub> temperatura de célula ( -1,625 °C)

T<sub>amb<sub>STC</sub></sub> temperatura ambiente en condiciones STC (25°C)

Introduciendo los valores en la expresión y sustituyendo obtenemos un valor de:

$$V_{co_{tmin}} = 43,136V$$



El número máximo de módulos por ramal se calcula:

$$\frac{V_{max,abs}}{V_{CO_{tmin}}}$$

Donde:

$V_{max,abs}$  máxima tensión absoluta CC en la entrada del inversor (1.000V)  
 $V_{CO_{tmin}}$  tensión de circuito abierto para mínima temperatura (43,136V)

El valor máximo de tensión de entrada en CC de los inversores obtenido de las hojas de características es de 950V. Sustituyendo en la expresión anterior obtenemos un resultado de 22,023 módulos. Por lo tanto para asegurarnos de no superamos el valor de la tensión máxima de entrada al inversor el número máximo de módulos en serie por ramal sería de 22 módulos

### 8.1.1.2. Número mínimo de módulos por ramal

Cuando la tensión en el punto de máxima potencia del generador está por debajo de la tensión de entrada mínima del inversor, éste no será capaz de seguir el punto de máxima potencia del generador fotovoltaico o incluso, en el peor de los casos, puede que se llegase a apagar. La optimización de este cálculo sería el cálculo del número de módulos en serie que para las condiciones de tensión en el punto de máxima potencia para la máxima temperatura de trabajo estuviese por encima del umbral mínimo de la ventana donde el algoritmo de búsqueda del punto de máxima potencia del inversor trabaja correctamente

El número mínimo de módulos por ramal, por tanto, viene limitado por la tensión mínima de entrada al inversor y la tensión en el punto de máxima potencia del módulo a una temperatura ambiente de 45°C y una irradiancia de 800 W/m<sup>2</sup>

$$T_c = T_a + \frac{T_{ONC} - 20}{800 \text{ W/m}^2} \times G$$

Donde:

$T_c$  Temperatura de la célula (°C)  
 $T_a$  Temperatura ambiente (45 °C)  
 $T_{ONC}$  Temperatura nominal de funcionamiento de la célula (45 +/- 2 °C )  
 $I$  Irradiancia (800 W/m<sup>2</sup>)

Introduciendo los valores en la expresión y sustituyendo obtenemos un valor de:

$$\text{Temperatura de célula } T_c = 72 \text{ °C}$$

Para determinar la tensión en el punto de máxima potencia del módulo a la temperatura máxima de trabajo del sistema utilizamos la siguiente expresión:

$$V_{max_{tmax}} = V_{max_{STC}} + [coef_{V_{CO}} \times N_s \times (T_c - T_{amb_{STC}})]$$

Donde:

$V_{max_{STC}}$  Tensión en el punto de máxima potencia para STC (30,6V)  
 $Coef_{V_{CO}}$  coeficiente de temperatura de  $V_{CO}$  (-0,334%/K)  
 $N_s$  número de células en serie ( 60 células)  
 $T_c$  temperatura de célula ( 72 °C)  
 $T_{amb_{STC}}$  temperatura ambiente en condiciones STC (25°C)



Introduciendo los valores en la expresión y sustituyendo obtenemos un valor de:

$$V_{max_{tmax}} = 21,18V$$

El número mínimo de módulos por ramal se calcula:

$$\frac{V_{MPPT,min}}{V_{max_{tmax}}}$$

Donde:

$V_{MPPT,min}$  mínima tensión de funcionamiento óptimo del MPPT (480V) y (500V)  
 $V_{max_{tmax}}$  tensión de circuito abierto para mínima temperatura (21,18V)

El valor mínimo de tensión de entrada en CC a los inversores para que el algoritmo de búsqueda de máxima potencia (MPPT) funcione óptimamente obtenido de las hojas de características es de 480V para el modelo de inversor TRIO 20.0 y 500V para el modelo de inversor TRIO 27.6. Sustituyendo en la expresión anterior obtenemos un resultado de 22,6 módulos y 23,6 módulos respectivamente. Por lo tanto para asegurarnos de superar el valor de la tensión mínima de entrada al inversor el número mínimo de módulos en serie por ramal sería de 22 módulos para ambos casos ya que 23 módulos en serie entraría en discrepancia con la limitación de tensión máxima de entrada.

### 8.1.1.3. Número de ramales en paralelo

Dado que la corriente se ve afectada positivamente tanto por la irradiancia como por la temperatura, la corriente máxima de cortocircuito bajo unas condiciones de trabajo de 1.000 W/m<sup>2</sup> y 45°C de temperatura ambiente se calculará mediante la siguiente expresión:

$$I_{scT^a_{max}} = I_{sc} \cdot (1 + coef_{I_{sc}} \cdot (T_c - T_{c0})) \cdot \frac{G}{G_0}$$

Donde:

$I_{sc}$  Corriente de cortocircuito en condiciones STC (8,75A)  
 $T_c$  Temperatura de célula a 1.000W/m<sup>2</sup> y 45°C (76,25°C)  
 $T_{c0}$  Temperatura de célula en STC (25°C)  
 $G$  Irradiancia (1.000 W/m<sup>2</sup>)  
 $G_0$  Irradiancia en STC (1.000 W/m<sup>2</sup>)

El número de ramales en paralelo se determina mediante la expresión:

$$\frac{I_{MPPTmax}}{I_{scT^a_{max}}}$$

Donde:

$I_{MPPTmax}$  máxima corriente CC de entrada por cada MPPT (25A) y (32A)  
 $I_{scT^a_{max}}$  corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico a T<sup>a</sup>max (8,97A)

El resultado es de un máximo de 2,79 y 3,59 ramas en paralelo lo que redondeando sería 2 y 3 ramas para el modelo de inversor TRIO 20.0 Y TRIO 27.6 respectivamente.

Para configuración del sistema sea óptima y tomando en cuenta la potencia máxima en CC en la entrada de cada MPPT en cada inversor (12.000W) y (16.000W), se optará



por tener una configuración de series de 22 módulos en el caso del inversor TRIO 20.0 y 2 ramas en paralelo y 21 módulos en serie y 3 ramas en paralelo para el modelo de inversor TRIO 27.6

#### *8.1.1.4. Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los módulos*

El Sol se desplaza en el cielo de este a oeste. Los paneles solares alcanzan su máxima efectividad cuando están orientados hacia el Sol, en un ángulo perpendicular con éste a mediodía. Por lo general, los paneles solares son colocados sobre un techo o una estructura y tienen una posición fija; no pueden seguir la trayectoria del sol en el cielo. Por lo tanto, no estarán orientados hacia el astro con un ángulo óptimo (90 grados) durante toda la jornada. El ángulo entre el plano horizontal y el panel solar se denomina ángulo de inclinación.

Debido al movimiento terrestre alrededor del sol, existen también variaciones estacionales. En invierno, el sol no alcanzará el mismo ángulo que en verano. Idealmente, en verano los paneles solares deberían ser colocados en posición ligeramente más horizontal para aprovechar al máximo la luz solar, sin embargo, los mismos paneles no estarán, entonces, en posición óptima para el sol del invierno.

Con el propósito de alcanzar un mejor rendimiento anual promedio, los paneles solares deberán ser instalados en un ángulo fijo, determinado en algún punto entre los ángulos óptimos para el verano y para el invierno. Cada latitud presenta un ángulo de inclinación óptimo. Los paneles deben colocarse en posición horizontal únicamente en zonas cercanas al ecuador.

En el hemisferio Norte, la orientación de los generadores solares ha de ser hacia el Sur, y el ángulo de los paneles solares, suele ser  $10^\circ$  menos de su latitud.

Para el caso que nos ocupa:

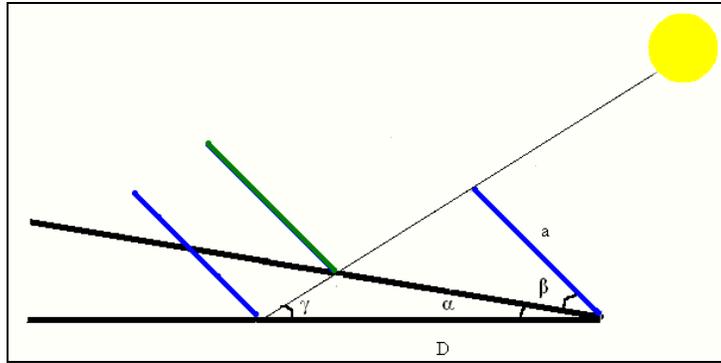
$$\beta_{\text{opt}} = \text{latitud} - 10^\circ = 42,13 - 10 = 32,13^\circ \approx 32^\circ$$

Dado que comercialmente es complejo encontrar un sistema soporte que se ajuste exactamente a la inclinación requerida, se ha optado por una inclinación total de  $30^\circ$  para la sujeción de los módulos fotovoltaicos a la cubierta.

#### *8.1.1.5. Cálculo de la distancia entre filas*

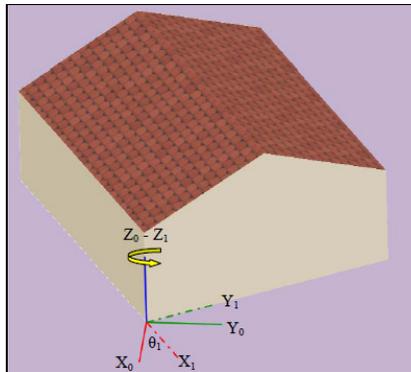
El motivo de que se calcule la distancia mínima entre las filas de paneles es para minimizar las pérdidas por sombras que generan los propios módulos fotovoltaicos entre sí.

A continuación mostramos una figura con el fin de poder entender mejor la influencia de las sombras provocadas por los paneles solares:



La orientación del eje longitudinal de la cubierta de la nave industrial donde se ubicará la instalación fotovoltaica es N-S. se debe realizar un cálculo más complejo que el habitual ya que los módulos fotovoltaicos no tendrán los ejes paralelos al suelo si no a la pendiente de la cubierta. Por ello se han realizado los cálculos de distancia entre filas a partir de las siguientes consideraciones iniciales.

Partimos de unos ejes  $(XYZ)_0$  orientados de tal forma que el eje  $X_0$  (en rojo continuo en la imagen) lo esté hacia el sur, por lo que el eje  $Y_0$  (en verde continuo) representará el este y el eje  $Z_0$  (en azul continuo) la normal al suelo. Sobre esos ejes aplicamos un giro  $\theta_1$  sobre el eje  $Z_0$  de forma que obtenemos el sistema de ejes  $(XYZ)_1$ , que serán solidarios con nuestro edificio (definimos el sentido de giro positivo según está en la figura para el criterio de ejes definido a derechas, hay que tener cuidado pues es al contrario al indicado en las instrucciones del IDAE)(en línea discontinua).



Para pasar del sistema de ejes  $(XYZ)_0$  al sistema  $(XYZ)_1$ , tendríamos las expresiones

$$\vec{i}_1 = \cos \theta_1 \vec{i}_0 + \sin \theta_1 \vec{j}_0$$

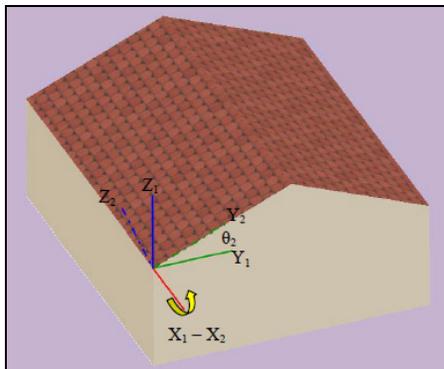
$$\vec{j}_1 = -\sin \theta_1 \vec{i}_0 + \cos \theta_1 \vec{j}_0$$

$$\vec{k}_1 = \vec{k}_0$$

Siendo  $\vec{i}_n$  el vector unitario del eje  $X_n$ ,  $\vec{j}_n$  el vector unitario del eje  $Y_n$  y  $\vec{k}_n$  el vector unitario del eje  $Z_n$ .

A continuación considerando los mismos ejes  $(XYZ)_1$  anteriores (por claridad los mostramos ahora en la esquina superior de la nave, en color continuo), damos un giro  $\theta_2$  alrededor del eje  $X_1$  (rojo continuo, que corresponde con el eje longitudinal de la

nave) de forma que el eje  $Y_2$  (verde discontinuo) quede según la dirección del agua del lado del tejado donde consideraremos la instalación de los paneles. El eje  $Z_2$  (azul discontinuo) quedará entonces perpendicular al tejado, hacia arriba. El sentido positivo del giro es el indicado para un sistema de ejes a derechas.



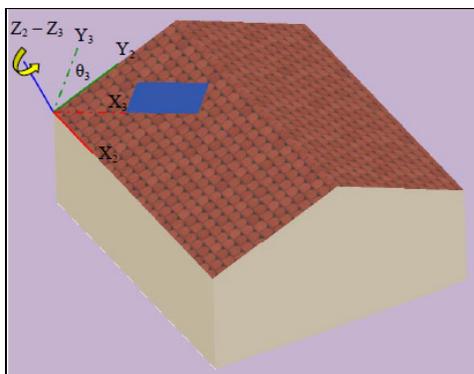
Para pasar del sistema de ejes  $(XYZ)_1$  al sistema  $(XYZ)_2$ , tendríamos las expresiones

$$\vec{i}_2 = \vec{i}_1$$

$$\vec{j}_2 = \cos \theta_2 \vec{j}_1 + \sin \theta_2 \vec{k}_1$$

$$\vec{k}_2 = -\sin \theta_2 \vec{j}_1 + \cos \theta_2 \vec{k}_1$$

Trasladamos ahora los ejes a la parte de atrás de la nave y damos un giro  $\theta_3$  alrededor del eje  $Z_2$  de forma que el eje longitudinal de la nave  $X_2$  (en rojo continuo) pasa a tener la orientación del panel  $X_3$  (rojo discontinuo). Este sería el ángulo que se daría a los paneles sobre la cubierta como orientación de los mismos. En la figura, por el momento el panel estaría “acostado” sobre el tejado, esto es, está en el mismo plano del tejado



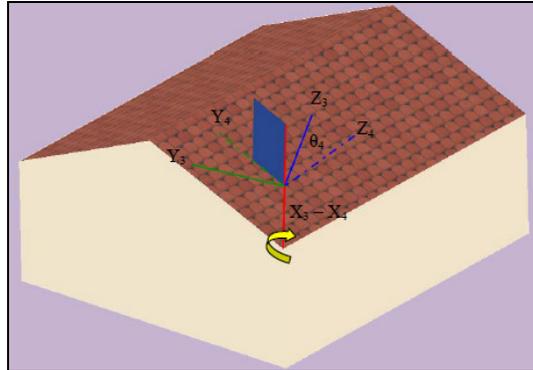
Para pasar del sistema de ejes  $(XYZ)_2$  al sistema  $(XYZ)_3$ , tendríamos las expresiones

$$\vec{i}_3 = \cos \theta_3 \vec{i}_2 + \sin \theta_3 \vec{j}_2$$

$$\vec{j}_3 = -\sin \theta_3 \vec{i}_2 + \cos \theta_3 \vec{j}_2$$

$$\vec{k}_3 = \vec{k}_2$$

Para clarificar el último giro, nos colocamos desde otra perspectiva para verlo mejor. Ahora lo que hacemos es dar un giro  $\theta_4$  alrededor del eje  $X_3$  para “inclinarse” el panel respecto del tejado. Después de esta secuencia de giros, el eje perpendicular al panel la normal al mismo es el eje  $Z_4$  (en azul discontinuo en la figura)



Para pasar del sistema de ejes  $(XYZ)_3$  al sistema  $(XYZ)_4$ , tendríamos las expresiones

$$\vec{i}_4 = \vec{i}_3$$

$$\vec{j}_4 = \cos \theta_4 \vec{j}_3 + \sin \theta_4 \vec{k}_3$$

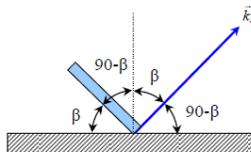
$$\vec{k}_4 = -\sin \theta_4 \vec{j}_3 + \cos \theta_4 \vec{k}_3$$

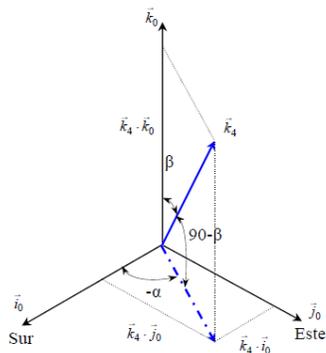
Para conocer las pérdidas que tendría el panel por orientación, a partir de las expresiones dadas en el pliego de condiciones técnicas del IDAE, necesitamos conocer el ángulo de inclinación  $\beta$  del módulo con respecto al plano horizontal (el suelo) y el ángulo de azimut  $\alpha$ , que es el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar.

Esto es, necesitamos la normal al módulo, que corresponde al eje  $\vec{k}_4$ , pero expresada en ejes  $(XYZ)_0$ . Habiendo calculado las matrices anteriores, las componentes de los vectores  $\vec{i}_4$ ,  $\vec{j}_4$  y  $\vec{k}_4$  se pueden obtener de la expresión:

$$\begin{pmatrix} \vec{i}_4 \\ \vec{j}_4 \\ \vec{k}_4 \end{pmatrix} = A_4 A_3 A_2 A_1 \begin{pmatrix} \vec{i}_0 \\ \vec{j}_0 \\ \vec{k}_0 \end{pmatrix}$$

El ángulo  $\beta$  está definido a través del módulo, no de la normal, pero como ambos forman  $90^\circ$ , se ve en la figura la equivalencia entre el ángulo del módulo y el suelo con el ángulo entre la normal y el suelo





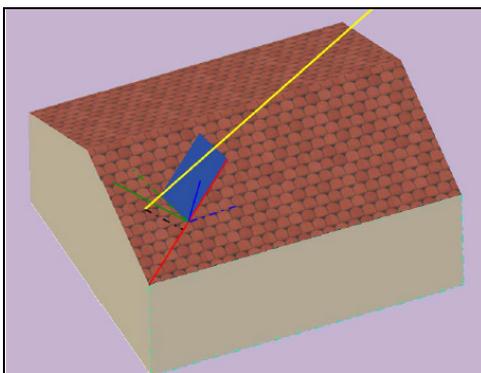
En la figura, se puede ver que el ángulo  $\beta$  lo obtendremos de

$$\beta = a \cdot \cos(\vec{k}_0 \cdot \vec{k}_4)$$

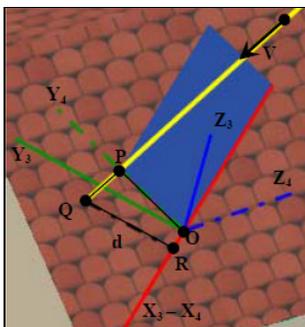
Y que el ángulo  $\alpha$  lo obtendremos de

$$\alpha = -a \cdot \tan\left(\frac{\vec{k}_4 \cdot \vec{j}_0}{\vec{k}_4 \cdot \vec{i}_0}\right)$$

Para conocer la distancia a la que hay que colocar las hileras entre sí, tenemos que ver hasta donde llega la sombra del Sol un determinado día a una determinada hora. Para poder hacer este cálculo, podemos seguir el siguiente procedimiento



Empleando los mismos sistemas de ejes que hemos utilizado antes, nos centraremos en los sistemas 3 y 4, ligados al tejado (pero con el ángulo de colocación de las hileras de paneles respecto al eje de la nave) y al panel (ya teniendo en cuenta la inclinación del mismo respecto al tejado)





Una ampliación de la zona que nos interesa nos permite definir los siguientes puntos en la figura anterior:

O: Es el origen del sistema de ejes. No importa donde lo estemos considerando, pues queremos calcular distancias relativas entre hileras

P: Es el punto donde acaba el panel, siguiendo la línea del mismo. De acuerdo a la notación anterior de ejes, y considerando el alto del panel  $b$ , el vector formado de O a P sería:

$$OP = b\vec{j}_4$$

V: Es el vector que forma el rayo del Sol. Sus coordenadas se pueden calcular en ejes  $(XYZ)_0$  a partir del acimut y la altura solar, pero nos interesará más tener sus componentes en ejes  $(XYZ)_3$ . Para pasar de un sistema de ejes a otro se podrán emplear las matrices de cambio calculadas anteriormente.

Q: Es el punto en el que un vector con la dirección del Sol (V) que pasa por el punto P, termina interceptando al plano del tejado. Sería el punto más alejado al eje  $X_3 - X_4$  de la sombra del panel para ese día y esa hora.

R: Si trazamos desde Q una línea perpendicular al eje  $X_3 - X_4$  que esté contenida en el plano del tejado, la intersección con dicho eje  $X_3 - X_4$  sería este punto R. Por lo tanto, la distancia entre Q y R es un vector que en nuestro sistema de ejes sería:

$$RQ = d\vec{j}_3$$

, donde  $d$  es la distancia entre paneles que estamos buscando.

Nos queda por lo tanto traducir toda esta información a ecuaciones matemáticas.

Las coordenadas del vector V en los ejes  $(XYZ)_0$  se sacarían de la siguiente figura, de forma muy similar a como hicimos antes para la normal del panel.

$$\vec{V} \cdot \vec{i}_0 = -\cosh \cdot \cos(-A)$$

$$\vec{V} \cdot \vec{j}_0 = -\cosh \cdot \sin(-A)$$

$$\vec{V} \cdot \vec{k}_0 = -\sinh$$

En donde  $h$  es la altura solar y  $A$  es el acimut (he seguido la nomenclatura de Censolar y el ángulo de acimut se considera positivo hacia el Oeste).

Para pasar al sistema de coordenadas  $(XYZ)_3$  utilizaríamos las matrices de cambio calculadas anteriormente a partir de

$$\begin{pmatrix} \vec{i}_3 \\ \vec{j}_3 \\ \vec{k}_3 \end{pmatrix} = A_3 A_2 A_1 \begin{pmatrix} \vec{i}_0 \\ \vec{j}_0 \\ \vec{k}_0 \end{pmatrix}$$

Por no complicar el desarrollo en exceso, simplificaremos diciendo que después de hacer esos cálculos, las coordenadas del vector  $\vec{V}$  en el sistema de ejes 3 serían:



$$\vec{V} = V_x \vec{i}_3 + V_y \vec{j}_3 + V_z \vec{k}_3$$

El vector OP hemos dicho que sería  $OP \hat{b}_4$ , pero expresado en ejes  $(XYZ)_3$  sería

$$OP = b \cos \theta_4 \vec{j}_3 + b \sin \theta_4 \vec{k}_3$$

Del álgebra lineal, se tendría que la línea que pasa por P y Q (la línea amarilla de la figura que representa el rayo de Sol) tendría la siguiente ecuación paramétrica:

$$x = OP_x + \lambda V_x = \lambda V_x$$

$$y = OP_y + \lambda V_y = b \cos \theta_4 + \lambda V_y$$

$$z = OP_z + \lambda V_z = b \sin \theta_4 + \lambda V_z$$

Donde según variamos el valor de  $\lambda$ , nos movemos en la recta. El valor de  $\lambda$  para tener el punto Q es el que hace  $z=0$ , ya que ese punto está en el plano del tejado y la distancia d hasta el punto R será entonces su coordenada y (esa es la razón de trabajar con ejes  $(XYZ)_3$ ), por lo que entonces podemos sacar dicha distancia a partir de...

$$\left. \begin{aligned} d &= b \cos \theta_4 + \lambda V_y \\ 0 &= b \sin \theta_4 + \lambda V_z \end{aligned} \right\} d = b \left( \cos \theta_4 - \frac{V_y}{V_z} \sin \theta_4 \right)$$

Según estos cálculos y con los datos referidos al proyecto el resultado es:

Giros aplicados		Orientación panel	
Giro 1 (°)	0	alpha (°)	9.14
Giro 2 (°)	6	beta (°)	33.48
Giro 3 (°)	90	Posición Solar (ejes absolutos)	
Giro 4 (°)	33	Altura (°)	18.81
Ubicación, día y hora		Acimut (°)	28.99
Latitud (°)	42.13	Distancia entre paneles	
Día	21	d (m)	4.100
Mes	12		
Hora Solar	10:00		
Dimensiones del panel			
Altura (m)	1.99		

Por lo tanto siempre que la distancia entre paneles (en este caso la altura corresponde a dos módulos fotovoltaicos dispuestos en horizontal uno sobre otro) sea superior a 4,1m. no existirán sombras entre las 10:00 y 14:00 hrs del día del solsticio de invierno ( 21 de diciembre).

### 8.1.1.6. Sobrecargas soportadas por la estructura.

La estructura soporte de los módulos fotovoltaicos, así como los anclajes a la cubierta, deberán resistir las sobrecargas de viento y nieve de acuerdo con la normativa vigente.

#### **Sobrecarga de nieve**

En este proyecto no se considerarán sobrecargas pro nieve, dado que la instalación se encuentra situada en una zona de muy bajas precipitaciones por nieve, siendo prácticamente inexistente el riesgo de nevadas de intensidad que provoquen sobrecargas a la estructura.

#### **Sobrecarga de viento**

Dado que la instalación se encuentra orientada al Sur, el viento que puede representar un riesgo mayor es el contenga una componente norte muy acusada, ya que provocará fuerzas de tracción sobre los anclaje.

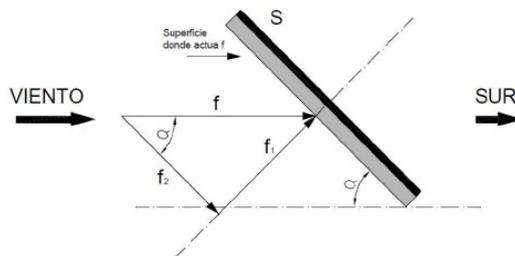
Para hallar las fuerzas que actúan sobre la instalación haremos uso de la siguiente expresión:

$$F = p \cdot s \cdot \sin(\alpha)$$

Siendo:

- s: superficie expuesta al viento [m<sup>2</sup>]
- $\alpha$ : ángulo de inclinación del módulo [°]
- p: presión de carga de viento [N/m<sup>2</sup>]

En la siguiente figura se muestra el esquema de fuerzas provocadas por la acción del viento.



La fuerza f del viento perpendicular a la superficie vertical, se descompone en f<sub>1</sub>, la cual actúa perpendicularmente a la superficie del panel y es la que más importancia tiene y f<sub>2</sub>, que es paralela y provoca el deslizamiento del aire, cuyos efectos causan rozamientos y remolinos a lo largo de toda la superficie del módulo.

$$f_1 = f \cdot \sin(\alpha) = p \cdot s \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\alpha) = p \cdot s \cdot \sin^2(\alpha)$$

Para realizar los cálculos de las sollicitaciones mecánicas por cargas de viento, supondremos velocidades de viento máximas de 120km/h, siendo un valor muy conservador. Este cálculo se realiza partiendo de la norma MV-103 para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos.

Para la inclinación de 30° y dos módulos horizontales, la superficie sobre la que actúa la carga de viento será:

(1,667x 0,994) x número de módulos, tomando uno de los bloques de 14 módulos, s≈23,2 m<sup>2</sup>

La fuerza que el viento ejerce sobre la superficie, en general, es una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática. Para una velocidad de viento de 120km/h la presión de viento es de 785N/m<sup>2</sup>.

$$f_1 = p \cdot s \cdot \sin^2(\alpha) = 785 \frac{N}{m^2} \cdot 23,2m^2 \cdot \sin^2(30) = 4553N$$

Dado que existen 8 apoyos la fuerza que deberá soportar cada uno será de 596,13N inferior a los 870N de límite que recomienda el fabricante.

## 8.2. Instalación eléctrica

### 8.2.1. Descripción general de la instalación eléctrica

#### 8.2.2. Instalación de corriente continua (DC)

##### 8.2.2.1. Cableado de corriente continua.

Los módulos están conectados eléctricamente mediante el cable Multicontact de 1m de longitud, que llevan incorporado de fábrica formando las series de 21 o 22 módulos según el modelo de inversor.

El trazado desde los extremos de la serie hasta la conexión con el inversor es sobre bandeja metálica de rejilla que discurrirá por la cubierta, y el de fachada e interior por tubo metálico.



En la configuración del cableado de CC no se han realizado cajas de paralelos agrupando ramas ya que la configuración de las conexiones de entrada de los inversores no permiten secciones mayores a  $16 \text{ mm}^2$ . Se ha calculado que para la situación más desfavorable de distancia a centro de agrupación de inversores realizando un paralelo de 3 ramas de 21 módulos o de 2 ramas de 22 módulos no supere el 1% de pérdidas no sólo por minimizar las pérdidas en la producción si no para que la tensión mínima de entrada al inversor en el punto de máxima potencia esté acorde a los cálculos realizados y no se vea alterada por la pérdida en el cableado. Asimismo con esta configuración se minimiza el riesgo de desajustes al no existir conexiones mecánicas que puedan fallar en los ciclos de dilatación por temperatura.

Se utilizará cableado de intemperie de cobre unipolar, flexible, libre de halógenos, de tensión asignada de 0,6 kV y 1 kV de tensión de aislamiento, exceptuando el conductor de protección de tierra que tendrá una tensión de aislamiento de 750 V, tipo Afumex 1.000 de Prysmian o similar.

El diseño del cableado responde a las exigencias del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) para plantas generadoras, además de las instrucciones particulares y normas UNE en función de las características y ubicación del trazado de cada circuito. Tal y como se ha descrito, el trazado del cableado discurre del modo siguiente:

- Entre módulos: al aire.
- Ramas que discurren por la cubierta: sobre bandeja metálica de rejilla hasta la bajante por el patinillo a ubicación de inversores.
- Ramas de interconexión: bajo tubo metálico desde la conexión en cubierta hasta la caja de protecciones CC.
- Rama CC Inversor: bajo tubo corrugado en superficie desde la caja de protecciones CC hasta el inversor.

Se han aplicado las instrucciones técnicas complementarias del REBT (ITC-BT) correspondiente a las características de cada rama, y en la falta de instrucción específica, las correspondientes a instalaciones interiores. Así, se aplicará la ITC-BT-19 Instalaciones Interiores o Receptoras, Prescripciones Generales e ITC-BT-21 Instalaciones Interiores o Receptoras, Tubos y Canales Protectores para el trazado hasta el inversor; de igual manera se aplicarán éstas para el tramo del Inversor hasta la caja de protecciones CA en su parte superficial, y en su parte subterránea. La ITC-BT-15 Instalaciones de Enlace: Derivaciones Individuales se aplicará para el trazado desde la caja de protecciones CA hasta la caja de contadores. A todo el conjunto se aplicará la ITC-BT-40 Instalaciones generadoras de baja tensión.

Para el cálculo del cableado eléctrico se utilizarán criterios de caída de tensión y sobrecalentamiento o criterio térmico, que limita la intensidad máxima admisible por el cable. Los cables de conexión estarán dimensionados para una intensidad de 125% de la intensidad nominal para el criterio de caída de tensión y una intensidad de 125% de la máxima intensidad de la línea para el criterio térmico, tal y como se establece en el artículo 5 de la ITC-BT-40. Estas consideraciones se tendrán en cuenta tanto para el cableado de continua como para el de alterna.

Dado que para la instalación en corriente continua, no existe normativa específica al respecto, se ha efectuado el diseño conforme a la recomendación del Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Fotovoltaicas Conectadas a Red publicado en 2.002 por el IDAE, que sugiere una caída de tensión máxima también del 1,5%, no obstante por optimizar el rendimiento de la instalación y por tanto su productividad energética se ha considerado no superar el 1% de pérdidas en el cableado de CC. En este pliego se permite en la parte de corriente alterna una caída del 2%, menos restrictiva que la del REBT y por lo tanto no aplicable.

Aunque no existe una normativa específica al respecto, por resistencia mecánica no se admitirán cables de sección menor a  $4 \text{ mm}^2$ .

Para el cálculo de la caída de tensión el REBT indica que se debe estudiar el punto de trabajo nominal. La caída de tensión en una línea de CC responde a la expresión:



Diseño de una instalación fotovoltaica de 300 kW sobre cubierta

$$\Delta V = \frac{2 \times I_{RC,C} \times \rho \times L}{S}$$

donde:  
 $\rho_{40^{\circ}C} =$  resistividad del cobre = 0,01923  $\frac{\Omega \times mm^2}{m}$

L = longitud del cable en metros  
 S = sección del cable en mm<sup>2</sup>  
 I<sub>RC,C</sub> = intensidad de la rama en amperios

Las intensidades de cálculo serán de 1,25 veces la intensidad en el punto de máxima potencia de la rama afectado por la temperatura, igual a la de la serie por el número de paralelos unidos en la rama. Se ha realizado el cálculo de las ramas más desfavorables ya que se trataría de las condiciones más restrictivas que por lo tanto si cumpliesen con los criterios mínimos de diseño el resto de la instalación también.

A partir de estas definiciones se determina la sección mínima por criterio de caída de tensión, indicada en la tabla resumen de cálculo de cableado.

CABLEADO DE CC - SUBPLANTAS								
CRITERIO DE CAIDA DE TENSION								
TRAMO	DESCRIPCIÓN	P (W)	V (voltios)	L (m)	I (A)	S (mm <sup>2</sup> )	Caida V	%V
CONEXIONADO SERIE DE LAS RAMAS								
rama de 21 módulos en serie ISF-250	Rama -> TRIO 27.6 -SX	5250	793,8	2	8,75	4	0,17	0,02
rama de 22 módulos en serie ISF-250	Rama -> TRIO 20.0 -SX	5500	831,6	2	8,75	4	0,17	0,02
SUBPLANTA 60kW								
Rama 1 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 27.6 -SX (1)	5250	793,8	181,37	8,75	10	6,10	0,77
Rama 2 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 2 -> TRIO 27.6 -SX (1)	5250	793,8	169,12	8,75	10	5,69	0,72
Rama 3 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 3 -> TRIO 27.6 -SX (1)	5250	793,8	163,87	8,75	10	5,51	0,69
Rama 4 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 4 -> TRIO 27.6 -SX (1)	5250	793,8	168,87	8,75	10	5,68	0,72
Rama 5 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 5 -> TRIO 27.6 -SX (1)	5250	793,8	155,62	8,75	10	5,24	0,66
Rama 6 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 6 -> TRIO 27.6 -SX (1)	5250	793,8	139,37	8,75	10	4,69	0,59
Rama 7 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 27.6 -SX (2)	5250	793,8	181,37	8,75	10	6,10	0,77
Rama 8 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 2 -> TRIO 27.6 -SX (2)	5250	793,8	169,12	8,75	10	5,69	0,72
Rama 9 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 3 -> TRIO 27.6 -SX (2)	5250	793,8	163,87	8,75	10	5,51	0,69
Rama 10 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 4 -> TRIO 27.6 -SX (2)	5250	793,8	168,87	8,75	10	5,68	0,72
Rama 11 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 5 -> TRIO 27.6 -SX (2)	5250	793,8	155,62	8,75	10	5,24	0,66
Rama 12 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 6 -> TRIO 27.6 -SX (2)	5250	793,8	139,37	8,75	10	4,69	0,59
SUBPLANTA 40kW								
Rama 1 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 20.0 -SX (1)	5500	831,6	213,17	8,75	10	7,17	0,86
Rama 2 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 2 -> TRIO 20.0 -SX (1)	5500	831,6	205,12	8,75	10	6,90	0,83
Rama 3 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 3 -> TRIO 20.0 -SX (1)	5500	831,6	185,37	8,75	10	6,24	0,75
Rama 4 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 4 -> TRIO 20.0 -SX (1)	5500	831,6	175,97	8,75	10	5,92	0,71
Rama 5 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 20.0 -SX (2)	5500	831,6	216,67	8,75	10	7,29	0,88
Rama 6 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 2 -> TRIO 20.0 -SX (2)	5500	831,6	205,12	8,75	10	6,90	0,83
Rama 7 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 3 -> TRIO 20.0 -SX (2)	5500	831,6	185,37	8,75	10	6,24	0,75
Rama 8 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 4 -> TRIO 20.0 -SX (2)	5500	831,6	175,97	8,75	10	5,92	0,71

Tabla 8.2.2\_1 Criterio de caída de tensión

CRITERIO TÉRMICO								
TRAMO	DESCRIPCIÓN CABLEADO	S (mm <sup>2</sup> )	lz (A)	Factores de corrección		la (A)	l línea (A)	Sobred. (A)
SUBPLANTA 60kW								
Rama multicontact		4	45	1,00	0,76	34,20	10,94	23,26
Rama 1 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 27.6 -SX (1)	10	60	0,80	0,76	36,48	10,94	25,54
Rama 2 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 2 -> TRIO 27.6 -SX (1)	10	60	0,65	0,76	29,64	10,94	18,70
Rama 3 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 3 -> TRIO 27.6 -SX (1)	10	60	0,57	0,76	25,99	10,94	15,05
Rama 4 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 4 -> TRIO 27.6 -SX (1)	10	60	0,52	0,76	23,71	10,94	12,77
Rama 5 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 5 -> TRIO 27.6 -SX (1)	10	60	0,45	0,76	20,52	10,94	9,58
Rama 6 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 6 -> TRIO 27.6 -SX (1)	10	60	0,45	0,76	20,52	10,94	9,58
Rama 7 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 27.6 -SX (2)	10	60	0,80	0,76	36,48	10,94	25,54
Rama 8 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 27.6 -SX (2)	10	60	0,65	0,76	29,64	10,94	18,70
Rama 9 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 27.6 -SX (2)	10	60	0,57	0,76	25,99	10,94	15,05
Rama 10 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 27.6 -SX (2)	10	60	0,52	0,76	23,71	10,94	12,77
Rama 11 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 27.6 -SX (2)	10	60	0,45	0,76	20,52	10,94	9,58
Rama 12 (rama de 21 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 27.6 -SX (2)	10	60	0,45	0,76	20,52	10,94	9,58
Agrupación 6 conductores unipolares	Bajante -> TRIO 27.6 -SX	10	60	0,57	0,91	31,12	10,94	20,18
SUBPLANTA 40kW								
Rama 1 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 20.0 -SX (1)	10	60	0,41	0,76	18,70	10,94	7,76
Rama 2 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 20.0 -SX (1)	10	60	0,41	0,76	18,70	10,94	7,76
Rama 3 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 20.0 -SX (1)	10	60	0,38	0,76	17,33	10,94	6,39
Rama 4 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 20.0 -SX (1)	10	60	0,38	0,76	17,33	10,94	6,39
Rama 5 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 20.0 -SX (2)	10	60	0,41	0,76	18,70	10,94	7,76
Rama 6 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 20.0 -SX (2)	10	60	0,41	0,76	18,70	10,94	7,76
Rama 7 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 20.0 -SX (2)	10	60	0,38	0,76	17,33	10,94	6,39
Rama 8 (rama de 22 módulos en serie ISF-250)	Rama 1 -> TRIO 20.0 -SX (2)	10	60	0,38	0,76	17,33	10,94	6,39
Agrupación 4 conductores unipolares	Bajante -> TRIO 20.0 -SX	10	60	0,65	0,91	35,49	10,94	24,55

Tabla 8.2.2\_2 Criterio térmico



Según las recomendaciones del fabricante el cálculo de la sección útil necesaria de la bandeja metálica a instalar será el siguiente:

Será la suma de todas las secciones de cables previstos y futuros posibles más un coeficiente de relleno.

$$S = \frac{K \cdot (100 + a)}{100} \cdot \sum n$$

S = sección útil necesaria en mm<sup>2</sup>

K = coeficiente de relleno: 1,2 cables pequeños 1,4 cables de potencia

a = porcentaje de ampliación (30%-50%)

Σn = suma de las secciones de los cables a instalar en la bandeja.

En la instalación tenemos 120 cables 1x10 mm<sup>2</sup> y localizando su diámetro exterior en el catálogo del fabricante (7,9mm) procedemos al cálculo de la sección ( $\pi \times R^2$ )= 49,01mm<sup>2</sup>.

Siendo la sección total de todo el cableado ( $\sum n$ )= 120x49,01mm<sup>2</sup>≈5.882mm<sup>2</sup>

$$S = \frac{1,4 \cdot (100 + 30)}{100} \cdot 5.882 \approx 10.705mm^2$$

Localizando en el catálogo del fabricante la bandeja metálica que cumple con esas dimensiones es la de dimensiones 300x60 mm. Comprobamos igualmente su resistencia a la carga, siendo el peso por unidad de longitud del cable de 140Kg/km. Por lo que el peso total del mazo de 120 cables por metro será de 120x0,14=16,80Kg/m <75Kg/m que soporta la bandeja.

Tal y como se presentó anteriormente el diseño de la planta consta de 6 inversores con una conexión de 6 ramas (12 conductores, 6 conductores cable rojo terminal positivo y 6 conductores cable negro terminal negativo) y 6 inversores con una conexión de 4 ramas (8 conductores, misma configuración de colores anterior). Se realizará la canalización desde cubierta por el patinillo hasta la sala de inversores mediante tubo metálico y desde ese punto hasta inversores. Se realizarán los cálculos únicamente para la solución más restrictiva (12 conductores) y se mantendrá por economía de escala para las canalizaciones de 8 conductores.

Según se recoge en la ITC-BT-21 para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo igual a 2,5 veces la sección ocupada por los conductores.

- Cable 10 mm<sup>2</sup> = diámetro exterior = 7,9 mm → D/2 = radio=r = 3,95 mm;

$\pi r^2$  =49,02 mm<sup>2</sup> de sección exterior.

12 cables de 10 mm<sup>2</sup> = 588,24 mm<sup>2</sup> ocupados.

Como al ser empotrado el tubo debe ser al menos de sección interior 2,5 veces la sección ocupada por los cables calculamos:

588,24 x 2,5 = 1.470,6 mm<sup>2</sup> de sección interior mínima el tubo.

Obtenemos de los datos de la ficha técnica que el tubo de 63 mm de diámetro exterior dispone de 52 mm de diámetro interior, por lo que la sección interior es de 2.123,72 mm<sup>2</sup> siendo válido para todas las canalizaciones.

Se realizará una canalización debidamente señalizada para el cableado tanto de la parte positiva como la negativa de cada inversor, por lo que finalmente tendremos 12 canalizaciones de paso de cubierta a sala de inversores cada una con el cableado correspondiente a cada inversor.



### 8.2.2.2. Aparatación eléctrica de corriente continua

- Seccionadores de rama:

Las especificaciones para la elección de fusibles son:

$$I_{funcionamiento} \leq I_n \leq I_{adm}$$

Capacidad de corte, de modo que :

$$I_{CC} \leq I_{corte}$$

La corriente nominal del fusible ( $I_n$ ) no debe superar el valor nominal máximo por fusible en serie de la string (maximum series fuse rating), indicado en los datos técnicos de los módulos fotovoltaicos de acuerdo a la norma IEC 61730-2.

$$I_n < \text{Límite de corriente inversa}$$

Donde:

Límite de corriente inversa                      20A

El valor nominal del fusible ( $I_n$ ) se determinará según la corriente de la hilera y de las directrices de dimensionamiento del proveedor para evitar intervenciones inoportunas. Por norma general, es posible calcular el valor nominal del fusible basándose en la corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) de los módulos fotovoltaicos mediante la fórmula siguiente:

$$I_n > (1.4 \approx 1.5) \cdot I_{scmax}$$

$$I_n = 1.5 \times 8.97 = 13.46A$$

Del catálogo general se seleccionará un fusible con  $I_n$  de 15A

Para cortocircuitos de una duración no superior a 5 seg, el tiempo  $t$  máximo de duración del cortocircuito, durante el que se eleva la temperatura a los conductores desde su valor máximo admisible en funcionamiento normal hasta la temperatura límite de corta duración, se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{I_{cc\ cable}}{S} = \frac{k}{\sqrt{t_{cc}}}$$

donde:

- $I_{cc\ cable}$             intensidad máxima que soporta el cable durante el cortocircuito
- S                      es la sección del conductor
- $t_{cc}$                     es el tiempo que dura el cortocircuito (20 mseg).
- K                        constante que toma los valores de la norma UNE-20460-4-43 (k= 143)

LÍNEA	$I_{máx_{tmax}}$	$I_{cc_{tmax}}$	$V_{máx_{tmin}}$	S	I adm	$I_{cc\ fusible} < I_{cc\ cable}$	
Ramas multicontact 21 módulos en serie	8,37 A	8,97 A	755,70 V	4 mm <sup>2</sup>	34 A	150A	4.045A
Ramas multicontact 22 módulos en serie	8,37 A	8,97 A	791,69 V	4 mm <sup>2</sup>	34 A	150A	4.045A
Ramas a inversor	8,37 A	8,97 A	755,70 V	10 mm <sup>2</sup>	75 A	150A	10.112A
Ramas a inversor	8,37 A	8,97 A	791,69 V	10 mm <sup>2</sup>	75 A	150A	10.112A

Tabla 8.2.2.2\_1 Parámetros para el diseño de los dispositivos de protección de corriente continua



SECCIONADOR CORRIENTE CONTÍNUA			
Elemento	Uds	Ubicación	Características técnicas
Fusibles (positivo y negativo)	120	Caja protección CC	$V_n \geq 1.000 V_{CC}$ $I_n = 15 A$ $P_{corte} \geq 30 kA$

Tabla 8.2.2.2\_2 Seccionadores en corriente continua

- protección frente a sobretensiones

En cuanto a la protección frente a sobretensiones transitorias generadas por descargas atmosféricas, los equipos eléctricos están clasificados en categorías, siendo la categoría del inversor la III, que se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad. Para esta categoría, la tensión máxima soportada a impulsos 1,2 / 50 es de 4 kV. Por tanto, la protección deberá impedir sobretensiones que alcancen este valor. La protección contra sobretensiones para la parte de corriente continua del inversor se realiza mediante 3 varistores: entre polos y entre cada polo y tierra, de características:

PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES CORRIENTE CONTINUA			
Elemento	Uds	Ubicación	Características técnicas
Varistores (entre polos y entre polos y tierra)	3 por inversor	Inversor	$V_{m\acute{a}x} = 1.000 V_{CC}$ $I_n = 12,5 kA$ Protección = 4 kV $t_{respuesta} = 25 ns$

Tabla 8.2.2.2\_3 Protección contra sobretensiones en corriente continua

- Protección contra contactos directos e indirectos

La protección contra contactos directos se asegura empleando materiales con todas las partes activas aisladas.

En cuanto a la protección contra contactos indirectos, como primera medida se emplearán materiales Clase II y configuración flotante en la parte de CC.

El Real Decreto 1663/2000 exige la colocación de un diferencial de CC, sin embargo, el principio de funcionamiento de los diferenciales no permite su aplicación en redes IT (flotantes), por lo que no tiene utilidad su instalación.

### 8.2.3. Instalación de corriente alterna (AC)

#### 8.2.3.1. Cableado de corriente alterna

La conducción de corriente alterna tiene lugar desde la salida de los inversores hasta las cajas generales de protección y al centro de transformación, pasando por el cuadro de protecciones de corriente alterna, el cual estará situado muy cerca de los inversores en el interior del mismo cuadro de máquinas.

Para este tramo de conducción, la conexión será trifásica con el hilo del neutro canalizado desde el centro de transformación hasta el cuadro de protecciones de corriente alterna.

La salida desde los inversores recorre de modo subterráneo, bajo tubo corrugado en zanja, un pasillo de tránsito al aire libre hasta la caja de protecciones de CA por la Rama Inversor CA, que finalmente conecta con la caja de contadores por la Rama Contadores.



Se utilizará cableado de intemperie de cobre, flexible, libre de halógenos, de tensión asignada de 0,6 kV y 1 kV de tensión de aislamiento con tres cables, uno por fase, exceptuando el conductor de protección de tierra que tendrá una tensión de aislamiento de 750 V.

El diseño del cableado responde a las exigencias del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión para plantas generadoras, además de las instrucciones particulares y normas UNE en función de las características del trazado de cada circuito.

Se ha diseñado el sistema de protección para que la instalación esté protegida contra sobrecorrientes, cortocircuitos, sobretensiones y contactos directos e indirectos.

La instalación de corriente alterna está formada cada grupo de 4 inversores que conforman cada sistema de 100kW y sus protecciones internas, la caja de protecciones CA que agrupa la salida de cada grupo de cuatro inversores y la caja de contadores, con los circuitos:

- Rama Inversor - centralización CA: tramo desde cada inversor hasta la caja de protecciones CA de 100kW.
- Rama Centralización AC (100kW) - Armario AC (CT): tramo de unión de cada caja de protecciones CA de 100kW con el armario AC del C.T.

El factor de potencia del inversor es cercano a 1, valor que se tomará en lo que sigue. La tensión de salida es trifásica de 400V. Sin embargo, una caída de tensión en la red eléctrica de interconexión puede afectar a este valor, admitiendo el inversor una caída hasta el 85% antes de desconectar automáticamente. Por tanto, se tomará como valor de tensión más desfavorable para el cálculo el 85% de 400V, es decir 340V.

Con estas premisas, la corriente que recorre el trazado de alterna en el punto de trabajo más desfavorable es de una intensidad igual a:

$$I_L = \frac{Pot}{\sqrt{3} \cdot U_L} = \frac{30.000}{\sqrt{3} \cdot 340} = 50,94 A$$

Del mismo modo se realiza el cálculo para el inversor TRIO 20.0 resultando una  $I_L = 37,36A$ .

En cumplimiento con el REBT, para los cálculos éstas corrientes se mayorarán al 125%.

A partir de estas definiciones se determina la sección mínima por criterio de caída de tensión, indicada en la tabla resumen de cálculo de cableado.

Según las ITC-BT de aplicación en cada rama, no se admitirán cables de sección menor a  $6\text{mm}^2$ .

El diseño del cableado debe responder a las exigencias del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión para plantas generadoras en el circuito desde el inversor hasta la caja de protecciones CA, y a las exigencias para derivaciones individuales en el circuito desde la caja de protecciones CA hasta la caja de contadores. Así, no se debe superar una caída de tensión mayor de 1,5% en la primera rama ni del 1% en la segunda, correspondiente al caso de contadores totalmente concentrados.



La caída de tensión en una línea de transporte de corriente trifásica responde a la expresión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I_L \cdot \rho \cdot L}{S}$$

donde:

$\rho_{40^\circ\text{C}}$  = resistividad del cobre = 0,01725  $\frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}}$

$\rho_{20^\circ\text{C}}$  = resistividad del aluminio = 0,02857  $\frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}}$

L = longitud del cable en metros

S = sección del cable en mm<sup>2</sup>

$I_L$  = intensidad de la línea en amperios

En anexo se adjuntan las Tablas de Cálculo de Cableado que marcan la limitación de intensidad por criterio térmico así como las de los factores de corrección aplicables.

La rama Inversor - centralización CA está formada por un cable multipolar de cobre con aislamiento tipo XLPE por cada inversor. Se deben aplicar los siguientes factores de corrección sobre la intensidad máxima admisible por criterio térmico para cada sección de cable: por temperatura, 0,91 y por agrupamiento, 0,72.

La rama Centralización AC (100kW) - Armario AC (CT) está formada por tres cables unipolares de aluminio y puede clasificarse como: Conductores multiconductor en conductos, XLPE, Cobre. Factor de corrección por temperatura 0,93, factor de corrección por agrupamiento 0,90.

La rama Armario AC - Cuadro de Baja del CT está formada por tres conexiones de un cable multipolar de cobre cada una y puede clasificarse como: Conductores multiconductor en conductos, XLPE, Cobre. Factor de corrección por temperatura 0,93, factor de corrección por agrupamiento 0,90. Aunque el REBT recoge que si la canalización no supera los 15m. y el tubo se rellena con aglomerante especial no sería necesario aplicar este corrector de intensidad se ha optado por contar con él por seguridad.

A partir de estas definiciones se determina la sección mínima indicada en la tabla resumen de cálculo de cableado.

CRITERIO DE CAIDA DE TENSION								
TRAMO	DESCRIPCIÓN	P (kW)	V (voltios)	L (m)	I (A)	S (mm <sup>2</sup> )	Caída V	%V
TRIO 27.6 → Centralización AC	Cableado desde la salida del inversor hasta el cuadro de alterna de la instalación.	30	340	16,12	50,94	25	1,09	0,32
TRIO 20.0 → Centralización AC	Cableado desde la salida del inversor hasta el cuadro de alterna de la instalación.	22	340	14,12	37,36	25	0,70	0,21
Centralización AC (100kW) → Armario AC (CT)	Cableado desde la salida de la centralización a la salida de los inversores hasta centro de transformación.	104	340	44	176,60	240	1,63	0,48
Armario AC → Cuadro de Baja del CT	Cableado desde el armario de CA de la instalación hasta el armario de contadores. Discurre por canalización bajo tubo relleno con aglomerante especial.	312	340	2,5	529,80	240	0,28	0,08



CRITERIO TÉRMICO								
TRAMO	DESCRIPCIÓN CABLEADO	S (mm <sup>2</sup> )	Iz (A)	Factores de corrección		Ia (A)	I línea (A)	Sobred. (A)
				K <sub>I</sub>	K			
TRIO 27.6 → Centralización AC	Cable multipolar 3F+N libre de halógenos 0,6/1 kV. Discurre por tubo rígido hasta agrupación de circuitos sobre rejilla metálica.	25	119	K <sub>140°C</sub> = 0,91 K <sub>agru</sub> = 0,72	0,66	77,97	63,68	14,29
TRIO 20.0 → Centralización AC	Cable multipolar 3F+N libre de halógenos 0,6/1 kV. Discurre por tubo rígido hasta agrupación de circuitos sobre rejilla metálica.	25	119	K <sub>140°C</sub> = 0,91 K <sub>agru</sub> = 0,72	0,66	77,97	46,70	31,27
Centralización AC (100kW) → Armario AC (CT)	3F + N Cables unipolares (Al) libres de halógenos 0,6/1 kV. Discurren por canalización bajo tubo con separación 500mm (UNE 20460)	240	272	K <sub>130°C</sub> = 0,93 K <sub>agru</sub> = 0,90	0,84	227,66	220,75	6,91
Armario AC → Cuadro de Baja del CT	3x(3F) + N Cables unipolares (Al) libres de halógenos 0,6/1 kV. Discurren por canalización bajo tubo relleno con aglomerante especial.	720	816	K <sub>125°C</sub> = 0,96 K <sub>agru</sub> = 0,9	0,86	705,02	662,25	42,77

Según se recoge en la ITC-BT-21 del REBT para el trazado subterráneo de corriente alterna desde el inversor hasta la caja de protecciones del armario CA del C.T. y con vías a no sobredimensionar la instalación aplicaremos la fórmula siguiente:

$$\phi_{INT TUBO} = \phi_{EXT CABLE (UNE)} \cdot \sqrt{n \cdot f_c} \text{ (mm)}$$

$\phi_{INT TUBO}$  = Diámetro interior mínimo del tubo (mm)

$\phi_{EXT CABLE (UNE)}$  = Diámetro exterior del cable (obtenido de su ficha técnica ENERGY RV AL 0,6/1kV)

n = número de conductores

$f_c$  = factor corrector de sistema de instalación (Depende del sistema de instalación empleado;  $f_c = 4$  para canalizaciones enterradas)

$$\phi_{INT TUBO} = 25 \cdot \sqrt{4 \cdot 4} = 100 \text{ (mm)}$$

Localizando en el catálogo de tubos para conducciones subterráneas el tubo con diámetro interior superior a 100mm es el de 125mm. no obstante para facilitar la instalación se opta por el diámetro inmediatamente superior de 160mm.

De modo que el diámetro de tubo para la conducción del trazado de alterna desde la centralización de AC hasta el armario de B.T. del C.T. es de 160mm. En cuanto a la zanja, al encontrarse en un terreno privado de tránsito bajo no pesado bastará una profundidad de 40 cm.

Sólo se instalará un circuito por tubo añadiendo uno de reserva por lo que la cantidad de tubos a instalar será de 4.

Para la unión entre la salida del inversor, bandeja metálica y entrada a la cuadro de protecciones de A.C., al ser una derivación individual el diámetro exterior nominal mínimo es de 40mm. La ITC-BT-15 para derivaciones individuales determina que los tubos y canales protectores tengan una sección nominal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100%. Esta exigencia no aplica, dado que esta derivación no es de consumo sino de alimentación, con potencia limitada.

Según las recomendaciones del fabricante el cálculo de la sección útil necesaria de la bandeja metálica a instalar será el siguiente:

Será la suma de todas las secciones de cables previstos y futuros posibles más un coeficiente de relleno.

$$S = \frac{K \cdot (100 + a)}{100} \cdot \sum n$$

S = sección útil necesaria en mm<sup>2</sup>

K = coeficiente de relleno: 1,2 cables pequeños 1,4 cables de potencia

a = porcentaje de ampliación (30%-50%)

$\sum n$  = suma de las secciones de los cables a instalar en la bandeja.



En la instalación tenemos 12 cables  $4 \times 25 \text{ mm}^2$  y localizando su diámetro exterior en el catálogo del fabricante (22,4mm) procedemos al cálculo de la sección  $(\pi \times R^2) = 394,08 \text{ mm}^2$ .  
Siendo la sección total de todo el cableado  $(\Sigma n) = 12 \times 394,08 \text{ mm}^2 \approx 4.729 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{1,4 \cdot (100 + 30)}{100} \cdot 4.729 \approx 8.607 \text{ mm}^2$$

Localizando en el catálogo del fabricante la bandeja metálica que cumple con esas dimensiones es la de dimensiones 200x60 mm. Comprobamos igualmente su resistencia a la carga, siendo el peso por unidad de longitud del cable de 1.170Kg/km. Por lo que el peso total del mazo de 12 cables por metro será de  $12 \times 1,17 = 14,04 \text{ Kg/m} < 48 \text{ Kg/m}$  que soporta la bandeja.

La unión será de tubos fijos sobre superficie, por lo que es de aplicación:

Sección nominal de los conductores unipolares (mm <sup>2</sup> )	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

TRAZADOS EN CANALIZACIONES SUPERFICIALES ORDINARIAS  
Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir

### 8.2.3.2. Aparatación eléctrica de corriente alterna

- protección frente a sobrecorrientes y cortocircuitos

Para la protección contra sobrecorrientes o sobrecargas y cortocircuitos, se instalará un grupo magnetotérmico-diferencial en la caja de protecciones CA.

Para la protección contra sobrecorrientes, el sistema de protección debe cumplir simultáneamente, según norma UNE 20.460 parte 4-43:

$$I_B \leq I_n \leq I_{adm}$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_{adm}$$

donde:

- $I_B$  intensidad de diseño de la línea.
- $I_n$  intensidad de disparo del dispositivo térmico de protección.
- $I_{adm}$  intensidad admisible por el conductor.
- $I_2$  intensidad convencional de funcionamiento del dispositivo de protección.

Para los magnetotérmicos normalizados, la  $I_2 = 1,45 \cdot I_n$  por lo que si se cumple la primera condición se cumple la segunda. Debe elegirse por lo tanto un interruptor automático magnetotérmico cuya intensidad nominal esté entre el valor de diseño de la línea y la intensidad admisible por criterio térmico, siendo:



LÍNEA	I máx	S	I <sub>cc</sub> <sub>max</sub>	V <sub>máx</sub> <sub>tmin</sub>	I adm	I <sub>cc</sub> fusible < I <sub>cc</sub> cable
Rama Inversor CA	63,68 A	25 mm <sup>2</sup>	8,97 A	755,70 V	97,79 A	150A 4.045A
Rama Contadores	220,75 A	150 mm <sup>2</sup>	8,97 A	791,69 V	252,03 A	150A 4.045A

La intensidad de cortocircuito es una de las características técnicas del punto de conexión, suministradas por la compañía distribuidora. Según notificación de Endesa:

Potencia máxima de cortocircuito: 34 MVA

Tensión nominal de servicio: 13,2 kV

Mínima tensión de servicio: 12,276 kV

De donde se sigue:

$$I_{cc} máx = \frac{P_{cc} máx}{V_{min}} = \frac{34 \times 10^6}{12.276} = 2,77 kA$$

Dado que es una única línea deben tomarse las condiciones más restrictivas, es decir que la intensidad de tarado del interruptor debe estar entre 190 y 245 A.

La curva debe ser tal que no se alcance la I<sub>cc</sub> del cable, según la fórmula ya expuesta:

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{143}{\sqrt{t_{cc}}}$$

donde:

I<sub>cc</sub> es la intensidad máxima que soporta el cable durante el cortocircuito.

S es la sección del conductor.

t<sub>cc</sub> es el tiempo que dura el cortocircuito.

### 8.2.3.3. Armario de contadores.

Para las instalaciones fotovoltaicas tenemos la opción de utilizar dos contadores, o bien un único contador bidireccional. Si utilizamos 2 contadores diremos que estarán ubicados entre el inversor y la red, pudiéndose localizar en el armario de protección y medida.

El motivo de utilizar 2 contadores y no uno es el siguiente; utilizaremos uno de ellos para poder cuantificar la energía generada e inyectada a la red por parte del generador fotovoltaico para su facturación, mientras que el otro contador será el encargado de cuantificar el pequeño consumo (< 2kWh/año) en el que incurre el generador fotovoltaico cuando existe ausencia de radiación solar. Además este segundo contador le sirve a la compañía eléctrica para tener controlado los diferentes consumos en los que pudiera incurrir el titular de la instalación.

Como hemos citado anteriormente y según la ITC-BT-16 y el RD 1663/2000 tendremos la posibilidad de usar un único contador bidireccional siempre y cuando tenga una precisión como mínimo a la correspondiente a la clase 2 regulada por el reglamento de puntos de medida en el RD 385/2002, y la ITC en la Orden Ministerial de 12 de Abril de 1999.

El consumo de electricidad del resto del edificio es independiente de la instalación fotovoltaica.



#### 8.2.4. Puesta a tierra de las masas de la instalación.

La puesta a tierra se realizará unificando la tierra de todos los elementos que conforman la instalación fotovoltaica con la de la nave, ya existente. La resistencia máxima de la misma, y debido a la sensibilidad exigida a los equipos de protección contra contactos indirectos, es de:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{50V}{0.3A} = 166,67\Omega$$

siendo:

R	la resistencia máxima de la toma de tierra.
V	es la tensión de contacto máxima admisible (50V según RBT ITC-BT-18 apartado 9, para un local o emplazamiento no conductor)
I	es la sensibilidad del equipo de protección contra contactos indirectos (300 mA).

Lo que coincide con las necesidades de puesta a tierra de la nave, por lo que la instalación existente puede utilizarse.

- Diseño de conductores

Al contar la instalación con conductores de sección mayor a 35 mm<sup>2</sup>, la sección de los conductores de protección, según REBT ITC-BT-18, debe ser mayor a la mitad de la sección del conductor de mayor sección. Por tanto, las masas se unirán a la regleta de tierras a través de un cable de 95 mm<sup>2</sup> libre de halógenos de 450 V de tensión asignada y 750 V de aislamiento.

- Independencia de tierras

Para que la tierra de la instalación sea independiente de la de red, un defecto en una de ellas no debe provocar una tensión transferida superior a 50 V. Para realizar el cálculo, vamos a suponer que las picas de la puesta a tierra de la nave se comportan como electrodos semiesféricos. Por tanto, la tensión transferida en función de la distancia es:

$$V(x) = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot x}$$

siendo:

I <sub>d</sub>	la intensidad máxima de defecto (300 mA).
ρ	es la resistividad del terreno.
x	es la distancia entre picas.

Para una tensión de 50 V se obtiene una distancia de:

$$x = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot V(x)} = \frac{500 \cdot 0,3}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,47m$$

Muy inferior a la existente de 40 m.

### 8.3. Cálculos PVSyst

A continuación se muestran los resultados de las simulaciones realizadas por el programa PVSyst V3.7. Se han realizado dos simulaciones por correspondencia de potencias de inversores ya que el resultado final es la combinación de tres conjuntos de las simulaciones presentadas (2xTRIO 20) y (2xTRIO 27).

## Sistema conectado a la red: Parámetros de simulación

**Proyecto :** 300kW Ejea de los Caballeros

**Lugar geográfico** Ejea de los Caballeros **País** España

**Situación** Latitud 42.1 °N Longitud 1.1 °W  
 Hora definida como Hora legal Zona horaria UT+1 Altitud 607 m  
 Albedo 0.20

**Datos meteorológicos :** Ejea de los Caballeros , synthetic hourly data

**Variante de simulación :** 44 kWp 2x TRIO 20.0

Fecha de simulación 11/09/13 12h15

### Parámetros de simulación

**Orientación de plano de colector** Inclinación 30° Azimut 0°

**Horizonte** Horizonte libre

**Sombras próximas** Sin sombras

### Características de campo FV

<b>Módulo FV</b>	Si-mono	<b>Modelo</b>	<b>ISF-250</b>		
		<b>Fabricante</b>	Isofoton		
<b>Número de módulos FV</b>		<b>En serie</b>	22 módulos	<b>En paralelo</b>	8 cadenas
<b>Total número de módulos FV</b>		<b>Nº módulos</b>	176	<b>Potencia nom. un.</b>	250 Wp
<b>Potencia total campo</b>		<b>Nominal (STC)</b>	<b>44 kWp</b>	<b>En cond. funcionamiento</b>	39 kWp (50 °C)
<b>Condiciones de operación del campo (50 °C)</b>		<b>U mpp</b>	599 V	<b>I mpp</b>	65 A
<b>Superficie total</b>		<b>Superficie de módulo</b>	<b>292 m²</b>	<b>Superficie célula</b>	257 m²

### Factores de pérdida de campo FV

<b>Factor de pérdida de calor</b>	<b>ko (const)</b>	31.3 W/m²K	<b>kv (viento)</b>	0.0 W/m²K / m/s
=> Temp. nom. func. col. (800 W/m², Tamb=20 °C, viento 1 m/s)			<b>NOCT</b>	43 °C
<b>Pérdida óhmica de cables</b>	<b>Res. campo total</b>	92.3 mOhm	<b>Fracción de pérdida</b>	0.9 % en STC
<b>Pérdida de diodos serie</b>	<b>Caída de tensión</b>	0.7 V	<b>Fracción de pérdida</b>	0.1 % en STC
<b>Pérdida de calidad de módulo</b>			<b>Fracción de pérdida</b>	0.0 %
<b>Pérdida de desadaptación de módulo</b>			<b>Fracción de pérdida</b>	2.0 % en MPP
<b>Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE</b>	<b>IAM =</b>	1-bo (1/cos i - 1)	<b>Parámetro bo</b>	0.05

**Parámetro del sistema** Tipo de sistema **Sistema conectado a la red**

<b>Inversor</b>	<b>Modelo</b>	<b>TRIO-20.0-TL-OUTD</b>		
	<b>Fabricante</b>	PowerOne		
<b>Características de inversor</b>	<b>Tensión de funcionamiento</b>	440-800 V	<b>Potencia nom. un.</b>	22 kW AC
<b>Paquete inversor</b>	<b>Número de inversor</b>	2 unidades	<b>Potencia total</b>	44 kW AC

**Necesidades de los usuarios :** Carga ilimitada (red)

## Sistema conectado a la red: Resultados principales

**Proyecto :** 300kW Ejea de los Caballeros

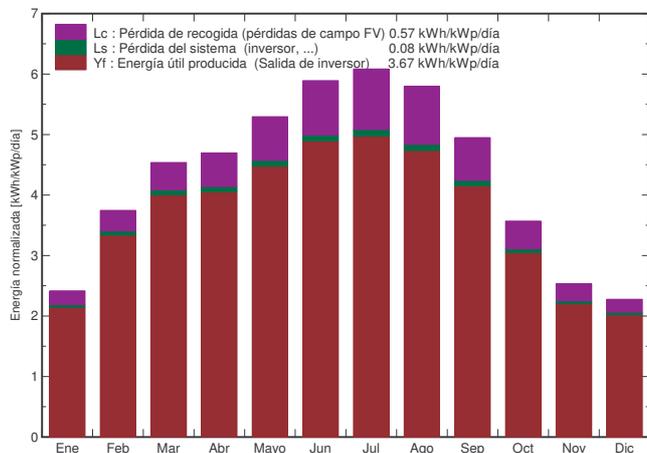
**Variante de simulación :** 44 kWp 2x TRIO 20.0

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
Orientación de campo FV	inclinación	30°	azimut 0°
Módulos FV	Modelo	ISF-250	Pnom 250 Wp
Campo FV	Nº de módulos	176	Pnom total <b>44 kWp</b>
Inversor	Modelo	TRIO-20.0-TL-OUTD	Pnom 22 kW ac
Paquete inversor	Nº de unidades	2	Pnom total <b>44 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

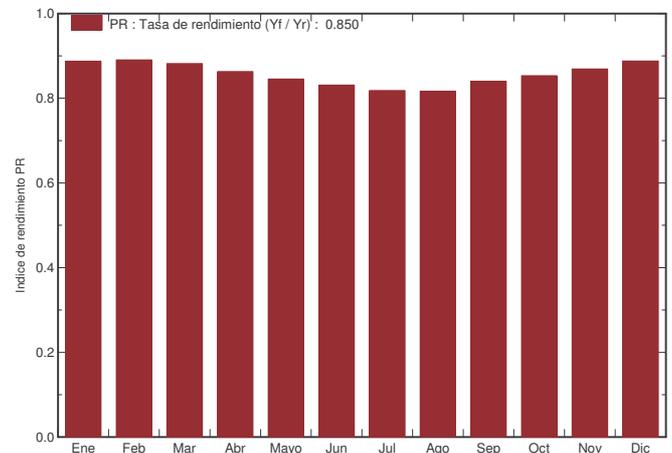
### Resultados de simulación principales

Producción del sistema	<b>Energía producida</b>	<b>59.0 MWh/año</b>	Específico	1340 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento PR	85.0 %		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 44 kWp



Índice de rendimiento PR



### 44 kWp 2x TRIO 20.0

#### Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	T Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	EOutInv kWh	EffArrR %	EffSysR %
Enero	51.8	3.70	74.9	72.5	2985	2926	13.66	13.39
Febrero	74.2	4.90	104.9	101.8	4198	4111	13.72	13.44
Marzo	118.4	8.10	140.7	136.3	5572	5459	13.58	13.31
Abril	133.5	10.60	140.9	136.5	5465	5351	13.30	13.02
Mayo	166.8	15.40	164.2	159.0	6236	6107	13.03	12.76
Junio	186.3	19.80	176.7	171.1	6597	6463	12.80	12.54
Julio	195.3	22.30	188.6	182.9	6934	6789	12.61	12.34
Agosto	173.0	22.10	179.8	174.4	6599	6459	12.59	12.32
Septiembre	129.6	18.70	148.5	143.9	5601	5488	12.93	12.67
Octubre	86.2	14.10	110.7	107.3	4241	4155	13.14	12.87
Noviembre	54.6	8.10	76.0	73.6	2967	2907	13.38	13.11
Diciembre	45.0	4.90	70.5	68.3	2813	2756	13.67	13.40
Año	1414.6	12.77	1576.4	1527.6	60206	58971	13.10	12.83

Leyendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del campo
	T Amb	Temperatura ambiente	EOutInv	Energía disponible en la salida de inversor
	GlobInc	Incidente total en plano col.	EffArrR	Efic. campo Esal / sup. bruta
	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombras	EffSysR	Efic. sistema Esal / sup. bruta

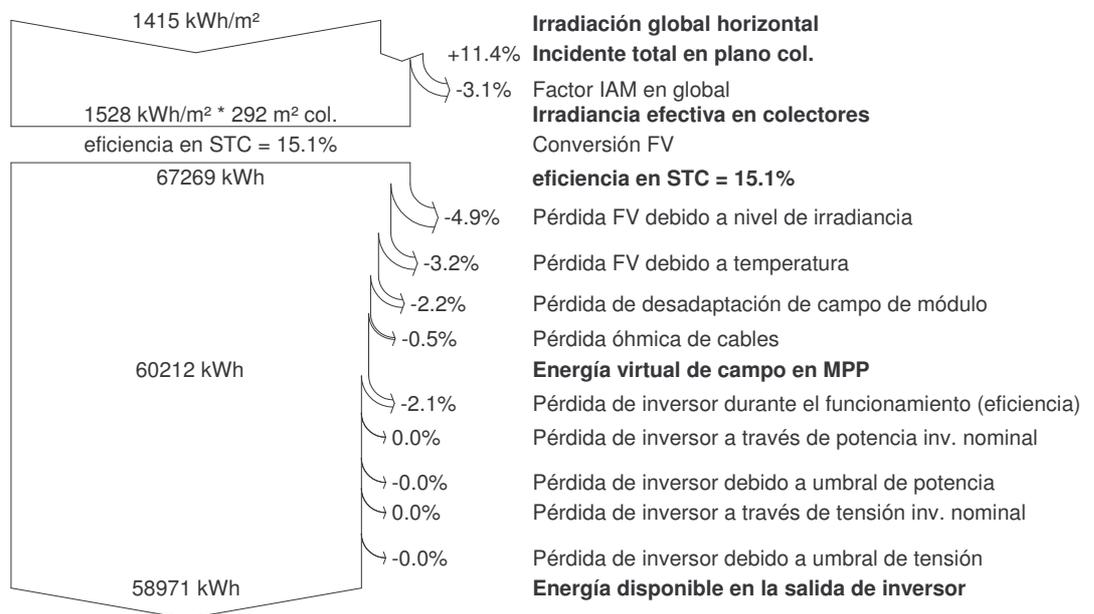
## Sistema conectado a la red: Diagrama de pérdidas

**Proyecto :** 300kW Ejea de los Caballeros

**Variante de simulación :** 44 kWp 2x TRIO 20.0

<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>Conectado a la red</b>	
Orientación de campo FV	inclinación	30°	azimut 0°
Módulos FV	Modelo	ISF-250	Pnom 250 Wp
Campo FV	Nº de módulos	176	Pnom total <b>44 kWp</b>
Inversor	Modelo	TRIO-20.0-TL-OUTD	Pnom 22 kW ac
Paquete inversor	Nº de unidades	2	Pnom total <b>44 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

### Diagrama de pérdida durante todo el año



## Sistema conectado a la red: Parámetros de simulación

**Proyecto :** 300kW Ejea de los Caballeros**Lugar geográfico** Ejea de los Caballeros **País** España

<b>Situación</b>	Latitud	42.1 °N	Longitud	1.1 °W
Hora definida como	Hora legal	Zona horaria UT+1	Altitud	607 m
	Albedo	0.20		

**Datos meteorológicos :** Ejea de los Caballeros , synthetic hourly data**Variante de simulación :** 63 kWp 2x TRIO 27.6

Fecha de simulación 11/09/13 12h13

**Parámetros de simulación****Orientación de plano de colector** Inclinación 30° Azimut 0°**Horizonte** Horizonte libre**Sombras próximas** Sin sombras**Características de campo FV**

<b>Módulo FV</b>	Si-mono	Modelo	<b>ISF-250</b>		
		Fabricante	Isofoton		
Número de módulos FV		En serie	21 módulos	En paralelo	12 cadenas
Total número de módulos FV		Nº módulos	252	Potencia nom. un.	250 Wp
Potencia total campo		Nominal (STC)	<b>63 kWp</b>	En cond. funcionamiento	56 kWp (50 °C)
Condiciones de operación del campo (50 °C)		U mpp	572 V	I mpp	97 A
Superficie total		Superficie de módulo	<b>418 m²</b>	Superficie célula	368 m²

**Factores de pérdida de campo FV**

Factor de pérdida de calor	ko (const)	31.3 W/m²K	kv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
=> Temp. nom. func. col. (800 W/m², Tamb=20 °C, viento 1 m/s)			NOCT	43 °C
Pérdida óhmica de cables	Res. campo total	58.7 mOhm	Fracción de pérdida	0.9 % en STC
Pérdida de diodos serie	Caída de tensión	0.7 V	Fracción de pérdida	0.1 % en STC
Pérdida de calidad de módulo			Fracción de pérdida	0.0 %
Pérdida de desadaptación de módulo			Fracción de pérdida	2.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1-bo (1/cos i - 1)	Parámetro bo	0.05

**Parámetro del sistema** Tipo de sistema **Sistema conectado a la red**

<b>Inversor</b>	Modelo	<b>TRIO-27.6-TL-OUTD</b>		
	Fabricante	PowerOne		
Características de inversor	Tensión de funcionamiento	500-800 V	Potencia nom. un.	30 kW AC
Paquete inversor	Número de inversor	2 unidades	Potencia total	60 kW AC

**Necesidades de los usuarios :** Carga ilimitada (red)

## Sistema conectado a la red: Resultados principales

**Proyecto :** 300kW Ejea de los Caballeros

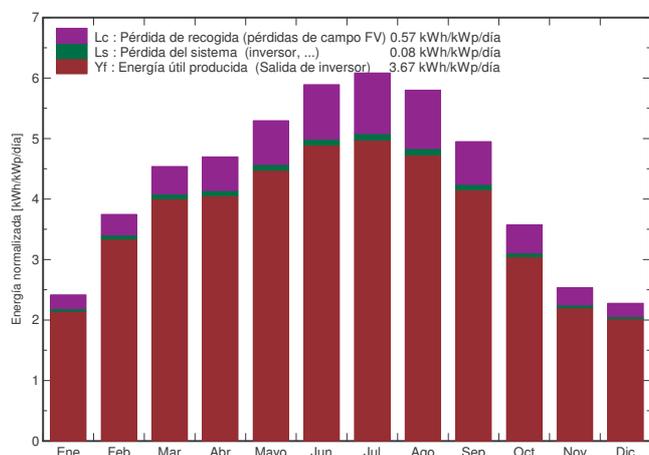
**Variante de simulación :** 63 kWp 2x TRIO 27.6

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
Orientación de campo FV	inclinación	30°	azimut 0°
Módulos FV	Modelo	ISF-250	Pnom 250 Wp
Campo FV	Nº de módulos	252	Pnom total <b>63 kWp</b>
Inversor	Modelo	TRIO-27.6-TL-OUTD	Pnom 30 kW ac
Paquete inversor	Nº de unidades	2	Pnom total <b>60 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

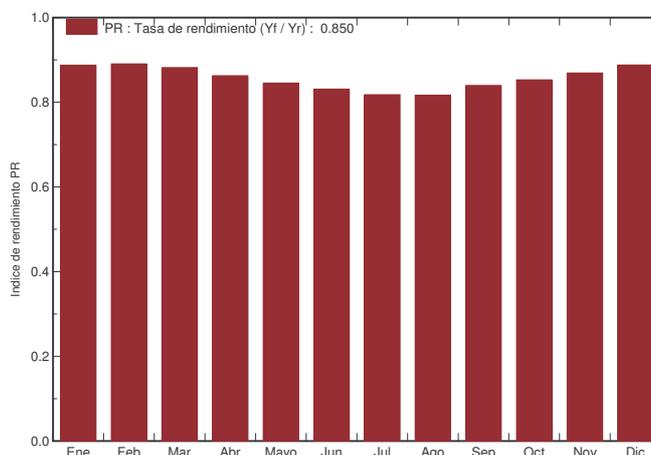
### Resultados de simulación principales

Producción del sistema	<b>Energía producida</b>	<b>84.4 MWh/año</b>	Específico	1340 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento PR	85.0 %		

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 63 kWp



Índice de rendimiento PR



### 63 kWp 2x TRIO 27.6

#### Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	T Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	EOutInv kWh	EffArrR %	EffSysR %
Enero	51.8	3.70	74.9	72.5	4273	4188	13.66	13.39
Febrero	74.2	4.90	104.9	101.8	6009	5885	13.72	13.44
Marzo	118.4	8.10	140.7	136.3	7977	7816	13.58	13.30
Abril	133.5	10.60	140.9	136.5	7823	7660	13.30	13.02
Mayo	166.8	15.40	164.2	159.0	8927	8743	13.02	12.75
Junio	186.3	19.80	176.7	171.1	9444	9252	12.80	12.54
Julio	195.3	22.30	188.6	182.9	9926	9718	12.60	12.34
Agosto	173.0	22.10	179.8	174.4	9446	9246	12.58	12.32
Septiembre	129.6	18.70	148.5	143.9	8019	7857	12.93	12.67
Octubre	86.2	14.10	110.7	107.3	6072	5948	13.14	12.87
Noviembre	54.6	8.10	76.0	73.6	4247	4162	13.38	13.11
Diciembre	45.0	4.90	70.5	68.3	4026	3945	13.67	13.39
Año	1414.6	12.77	1576.4	1527.6	86190	84420	13.09	12.82

Leyendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	EArray	Energía efectiva en la salida del campo
	T Amb	Temperatura ambiente	EOutInv	Energía disponible en la salida de inversor
	GlobInc	Incidente total en plano col.	EffArrR	Efic. campo Esal / sup. bruta
	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombras	EffSysR	Efic. sistema Esal / sup. bruta

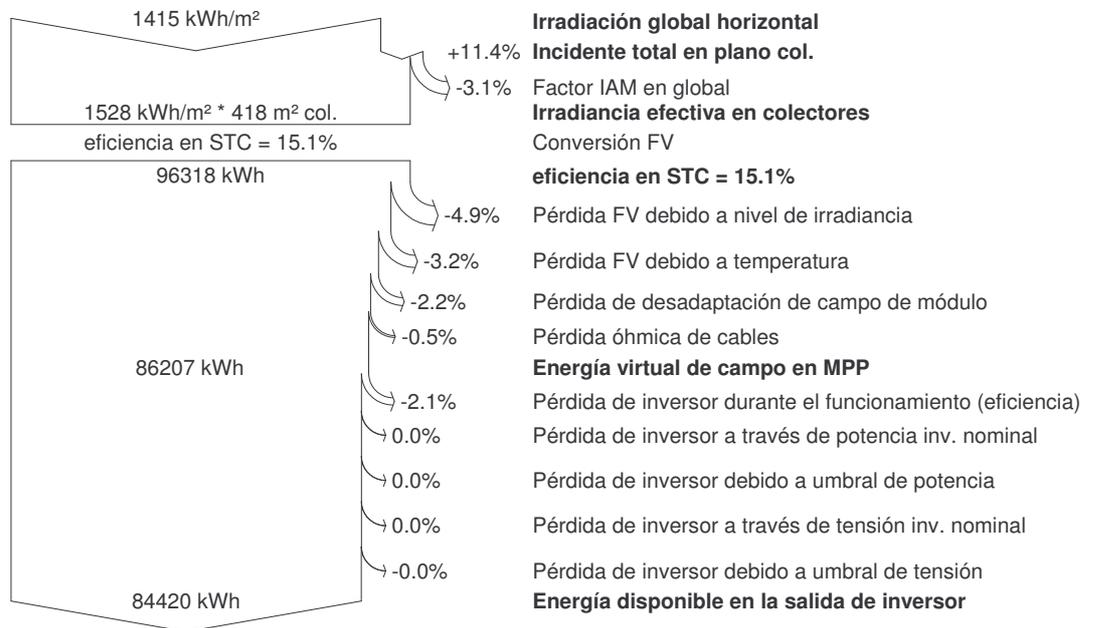
## Sistema conectado a la red: Diagrama de pérdidas

**Proyecto :** 300kW Ejea de los Caballeros

**Variante de simulación :** 63 kWp 2x TRIO 27.6

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red	
Orientación de campo FV	inclinación	30°	azimut 0°
Módulos FV	Modelo	ISF-250	Pnom 250 Wp
Campo FV	Nº de módulos	252	Pnom total <b>63 kWp</b>
Inversor	Modelo	TRIO-27.6-TL-OUTD	Pnom 30 kW ac
Paquete inversor	Nº de unidades	2	Pnom total <b>60 kW ac</b>
Necesidades de los usuarios	Carga ilimitada (red)		

### Diagrama de pérdida durante todo el año



# **INSTALACIÓN MEDIA TENSION (M.T.)**



## 9. MEMORIA PROYECTO M.T.

### 9.1. Objeto del proyecto.

Es objeto de este proyecto la evacuación de la energía generada por la instalación fotovoltaica de 300kW sobre línea aérea de 20kV.

Del estudio de la infraestructura eléctrica existente, de las necesidades energéticas (potencia demandada), de las condiciones de suministro dadas por ENDESA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U. así como las características del terreno, se ha optado por la solución de construir un centro de transformación de características normalizadas de tipo interior prefabricado a tensión de 20kV.

En el presente proyecto, se establecen las características que deberán reunir las instalaciones, en cumplimiento de lo que establezcan los Reglamentos e Instrucciones Técnicas Complementarias vigentes.

Así mismo, se tendrán presentes las Normas UNE, Recomendaciones UNESA y normas particulares de ENDESA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U. y la siguiente normativa aplicable:

- Reglamento de líneas aéreas de alta tensión (decreto 3151 de 20 de noviembre de 1968).
- Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias (RD 3275/82).
- Instrucciones técnicas complementarias (orden de 6 julio de 1984).
- REBT (Decreto 842/2002)

### 9.2. Instalaciones comprendidas en este proyecto.

#### **LINEA DE ALTA TENSION.**

Origen: Línea aérea "Rivas-Farasdues" a 20 kV., en el apoyo A-927.496.

Final: Centro de transformación de 630kVA.

Tipo: Interior.

Tensión de servicio: 20 kV.

Conductores: S = 3x54,6 Al-ac / 3x240 mm<sup>2</sup> 18/30 kV. RHZ1.

#### **ESTACION TRANSFORMADORA.**

Emplazamiento: Ejea de los Caballeros, Zaragoza.

Tipo: Interior.

Potencia: 630 kVA.

Relación de transformación: 20.000/420-230 V.

Medida en: Baja tensión en los SFCR.

#### **LINEA DE BAJA TENSION.**

Origen: Contador de la SFCR.

Final: Centro de transformación a instalar.

Tipo: Subterránea.

Tensión de servicio: 400-230 V.

Longitud total: 0,245 m.

Conductores: S=3x240+0x150 mm<sup>2</sup> Aluminio.

Aislamiento: Polietileno reticulado.



### **9.3. Programa de necesidades y potencia instalada en kVA.**

Según se establece en el RD 1663/2000, art.4 determinación de las condiciones técnicas de la conexión y la Normativa Técnica Particular (NTP) de FECSA ENDESA, conexión de la instalación fotovoltaica, la suma de las potencias de las instalaciones en régimen especial conectadas a una línea de baja tensión no podrá superar la mitad de la capacidad de transporte de dicha línea en el punto de conexión, por lo que habrá que duplicar la potencia de los centros de transformación con respecto a la potencia de generación.

Potencia de la agrupación solar (Psolar): 300 kW.

Potencia a instalar:  $2 \times \text{Psolar} = 2 \times 300 \text{ kW} = 600 \text{ kW}$ .

Con objeto de determinar la potencia normalizada del transformador dividiremos esta por el factor de potencia previsible de las instalaciones:

$$\begin{aligned} \text{Potencia aparente} &= \text{Potencia activa a instalar} / \cos \varphi = \\ &= 600 / 0,98 = 612,25 \text{ VA.} \end{aligned}$$

La potencia aparente a instalar será de 612,25 kVA., por lo cual instalaremos un transformador de 630 kVA (Potencia aparente a instalar = 612,25 kVA. < Potencia transformadores 630 kVA.).

### **9.4. Punto de conexión.**

La energía se inyectará a la línea aérea de alta tensión existente denominada "L.A.M.T. "Rivas-Farasdues" propiedad de la Compañía suministradora ENDESA DISTRIBUCION ELECTRICA (E.D.E.). La energía se recibirá en forma de corriente trifásica a frecuencia de 50 Hertzios y a una tensión nominal de 20 kV.

El apoyo existente (Apoyo del tipo TR C-18 / 1.000 kg. S=2,40 m.), se sustituirá por uno de similares características no cambiando las condiciones de la propia línea de alta tensión, se instalará un apoyo metálico del tipo TR C-20 4.500 Kg. S=1,80 m., en este se instalará doce (12) cadenas de amarre de material del tipo polimérico de la marca Ohio Brass de Ibérica de Aparellaje o similar (CS22/3 170/555), dos medias crucetas de derivación, homologadas por la C.S.E.-ENDESA.

La sustitución del apoyo se realizará mediante técnicas de trabajo en tensión a contacto, realizado por empresa homologada.

### **9.5. Características generales de la línea de Alta Tensión.**

La línea tendrá cinco (5) apoyos y efectuará un cruzamiento con un camino vecinal sin asfaltar.

#### **9.5.1. Descripción del cable desnudo de alta tensión existente.**

El conductor que está instalado actualmente en la línea de alta tensión a entroncar es del tipo Al-ac de S=54,6 mm<sup>2</sup>.

#### **9.5.2. Conductor desnudo de alta tensión a instalar.**

El conductor que se instalará en la línea de alta tensión que alimenta al centro de transformación a proyectar, será del tipo Al-ac de S=54,6 mm<sup>2</sup> recubierto de aluminio



por proceso de sinterización (alumoweld), según la carta de condiciones técnicas de la C.S.E.- ENDESA, cumpliendo con ello las condiciones de seguridad reforzada exigidas por el R.A.T. para cruzamientos y paralelismos.

Características del conductor, según norma UNE 21.018:

- Denominación .....	LAR-56 alumoweld
- Sección del conductor .....	54,60 mm <sup>2</sup>
- Sección transversal Al .....	46,80 mm <sup>2</sup>
- Sección transversal Ac .....	7,80 mm <sup>2</sup>
- Diámetro cable completo.....	9,45 mm.
- Carga de rotura .....	1.678 Kg.
- Peso lineal .....	179,5 Kg./Km.
- Conductividad .....	29,8
- Resistencia eléctrica a 20 ° C. ....	0,58077 Ohm/Km.
- Densidad de corriente admisible .....	3,89 A/mm <sup>2</sup> .
- Modulo de elasticidad .....	8.100 Kg./mm <sup>2</sup>
- Coef. dilatación lineal .....	19,1 x 10-6
- Nº hilos de aluminio .....	6
- Nº hilos de acero .....	1
- Nº hilos total .....	7

### 9.5.3. Apoyos metálicos a instalar.

Los apoyos serán galvanizados de la casa Postemel o similar, siendo el esfuerzo y la altura según se indica a continuación. Se mantendrá la misma separación entre crucetas con objeto de no modificar las condiciones existentes de la línea de alta tensión:

APOYO nº1, Apoyo de entronque a instalar, será del tipo fin de línea del tipo doble circuito D/C, C-20m. 4.500Kg., S=1,80m. (Apoyo soldado según AENOR 0015:2003), se montarán doce (12) cadenas de amarre tipo polimérico.

APOYOS nº 2 y 3, serán del tipo alineación y doble circuito D/C, C-20m. 4.500Kg., S=1,80m. (Apoyo soldado según AENOR 0015:2003), se montarán seis (6) cadenas de amarre tipo polimérico.

APOYO nº4, Apoyo de entronque a instalar, será del tipo fin de línea del tipo doble circuito D/C, C-16m. 4.500Kg., S=1,80m. (Apoyo soldado según AENOR 0015:2003), se montarán doce (12) cadenas de amarre tipo polimérico.

APOYO nº5, será del tipo fin de línea Tr C-20m. 4.500Kg. S=1,80m. (Apoyo soldado según AENOR 0015:2003), se montarán 3 cadenas de amarre del tipo polimérico, 3 pararrayos autovalvulares con explosor del tipo ZQ-30kV. De 10kA., 3 seccionadores unipolares inveridos del tipo SELA, 1 kit terminal de tres puntas para cable seco de aislamiento 18/30kV., de sección S=1x240mm<sup>2</sup> del tipo exterior.

La bajada del conductor seco se instalará en el interior de un tubo metálico galvanizado de diámetro 4", este tubo llegará hasta una altura de 6m., sobre el nivel del suelo como mínimo. El tubo se sellará por la parte superior con silicona para impedir la entrada de aguas.



El cable seco de alta tensión, pasará al pie del apoyo por una arqueta de fundición de grafito esferoidal del tipo A-1, según la norma O.N.S.E. 01.01-14<sup>a</sup>. El trazado subterráneo continuará hasta el centro de transformación.

#### 9.5.4. *Cimentación de apoyos.*

La cimentación de los apoyos se hará siguiendo las indicaciones reflejadas en la memoria de cálculo, para cada tipo de apoyo. Como base de nivelación del fondo de la excavación del apoyo se echará una capa de 10 cm. de hormigón en masa (hormigón de limpieza).

En los casos de fácil acceso hasta los apoyos, se cimentará con camiones hormigoneras procedentes de planta de hormigonado homologado por la administración correspondiente, se utilizará hormigón de resistencia HA-25 Kg/cm<sup>2</sup>, como mínimo.

En los casos de difícil acceso, donde no sea posible hormigonar con camión hormigonera, se fabricará este in situ, utilizando la siguiente dosificación de cemento de resistencia HA=25 Kg/cm<sup>2</sup>, siendo la composición normal:

- Cemento: 1
- Arena: 3
- Grava: 6
- Agua: Variable según el tipo de áridos empleado.

Los macizos sobrepasarán el nivel del suelo 10 cm. como mínimo en terrenos normales, y 20 cm. en terreno de cultivo. La parte superior del macizo se terminará en forma de punta de diamante a base de mortero rico en cemento. La punta tendrá una pendiente de un 10 % como mínimo, sirviendo esta de vierteaguas en caso de lluvias.

Se dejará un conducto de polietileno flexible (tubo forroplast Ø=32 mm., como mínimo) empotrado en la cimentación del apoyo para poder pasar el cable de tierra del apoyo. Este conducto deberá salir unos 30 cm. bajo el nivel del suelo y en la parte superior de la cimentación saldrá junto al angular o montante del propio apoyo.

#### 9.5.5. *Puesta a tierra de apoyos.*

Cada apoyo llevará una puesta a tierra independiente, compuesto por:

- Una pica de tierra de acero-cobreado de longitud 2 m. y diámetro 14 mm.
- Una grapa de unión (soldadura aluminotérmica).
- 1 cable de cobre de sección S=1x50 mm<sup>2</sup>.

#### 9.5.6. *Placas señalización de apoyos.*

A una altura de 3 m. del suelo y en la cara más visible de cada apoyo se instalará placas de peligro de muerte, con sujeción roscada.

#### 9.5.7. *Aislamiento de la línea de alta tensión.*

El aislamiento de toda la instalación aérea será de 36 kV., las cadenas de amarre serán de material Polimérico a base de goma de silicona (CS70AB 125/455), de la marca INAEL (IN-21031-A) o similar, con las siguientes características:



- Núcleo resistente dieléctrico, transmite los esfuerzos mecánicos producidos por los conductores y proporciona el necesario aislamiento eléctrico.
- Revestimiento dieléctrico hidrófugo alrededor del núcleo que comprende también las aletas de igual o diferente diámetro, protegiendo el núcleo de los agentes exteriores proporcionándole estanqueidad, le impedirá la formación de una película continua de agua. Proporciona la línea de fuga necesaria para obtener el aislamiento superficial requerido.
- Acoplamientos de extremos solidarios con el núcleo, transmiten los esfuerzos mecánicos del conductor a un extremo del núcleo y del otro extremo del núcleo al apoyo. La conexión al núcleo se realizará mediante compresión radial, de tal forma que se obtenga una distribución uniforme de la carga mecánica alrededor de la superficie del núcleo.
- Las cadenas de aisladores compuestos están constituidas además por los herrajes y grapas necesarias para completarlas (Grillete, rotula y grapas de amarre/suspensión), presentarán las siguientes características:

Línea de fuga mínima	550 mm.
Distancia mínima de cebado	270 mm.
Carga mecánica mínima	70 kN.
Longitud aproximada	455 mm.
Tensión soportada a Impulso tipo rayo ( $U_i$ )	125 kV.
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia ( $U_l$ )	50 kV.

#### 9.5.8. Autoválvulas (MIE RAT-09).

De acuerdo con la MIE-RAT-09, se dispondrá para la protección contra sobretensiones de 3 pararrayos autovalvulares de 30 kV., que necesariamente tendrán una intensidad de descarga de 10 kA., como mínimo.

Los bornes de tierra de estas autoválvulas se unirán a la toma de tierra de acuerdo con lo establecido en la MIE-RAT-13, art. 7.1. descargadores de sobretensiones, conectando estos a la puesta a tierra del aparato que protejan, su recorrido deberá ser el mínimo posible y sin cambios bruscos de dirección, se empleará para su puesta a tierra conductor de cobre de sección  $S=50 \text{ mm}^2$ , con aislamiento en polietileno reticulado a 0,6/1 kV., bajo tubo de acero de  $D=16 \text{ mm}$ .

Deberán presentar las siguientes características técnicas:

Corriente nominal de descarga.	10 kA.
Tensión asignada ( $U_r$ )	$\geq 25 \text{ kV}$ .
Margen de protección:	$> 77 \%$
Tensión máxima de servicio continuo ( $U_c$ )	$\geq 24,4 \text{ kV}$ .
Tensión residual	$\leq 96 \text{ kV}$ .
Línea de fuga	$\geq 750 \text{ mm}$ .
Envoltente	Polimérica

Los pararrayos deberán de disponer de una trenza de cobre de puesta a tierra flexible de 500 mm., de longitud.

#### 9.5.9. Seccionadores unipolares (MIET RAT-09).



De acuerdo con la NTP, apart. estructura de la red, se dispondrá para la maniobra de la línea de alta tensión un dispositivo de seccionamiento que aisle la línea.

Se instalarán tres seccionadores unipolares invertidos del tipo SELA de 36 kV. 400 A., de la marca Andel o similar. Estos seccionadores se conectarán a la toma de tierra, se empleará para su puesta a tierra conductor de cobre de sección  $S=50 \text{ mm}^2$ , con aislamiento en polietileno reticulado a 0,6/1 kV., bajo tubo de acero de  $D=16 \text{ mm}$ .

#### 9.5.10. Paso de la línea aérea a subterránea.

La línea aérea terminará en el cuarto apoyo pasando de aérea a subterránea, para pasar de la línea aérea de  $S=54,6 \text{ mm}^2$  al cable unipolar de campo radial de aluminio homogéneo, con aislamiento a base de polietileno reticulado de sección  $S=1 \times 240 \text{ mm}^2$  RHZ1 18/30 kV., se empleará un kit terminal de exterior de 18/30 kV., de tres puntas de la marca M3 o similar.

El conductor seco de alta tensión se instalará en un tubo de acero galvanizado de diámetro 4", este tubo llegará hasta una altura de 6 m. sobre el nivel del suelo. El tubo se sellará por la parte superior con silicona para impedir la entrada de aguas.

El cable seco de alta tensión, pasa al pie del apoyo por una arqueta circular de fundición de grafito esferoidal, según la norma O.N.S.E. 01.01-14A. El trazado subterráneo continuará hasta el centro de transformación de forma subterránea, los tres conductores de alta tensión, irán alojados en un tubo protector de polietileno de  $D = 200 \text{ mm}$ ., de diámetro, el conjunto se alojará en una zanja que se practicará a lo largo del trazado proyectado.

Las dimensiones de esta zanja serán de 800 mm. de ancho por 1.000 mm. De profundidad, como mínimo. Los tubos de polietileno, irán colocados en un lecho de arena fina, recubiertos con una capa de hormigón ligero de aproximadamente 100 mm. de espesor, cinta señalizadora completando la zanja con tierra debidamente apisonada, restituyendo el firme original.

#### 9.5.11. Características del conductor de alta tensión 18/30kV

El conductor que se empleará será de cable unipolar de campo radial de aluminio homogéneo de clase 2, de triple extrusión (semiconductor interior, aislamiento de polietileno reticulado XLPE y semiconductor exterior) y apantallado, construido según norma UNE-21.123 en correspondencia con IEC-502, reuniendo las siguientes características:

Sección nominal	240 mm <sup>2</sup> .
Denominación	UNE RHZ1 H-16 18/30 kV.
Tensión máx. de utilización	36 kV.
Tensión de ensayo a 50 Hz.	70 kV.
Tensión de ensayo onda tipo rayo	170 kV.
Int. Admisible al aire (40° C)	435 Amperios.
Int. Admisible enterrado (25° C)	415 Amperios.
Límite térmico en el conductor	22,3 kA. (t=250 °C 1 seg.)
Límite térmico pantalla	2,9 kA. (t=160 °C 1 seg.)
Material aislante XLPE	UNE-21.123 (e=8 mm.)
Cubierta color rojo	Poliolefina (e=2 mm.)
Diámetro aparente conductor	17,8 – 19,2 mm.
Radio mínimo de curvatura	620 mm.



Longitud de bobina	1000 ± 3%
Resistencia máx. óhmica a 90°C	0,125 Ω/Km.
Capacidad	0,256 μF/Km.
Reactancia a 50 Hz.	0,113 Ω/Km.

El cable deberá disponer de un componente que tenga efecto bloqueante a la propagación longitudinal del agua entre la pantalla semiconductor externa y cubierta.

Para la elección del cable, hemos tenido en cuenta los siguientes puntos:

- La tensión nominal y la tensión más elevada de la red.
- La duración máxima del eventual funcionamiento del sistema con una fase a tierra.
- La potencia a transportar.
- La longitud de la línea.
- Las condiciones de la instalación.

Los extremos de esta acometida de alta tensión a 20 kV., irán rematados con un kit terminal unipolar especial para este tipo de cable del tipo exterior y tres kit terminales del tipo enchufables, engastados hidráulicamente realizando con punzonado profundo con un mínimo de dos punzonados.

#### *9.5.12. Accesorios del conductor de alta tensión 18/30 kV. – Terminales de exterior.*

Los conductores de alta tensión estarán equipados mediante accesorios termoretráctiles o materiales premoldeados como son kit terminales de exterior. No se admitirán accesorios basados en encintados, solamente se admitirán cintas en operaciones de relleno y de obturación, nunca en emisiones de aislamiento o de cubierta.

Estos accesorios serán de marcas reconocidas y además deberá cumplir con la norma UNE 21.115.

Las puntas de los cables estarán rematadas mediante terminales bimetalicos engastados hidráulicamente realizado con punzonado profundo con un mínimo de dos punzonados, deberá presentar una intensidad máxima de 330 A. ( $t=70^{\circ}$  C), límite térmico de 15kA. ( $t=180^{\circ}$  C durante 1 s.).

#### *9.5.13. Terminales enchufables apantallados.*

Se instalarán preferentemente seis (entrada y salida de L.M.T.), conectores apantallados prefabricados del tipo K400TB de la marca Elastimold o similar, estarán constituidos por un terminal bi-metálico de aluminio-cobre engastado hidráulicamente mediante punzonado profundo, sin debilitamiento de la sección ni producción de vacíos superficiales.

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



Los centros de transformación objeto del presente proyecto serán de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica según norma UNE-20.099.

La acometida al mismo será subterránea, se alimentará en punta de la red de media tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 20 kV., y una frecuencia de 50 Hz.

#### *9.6.1. Obra civil.*

El centro de transformación estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad. La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo PFU-4/1T/20, de dimensiones exteriores 2.380 x 4.460 x 3240 (mm).de (anchuraxlongitudxaltura) respectivamente, de la marca Ormazabal o similar cuyas características se describen en el siguiente apartado de esta memoria.

El acceso a los centros de transformación estará restringido al personal de la Cía. Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso mediante la llave normalizada por la Cía. Eléctrica.

#### *9.6.2. Características de los locales.*

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón modelo PFU-4/1T/20., de la marca Ormazabal o similar. Las características más destacadas se describen a continuación

#### *9.6.3. Compacidad.*

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

- calidad en origen,
- reducción del tiempo de instalación,
- posibilidad de posteriores traslados.

#### *9.6.4. Facilidad de instalación.*

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

#### *9.6.5. Material.*

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado.

Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de su fabricación) y una perfecta impermeabilización.



#### *9.6.6. Equipotencialidad.*

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la RU-1.303A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios (RU-1303A). Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

#### *9.6.7. Impermeabilidad.*

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

#### *9.6.8. Grados de protección.*

Serán conformes a la UNE 20.324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP-239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP-339. Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación.

#### *9.6.9. Envolvente.*

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica. La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

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

#### *9.6.10. Suelos.*

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

#### *9.6.11. Cuba de recogida de aceite.*

La cuba de recogida de aceite se integrará en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad de 760 litros, estando así diseñada para recoger en su interior todo el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base. En la parte



superior irá dispuesta una bandeja apaga fuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.

#### 9.6.12. Puertas y rejillas de ventilación.

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos. Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180º hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90º con un retenedor metálico.

#### 9.6.13. Defensas.

Para protección de la celda donde se ubica el aparato transformador, se colocará un cerramiento hasta 2 metros de altura, realizado en acero laminado en caliente, formado por marco perimetral angular de 40x40x4 mm. y entrepaño de malla galvanizada de simple torsión, que se sujetará mediante tornillos a marco fijo, pudiendo estar separado del suelo un máximo de 300 mm. El marco fijo estará construido con tubo cuadrado de 50x50x4 mm., anclado mediante tornillos al suelo y paredes laterales.

### 9.7. Instalación eléctrica.

#### 9.7.1. Características de la aparamenta de alta tensión.

Las celdas compactas a emplear serán del tipo CGC COSMOS de la marca Ormazabal o similar con aislamiento y corte en hexafluoruro de azufre (SF6), que presentan las características siguientes.

#### 9.7.2. Características generales de la celda compacta (2L+1P).

La celda a instalar estará formada por un módulo ampliable de  $V_n=24$  kV e  $I_n=400$  A., para las dos funciones de línea y una función de protección por fusibles de 200 A. en la salida inferior, las dimensiones de la celda son de 1.190 mm de ancho por 735 mm de fondo por 1740 mm de alto y 290 Kg de peso.

- Tensión nominal: 20 kV.
- Tensión asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
  - a frecuencia industrial (50 Hz.), 1 minuto: 50 kV ef.
  - a dist. de seccionamiento 60 kV. ef.
- Impulso tipo rayo:
  - a tierra y entre fases 125 kV cresta.
  - a dist. de seccionamiento 145 kV. ef.
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400 A.
- Intensidad asignada en ruptofusibles. 200 A.
  
- Intensidad nominal admisible de corta duración:
  - durante un segundo 16 kA ef.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible:
  - 40 kA cresta, es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.
- Grado de protección de la envolvente: IP307 según UNE 20324-94.



- Puesta a tierra.

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE 20.099, estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

La celda estará constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF6 (Seccionador en SF6) que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre y dos derivaciones con dos interruptores-seccionadores rotativos, con capacidad de corte y aislamiento y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables apantalladas de la marca ELASTIMOLD del tipo K400TB para la función de línea.

Presenta captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida. El enclavamiento se realizará por cerradura impidiendo maniobrar en carga el seccionador de la celda e impidiendo acceder a la celda de transformador sin abrir el circuito. Otras características constructivas:

Capacidad de ruptura:	400 A.
Intensidad de cortocircuito:	16 kA. / 40 kA.
Capacidad de cierre:	40 kA.
Mando interruptor:	manual
Puesta a tierra	Si

### 9.7.3. Características generales de la celda de protección por fusibles (1P).

La celda a instalar estará formada por un módulo ampliable de  $V_n=24$  kV e  $I_n=400$  A., de una función de línea, las dimensiones de la celda son de 420 mm de ancho por 735 mm de fondo por 1.740 mm de alto y 95 Kg de peso.

- Tensión nominal: 20 kV.
- Tensión asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
  - a frecuencia industrial (50 Hz.), 1 minuto: 50 kV ef.
  - a dist. de seccionamiento 60 kV. ef.
- Impulso tipo rayo:
  - a tierra y entre fases 125 kV cresta.
  - a dist. de seccionamiento 145 kV. ef.
- Intensidad asignada en funciones de protección: 200 A.
- Intensidad nominal admisible de corta duración:
  - durante un segundo 16 kA ef.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible:
  - 40 kA cresta, es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.
- Grado de protección de la envolvente: IP307 según UNE 20324-94.
- Puesta a tierra.

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE 20.099, estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

La celda estará constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF6



(Seccionador en SF<sub>6</sub>) que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre y dos derivaciones con dos interruptores-seccionadores rotativos, con capacidad de corte y aislamiento y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables apantalladas de la marca ELASTIMOLD del tipo K400TB para la función de línea.

Presenta captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida. El enclavamiento se realizará por cerradura impidiendo maniobrar en carga el seccionador de la celda e impidiendo acceder a la celda de transformador sin abrir el circuito. Otras características constructivas:

Capacidad de ruptura:	400 A.
Intensidad de cortocircuito:	16 kA. / 40 kA.
Capacidad de cierre:	40 kA.
Mando interruptor:	manual
Puesta a tierra	Si

#### 9.7.4. Interconexión en el lado de alta tensión.

Se instalarán dos juegos de puentes III de cables de alta tensión unipolares de aislamiento seco termoestable de polietileno reticulado RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de S=95 mm<sup>2</sup> en aluminio con sus correspondientes elementos de conexión (Kit terminal del tipo interior y terminales bi-metálicos de S=1x95 mm<sup>2</sup>), según la NTP, apart. cables de MT.

#### 9.7.5. Transformador.

Se instalará una máquina trifásicas reductora de tensión de 630 kVA., siendo la tensión entre fases a la entrada de 20.000 V., y la tensión a la salida en carga de 420 V., entre fases y 230 V., entre fases y neutro.

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, deberán disponer un termómetro su instalación se realizará de tal manera que sea visible desde el exterior de la defensa de protección, con reflejo del último valor alcanzado, o bien con dispositivo de actuación para provocar el disparo del interruptor de protección.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 20.148, RU 5.201-D y a las normas particulares de la compañía suministradora según la NTP, apart. transformadores de potencia, siendo estos los siguientes:

Potencia nominal	630 kVA.
Tensión nominal primaria	20.000 V
Regulación en primario	+/-2,5% +/-5%
Tensión nominal secundaria en vacío	420 V.



Tensión de cortocircuito	4 %.
Grupo de conexión	Dyn11.
Protección	C.C. de 63 A.
Nivel de aislamiento	
Tensión de ensayo a onda de choque	1,2/50 s 125 kV.
Tensión de ensayo a 50 Hz 1 mín.	50 kV.
Aislamiento	Aceite

#### 9.7.6. Interconexión en el lado de baja tensión.

Se instalará un juego de puentes de cables de aluminio con aislamiento seco termoestable de polietileno reticulado, aislamiento 0,6/1 kV, de sección  $S=3(3 \times 240 + 0 \times 240)$  mm<sup>2</sup>.

En las puntas de estos cables se instalarán terminales bi-metálicos de compresión engastadas hidráulicamente realizado mediante sistema de punzonado profundo con matrices escalonado, encintándose a continuación cinta aislante a base de P.V.C. y material termoretractil (manguito termoretractil) a fin de regenerar el aislamiento y la protección del conductor, según la NTP, apart. puentes de BT.

#### 9.7.7. Características de la apartamenta de baja tensión.

Las salidas de baja tensión del centro de transformación irán protegidas mediante un cuadro modular de distribución de cuatro salidas en baja tensión, de características según se definen en la recomendación UNESA 6.302-B y NTP, cuadros de baja tensión.

Dicho cuadro deberá estar homologado por la Compañía Eléctrica suministradora y sus elementos principales se describen a continuación:

- Unidad funcional de embarrado: constituida por dos tipos de barras: barras verticales de llegada, que tendrán como misión la conexión eléctrica entre los conductores procedentes del transformador y el embarrado horizontal; y barras horizontales o repartidoras que tendrán como misión el paso de la energía procedente de las barras verticales para ser distribuida en las diferentes salidas. La intensidad nominal de cada una de las salidas será de 400 Amperios.

- Unidad funcional de seccionamiento: constituida por cuatro conexiones de pletinas deslizantes que podrán ser maniobradas fácil e independientemente con una sola herramienta aislada.

- Unidad funcional de protección: constituida por un sistema de protección formado por bases tripolares verticales con cortacircuitos fusibles del tamaño 2.

- Unidad funcional de control: estará situada en la parte superior del módulo de acometida y los aparatos que contenga (un transformador de intensidad de relación 400



y 1.000/5A.), así como su disposición deberán ser los homologados por la Compañía Eléctrica.

### **9.8. Puesta a tierra.**

Con objeto de determinar las características de las medidas de protección a adoptar contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparatamenta encargada de tales funciones, según lo establecido en el ITC-BT-08, puesta a neutro de masas en redes de distribución de energía eléctrica, adoptaremos un sistema de puesta a tierra del tipo TT.

El esquema TT, tiene un punto de alimentación, el neutro del transformador conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptores, estarán conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.

En este esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra, pueden tener valores inferiores a los cortocircuito pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.

En general el bucle de defecto incluye resistencia de paso a tierra en alguna parte del circuito de defecto lo que no excluye la posibilidad de conexiones eléctricas, voluntarias o no entre la zona de la toma de tierra de las masas de la instalación y la de la alimentación.

El centro de transformación dispondrá de dos sistemas de tierras independientes, que se clavarán a un mínimo de distancia entre ambas, según se apunta en la memoria de cálculo.

#### **9.8.1. Tierra de herrajes o protección.**

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas. Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección, irá conectado a unos bornes de comprobación accesible, situados en el interior del centro de transformación, la conexión desde la pletina de tierras hasta el anillo, se realizará con conductor de cobre de tensión de aislamiento 0,6/1 kV. alojado en un tubo aislante, la sección prevista para este conductor es de  $S=50 \text{ mm}^2$ , la conexión de este conductor hasta la red de tierras se realizará utilizando el procedimiento de la soldadura aluminotérmica, la red de tierra estará constituida por un conductor de cobre desnudo de sección  $S=50 \text{ mm}^2$  y 8 picas en anillo de 2 m. de longitud y 14 mm. de diámetro.

#### **9.8.2. Tierra de servicio (neutro).**

Se conectarán a tierra el neutro del transformador, según se indica en el apartado de "Cálculo de la instalación de puesta a tierra" del capítulo 2 de este proyecto.

La unión de la red de picas se realizará con un conductor de cobre de tensión de aislamiento 0,6/1 kV., alojado en un tubo aislante con grado de protección 7, según Norma UNE 20.324, la sección prevista para este conductor es de  $50 \text{ mm}^2$ , la conexión



de este conductor hasta la red de tierras se realizará utilizando el procedimiento de la soldadura aluminotérmica.

La resistencia de estas picas deberá ser menor de 20 ohmios ( $\Omega$ ), disponiéndose en paralelo de cuantas se necesiten para alcanzar dicha cifra. Esta puesta a tierra, se instalará en la zanja de alta tensión a ejecutar.

### 9.8.3. *Medidas complementarias.*

Para cumplir las condiciones reglamentarias impuestas a lo que tensiones de contacto se refiere, se recubrirá todo el pasillo del centro de transformación con planchas de goma que deben reunir las siguientes características:

- Pavimento aislante en el pasillo, de tipo antideslizante y resistente a grasas y aceites, con un espesor mínimo de 6 mm., de color negro, rigidez dieléctrica superior a 40 kV. y resistencia 1012 ohmios para una plancha de 30 cm<sup>2</sup> de superficie (homologado por el Ministerio de Industria).
- Para evitar accidentes no se pondrán a tierra las rejillas de ventilación, ni la puerta de entrada al propio centro de transformación, la cual será pintada interiormente con una gruesa capa de pintura aislante a base de caucho acrílico o poliéster.
- Se dotará al centro de una acera de 1,10 m. de anchura como mínimo.

## 9.9. *Instalaciones Secundarias.*

### 9.9.1. *Alumbrado del centro de transformación.*

El alumbrado interior del centro de transformación, se realizará tomando el suministro de energía del cuadro de baja tensión. Los conductores a emplear para el circuito de alumbrado se emplearán conductores de Cu de sección  $S=2 \times 1,5 + TT \times 1,5$  mm<sup>2</sup> con tensión de aislamiento de 750V., alojados bajo tubo de P.V.C. de M-20 mm., de diámetro curvable en caliente, se instalará un punto de luz capaz 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., se empleará una luminaria estanca de tipo fluorescente PACIFIC TCW 236 I de la marca Philips o similar de 2x36 W.

El foco luminoso estará colocado de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de los tubos fluorescentes sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se instalará una luminaria de emergencia de 135 lúmenes que estará accionada a través de un interruptor manual, con el objeto de no descargarse hasta que sea accionada por personal de mantenimiento de la E.D.E., según la NTP, apart. alumbrado.

### 9.9.2. *Protección contra incendios.*

De acuerdo con la instrucción MIE-RAT 14, no será necesaria la instalación de extintores.



### 9.9.3. Ventilación.

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante tres rejas.

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.

### 9.9.4. Medidas de seguridad.

Las celdas tipo CGC COSMOS de la marca Ormazabal disponen de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE 20.099, y que son los siguientes:

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

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras (la apertura de la celda del transformador no será posible hasta desconectar la misma y enclavarla a tierra).

### 9.9.5. Elementos auxiliares para la seguridad.

Al centro de transformación que nos ocupa se le dotará además de los siguientes elementos auxiliares para la seguridad:

- Banqueta aislante para maniobras.
- Guantes de goma para maniobras.
- Pértiga de salvamento.

Todos estos elementos tendrán un nivel mínimo de aislamiento de 30 kV., además la instalación dispondrá de un botiquín de urgencia.

En la frontal de las celdas y en la puerta de acceso al centro de transformación, se colocarán placas indicadoras de peligro de muerte. Así mismo se colocará un cartel indicador de primeros auxilios para su empleo en casos necesarios.

## 9.10. **Redes Subterráneas.(ITC-BT-07).**

### 9.10.1. Estructura de las redes subterráneas.

La red de baja tensión subterránea tendrá una estructura de sección uniforme en red abierta NO se proyectarán redes en anillo según la ITC-BT-07, ya que no es aplicación la NTP, apart. estructura de las redes subterráneas y la instrucción de 14 de octubre del 2.004 del DGIE sobre previsión de cargas eléctricas y coeficientes de simultaneidad.



Según se establece en el RD 1663/2000, art.4 determinación de las condiciones técnicas de la conexión y la NTP, apart. punto de conexión de la instalación fotovoltaica, la suma de las potencias de las instalaciones en régimen especial conectadas a una línea de baja tensión no podrá superar la mitad de la capacidad de transporte de dicha línea en el punto de conexión, es por lo que habrá que tener en cuenta lo indicado anteriormente en el cálculo de las líneas de baja tensión, según memoria de cálculo adjunto.

Los conductores se instalarán en el fondo de zanjas bajo tubo del tipo corrugado de  $\varnothing=160$  mm. (IP-XX-7), convenientemente preparadas, el trazado de las líneas de baja tensión se realizará a lo largo de las vías públicas, según ITC-BT-07, apartado 2.1.2. canalizaciones entubadas, así mismo todo el trazado proyectado se realizará sobre terrenos de dominio público, no se permitirá instalar líneas de baja tensión por patios interiores, garajes, etc., según la NTP, apart. ejecución de las instalaciones.

#### *9.10.2. Conductores (ITC-bt-07, Art. 1cables).*

Los conductores a emplear estarán en concordancia con lo establecido en la ITC-BT-07, y la norma NTP, apart. cables, siendo estos de aluminio homogéneo con sección comprendida entre  $S= 95, 150$  y  $240$  mm<sup>2</sup>.

El material del aislamiento de los conductores será de polietileno reticulado químicamente (XLPE), para un nivel de aislamiento de 0,6/1 kV.

#### *9.10.3. Empalmes.*

Los empalmes de los conductores se hará según lo establecido en la NTP, apart. empalmes, empleando manguitos con recubrimiento de aislamiento, engastadas hidráulicamente realizado mediante sistema de punzonado profundo con matrices escalonado, encintándose a continuación cinta aislante a base de P.V.C. y material termoretractil (manta termoretractil) a fin de regenerar el aislamiento y la protección del conductor.

#### *9.10.4. Derivaciones.*

Las derivaciones se harán según lo establecido en la NTP, apart. derivaciones, empleando piezas mediante conectores de derivación por compresión, la reconstitución del aislamiento se realizará con recubrimiento de material termoretractil prefabricado (manta termoretractil) a fin de regenerar el aislamiento y la protección del conductor.

#### *9.10.5. Terminales.*

Los terminales de los conductores se harán según lo establecido en la NTP, apart. terminales, empleando piezas bimetálicas con recubrimiento de aislamiento, engastadas hidráulicamente realizado mediante sistema de punzonado profundo con matrices escalonado, encintándose a continuación cinta aislante a base de P.V.C. y material termoretractil (manguito) a fin de regenerar el aislamiento y la protección del conductor.

#### *9.10.6. Continuidad del conductor Neutro. (ITC-BT-06, Art. 3.6).*



La continuidad del conductor neutro quedará asegurada en todo momento, este conductor no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo en los puntos siguientes:

- a) Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el conductor neutro al mismo tiempo que en las fases (corte omnipolar simultaneo) o que establezca la conexión del neutro antes que las fases y desconecten estas antes que el neutro.
- b) Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas y que solo puedan ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo en este caso ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas estas sin haberlo sido previamente el neutro, según la ITC- BT-06, art. 3.6. continuidad del neutro.

#### *9.10.7. Puesta a tierra del conductor Neutro. (ITC-BT-06, Art. 3.7).*

El conductor neutro de las redes subterráneas se conectará a tierra en el centro de transformación y cuando la puesta a tierra del neutro y de protección sean comunes en el centro de transformación, el neutro se conectará a lo largo de la red por lo menos cada 200m., preferentemente en las cajas de seccionamiento según la NTP, apart. puesta a tierra y continuidad del neutro y cada 500 m., según la ITC-BT-06, art. 3.7. puesta a tierra del neutro. En nuestro caso se adoptará la hipótesis más restrictiva referente a la NTP.

Esta conexión se realizará con conductor de cobre de sección  $S=50 \text{ mm}^2$  de 0,6/1 kV., de polietileno reticulado de aislamiento, conectándose este con el conductor neutro mediante piezas bi-metálicas de compresión (Crimpit) engastadas hidráulicamente, encintándose a continuación con cinta autovulcanizante y cinta aislante del tipo P.V.C., cubriendo el encintado final con material termoretractil a fin de regenerar el aislamiento y la protección del conductor.

El otro extremo de conductor de cobre/pica se conectará mediante piezas adecuadas para tal fin preferiblemente mediante soldadura aluminotérmica. La pica de puesta a tierra será un electrodo de acero-cobreizado de una longitud no inferior a  $L=2.000 \text{ mm.}$  y de un diámetro  $D=14 \text{ mm.}$

El extremo de la línea de baja tensión se conectará a tierra con objeto de salvaguardar las instalaciones de baja tensión a alimentar.

#### **9.11. Pruebas a realizar antes de la puesta en marcha de la instalación.**

Según lo establecido en la ITC-BT-05, apart. 3. verificaciones previas a la puesta en servicio, se deberá verificar en presencia de la dirección facultativa los siguientes ensayos:

- Prueba de aislamiento de conductores de alta tensión: Se deberán efectuar dos pruebas de aislamiento en cada uno de los conductores, la primera prueba se realizará entre los conductores de fase y pantallas y la segunda prueba se realizara entre las pantallas y tierra, los valores obtenidos no deberán ser inferior a lo establecido en el manual de diagnostico de cables GT



mantenimientos en la Distribución UNESA (enero 1.998), y en el procedimiento de ensayos para cables unipolares nuevos de MT de ENDESA.

- Prueba de aislamiento de conductores de baja tensión: Se deberá efectuar la prueba de aislamiento entre los conductores de fase y neutro con respecto a tierra, los valores obtenidos no deberán ser inferiores a 500.000 ohmios a tensión de ensayo de 500 V., en C.C., en caso contrario se deberá sustituir el o los conductores defectuosos.
- Prueba de aislamiento de conductores de baja tensión (NTP): Se deberán efectuar una prueba de aislamiento en cada uno de los conductores (R-S-T-N), según norma UNE 21.123 y CEI 60.502, consiste en aplicar una tensión continua de  $4 U_0$  ( $4 \times 0,6 \text{ kV.} = 2,4 \text{ kV.}$ ), durante 15 minutos no deberá producirse perforaciones del aislamiento.
- Medida de puesta a tierra: Se medirán las resistencias de puesta a tierra de herrajes y neutro, en presencia de la dirección facultativa, debiendo ser inferior a la establecida en proyecto.

### 9.12. *Conclusión.*

Expuesto el objeto y la utilidad del presente proyecto, esperamos que el mismo merezca la aprobación por parte de la Administración, solicitando las autorizaciones pertinentes para su tramitación y puesta en servicio.

## 10. MEMORIA DE CALCULO

### 10.1. *Cálculo de la línea aérea de alta tensión.*

Datos de partida:

Conductor:	54,6 mm <sup>2</sup> LA-RL
Carga de rotura:	1.666 Kg.
Tensión máx.:	$1.666/3 = 555 \text{ Kg.}$
Zona de tendido:	A

Para el cálculo de los distintos elementos, hemos teniendo en cuenta los siguientes puntos:

#### **Cargas permanentes.**

Se han considerado las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos, como son: conductores, aisladores, herrajes, cable de tierras, apoyos y cimentaciones (RAT art.15).

En todas las hipótesis en zona A, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "P<sub>cv</sub>" será:

$$P_{cv} = L_v \times P_{pv} \times \cos \alpha \times n \text{ (kg)}$$

Siendo:

L<sub>v</sub> = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de - 5 °C con sobrecarga de viento (m).

P<sub>pv</sub> = Peso propio del conductor con sobrecarga de viento (kg/m).



$\alpha$  = Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

n = número total de conductores.

En todas las zonas y en todas las hipótesis habrá que considerar el peso de los herrajes y la cadena de aisladores "P<sub>ca</sub>", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

### Esfuerzos del viento

El esfuerzo del viento sobre los conductores "F<sub>vc</sub>" en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene de la siguiente forma:

### Apoyos alineación y anclaje

$$F_{vc} = (a_1+a_2)/2 \times d \times n \text{ (kg)}$$

### Apoyos fin de línea

$$F_{vc} = a/2 \times d \times n \text{ (kg)}$$

### Apoyos de ángulo

$$F_{vc} = (a_1+a_2)/2 \times d \times n \times \cos [(180-\alpha)/2] \text{ (kg)}$$

Siendo:

a<sub>1</sub> = Proyección horizontal del vano que hay a la izquierda del apoyo (m).

a<sub>2</sub> = Proyección horizontal del vano que hay a la derecha del apoyo (m).

a = proyección horizontal del vano (m).

d = diámetro del conductor (mm).

n = nº total de conductores.

$\alpha$  = ángulo que forman los conductores en el apoyo.

### Resultante de ángulo (Art. 20)

El esfuerzo resultante de ángulos "R<sub>av</sub>" de las tracciones de los conductores y cables de tierra en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene del siguiente modo:

$$R_{av} = n \times 2 \times T_{-5^{\circ}C+V} \times \cos \alpha/2 \text{ (kg)}$$

Siendo:

n = Número total de conductores.

T<sub>-5°C+V</sub> = Tensión horizontal mayor, en las condiciones de - 5 °C con sobrecarga de viento, de los vanos que hay a la izquierda y derecha del apoyo (kg).

$\alpha$  = Angulo que forman los conductores en el apoyo.

### Desequilibrio de tracciones (Art. 18)

En la hipótesis 1ª (sólo apoyos fin de línea) en zonas A, B y C y en la hipótesis 3ª en zona A (apoyos alineación, ángulo y anclaje), el desequilibrio de tracciones "D<sub>tv</sub>" se obtiene:

### Apoyos de alineación

$$D_{tv} = 8/100 \times T_h \times n \text{ (kg)}$$

### Apoyos ángulo y anclaje

$$D_{tv} = 50/100 \times T_h \times n \text{ (kg)}$$

### Apoyos fin de línea

$$D_{tv} = 100/100 \times T_h \times n \text{ (kg)}$$

Siendo:

n = número total de conductores.



$T_h$  = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de - 5 °C y sobrecarga de viento (kg).

### **Esfuerzo equivalente a la Resultante entre el esfuerzo del viento y el desequilibrio de tracciones**

En los apoyos fin de línea, en la hipótesis de viento en zonas A, B y C, el esfuerzo del viento y el desequilibrio de tracciones son esfuerzos perpendiculares, por lo tanto el esfuerzo equivalente "R<sub>v</sub>" (en la dirección de la línea) a la resultante de ambos se obtiene:

$$R_v = \sqrt{[(F_{vc} + E_{ca} \times n_c)^2 + D_{tv}^2]} \times (\cos\alpha + \text{sen}\alpha) \text{ (kg)}$$

siendo:

$F_{vc}$  = Esfuerzo del viento sobre los conductores (kg).

$E_{ca}$  = Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores y herrajes (kg).

$n_c$  = número de cadenas de aisladores del apoyo.

$D_{tv}$  = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de viento (kg).

$\alpha$  = ángulo que forma la resultante de los esfuerzos con la línea.

$\text{tg } \alpha = (F_{vc} + E_{ca} \times n_c) / D_{tv}$

### **Presiones debidas al viento.**

Para conductores con diámetro menor de  $D=16$  mm., se ha aplicado una presión del viento de 60 Kg/cm<sup>2</sup>, para estructuras metálicas de celosía de 4 caras, se ha aplicado una presión del viento de:

- Cara de barlovento 160 (1-n) Kg/cm<sup>2</sup>
- Cara de sotavento 80 (1-n) Kg/cm<sup>2</sup> (RAT art. 16).

### **Sobrecargas motivadas por el hielo.**

No se tendrán en cuenta, ya que estamos en la zona A (altitud < 500 m., RAT art. 17).

### **Distancias de seguridad.**

La distancia de los conductores al terreno, se ha calculado mediante la siguiente fórmula (RAT art 25.1):

$$D = 5,3 + U/150 = m.$$

Con un mínimo de seis (6) metros

La distancia de los conductores entre sí y entre estos y los apoyos, se ha calculado mediante la fórmula (RAT art.25.2):

$$D = K \times \sqrt{(F + L)} + U/150 = m.$$

Siendo:

$k$  = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla del artículo 25.1. RLAAT.

$L$  = Longitud de la cadena de suspensión ( $L=0.5$ m). Si la cadena es de amarre  $L=0$ m.

$U$  = Tensión de la línea (kV).

$F$  = Flecha máxima (m).

### **Conductores.**

Para que la tracción máxima admisible, no resulte superior a su carga de rotura, se dividirá por 3, considerándoles sometidas a las hipótesis de sobrecarga siguientes:

**Zona A:** Peso propio y sobrecarga del viento, temperatura a -5° C., Las flechas máximas se han determinado en la hipótesis siguiente:



Hipótesis de viento sometidos a la acción de su propio peso y sobrecarga de viento a temperatura de + 15º C, hipótesis de temperatura máxima previsible, siendo esta no inferior a 50º C. (RAT art. 27).

**Apoyos, hipótesis de cálculo (zona A).**

Expondremos un cuadro explicativo con las hipótesis de cálculo que hemos tenido en cuenta para realizar el cálculo de los apoyos que estamos tratando(RAT art. 30.3)

Tipo de apoyo	1ª hipótesis viento	3ª hip. Desequilibrio de tracciones	4ª hipótesis rotura de conductores
ÁNGULO	Cargas permanentes (art. 15) Viento (art. 16) Resultante de ángulo (art. 20) Temperatura, - 5º C.	Cargas permanentes (art. 15) Desequilibrio de tracciones (apart. 1, art. 18) Temperatura, - 5º C.	Cargas permanentes (art. 15) Rotura de conductores (apart. 1, art. 19). Temperatura, - 5º C.
ANCLAJE	Cargas permanentes (art. 15) Viento (art. 16) Temperatura, - 5º C.	Cargas permanentes (art. 15) Desequilibrio de tracciones (apart. 2, art. 18) Temperatura, - 5º C	Cargas permanentes (art. 15) Rotura de conductores (apart. 1, art. 19). Temperatura, - 5º C
FIN DE LÍNEA	Cargas permanentes (art. 15) Desequilibrio de tracciones (apart. 3, art. 18) Temperatura, - 5º C		Cargas permanentes (art. 15) Rotura de conductores (apart. 3, art. 19). Temperatura, - 5º C

**Limite dinámico "EDS".**

También denominado “EDS o Every Day Stress”, tensión de cada día, esfuerzo al cual están sometidos los conductores de una línea la mayor parte del tiempo, correspondiente a la temperatura media o a sus proximidades, en ausencia de sobrecarga.

Consideramos como fenómeno vibratorio en el conductor de forma que a 15º C sin viento la tensión no debe sobrepasar un valor determinado en % de su carga de rotura.

$$EDS = (T_h / Q_r) \times 100 < 18$$

siendo:

T<sub>h</sub> = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (Kg). Zonas A y B, t<sup>a</sup> = 15 ºC, Sobrecarga: ninguna.

Q<sub>r</sub> = Carga de rotura del conductor (Kg).

**Cimentaciones.**

Las cimentaciones de los apoyos se han calculado según el método suizo de Sulzberger, el coeficiente del terreno que se ha aplicado para su cálculo es el de 8 Kg/cm², que corresponde a terrenos flojos (RAT art. 31).

*10.1.1. Cálculo de la flecha.*



Para determinar la flecha en un punto determinado nos basaremos en el método propuesto por D. Julián Moreno Clemente (método de ecuación de cambio de condiciones), se calcularán las flechas en las hipótesis de viento (15° C + V) e hipótesis de temperatura (50° C), tomamos una tensión máxima de tensado (TA) de 553 Kg., que a su vez coincide con la tensión media (Tm), sustituyendo los datos en las ecuaciones de cambio de condiciones obtenemos:

$$T_A = Q / 3 = 1.666 / 3 = 555 \text{ kg.}$$

donde:

- Q : Carga de rotura del conductor.
- 3 : Coeficiente de seguridad, según RAT art. 27.

Tomamos una tensión máxima (TA), de tensado de 555 Kg.

Para determinar la flecha en un punto determinado nos basaremos en el método propuesto por D. Julián Moreno Clemente (método de ecuación de cambio de condiciones), se calcularán las flechas en las hipótesis de viento (15°C+V), e hipótesis de temperatura (50° C), tomamos una tensión máxima de tensado (TA) de 555 Kg., sustituyendo los datos en las ecuaciones de cambio de condiciones obtenemos:

$$T^2 (T + A) = B$$

$$A = \delta (t-t_0) S \times E - T_m + (a^2 \times p_o^2 / 24 \times T_m^2) S \times E$$

$$B = (a^2 \times p^2 / 24) S \times E$$

donde:

T: Tensión a determinar a las temperaturas determinadas.

δ: Coeficiente de dilatación lineal.

t: Temperatura inicial.

t<sub>0</sub>: Temperatura final.

S: Sección.

E: Modulo de elasticidad.

T<sub>m</sub>: Tensión media.

p<sub>o</sub>: peso lineal inicial.

Para determinar la flecha una vez conocidas las tensiones en las distintas hipótesis de temperatura, aplicaremos la siguiente fórmula:

$$f = p \times a^2 / 8 \times T$$

donde :

f: flecha máxima en metros.

p: peso del conductor en Kg.

a: longitud del vano en metros.

T: Tensión en Kg.

Sustituyendo obtenemos:

**TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.**

Vano	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima			Hipótesis de Flecha Máxima							
				-5°C+V Toh(Kg)	-15°C+H Toh(Kg)	20°C+H Toh(Kg)	15°C+V		50°C		0°C+H			
							Th(Kg)	F(m)	Th(Kg)	F(m)	Th(Kg)	F(m)		
1-2	65.12	1.19	139.65	553			493.1	0.65	160.8	0.62				
2-3	150.27	-0.72	139.65	553			493.1	3.44	160.8	3.32				
3-4	151.67	1.26	139.65	553			493.1	3.5	160.8	3.38				
4-5	135.74	-2.31	135.74	553			491.1	2.82	160.2	2.72				
Vano	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis Flecha Mínima			Hipótesis de Cálculo Apoyos			D.C.Ais.	Desviación horizontal viento (m)			
				-5°C F(m)	-15°C F(m)	-20°C F(m)	-5°C+V Th(Kg)	-15°C+H Th(Kg)	-20°C+H Th(Kg)	-5°C+V/2 Th(Kg)				
1-2	65.12	1.19	139.65	0.35			553			396.5				
2-3	150.27	-0.72	139.65	1.87			553			396.5				
3-4	151.67	1.26	139.65	1.9			553			396.5				
4-5	135.74	-2.31	135.74	1.48			553			400.4				



**TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.**

Vano	Long. (m)	Desni (m)	V.Reg (m)	-20°C		-15°C		-10°C	
				T(Kg)	F(m)	T(Kg)	F(m)	T(Kg)	F(m)
1-2	65.12	1.19	139.65						
2-3	150.27	-0.72	139.65						
3-4	151.67	1.26	139.65						
4-5	135.74	-2.31	135.74						
Vano	Long. (m)	Desni (m)	V.Reg (m)	20°C		25°C		30°C	
				T(Kg)	F(m)	T(Kg)	F(m)	T(Kg)	F(m)
1-2	65.12	1.19	139.65	209.8	0.48	199.2	0.5	189.8	0.53
2-3	150.27	-0.72	139.65	209.8	2.54	199.2	2.68	189.8	2.81
3-4	151.67	1.26	139.65	209.8	2.59	199.2	2.73	189.8	2.86
4-5	135.74	-2.31	135.74	211.8	2.06	200.6	2.17	190.6	2.29

Vano	Long. (m)	Desni (m)	-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C	
			T(Kg)	F(m)	T(Kg)	F(m)	T(Kg)	F(m)	T(Kg)	F(m)	T(Kg)	F(m)
1-2	65.12	1.19	286.1	0.35	267.1	0.38	250.1	0.4	235	0.43	221.6	0.45
2-3	150.27	-0.72	286.1	1.87	267.1	2	250.1	2.13	235	2.27	221.6	2.41
3-4	151.67	1.26	286.1	1.9	267.1	2.04	250.1	2.17	235	2.31	221.6	2.45
4-5	135.74	-2.31	293.6	1.48	273.1	1.59	254.9	1.71	238.8	1.82	224.5	1.94
Vano	Long. (m)	Desni (m)	35°C		40°C		45°C		50°C		EDS	
			T(Kg)	F(m)	T(Kg)	F(m)	T(Kg)	F(m)	T(Kg)	F(m)	T(Kg)	F(m)
1-2	65.12	1.19	181.4	0.55	173.8	58	167	0.6	160.8	0.62	153	
2-3	150.27	-0.72	181.4	2.94	173.8	07	167	3.2	160.8	3.32	153	
3-4	151.67	1.26	181.4	3	173.8	13	167	3.26	160.8	3.38	153	
4-5	135.74	-2.31	181.8	2.4	173.8	51	166.7	2.61	160.2	2.72	153.48	

**10.1.2. Calculo de los apoyos.**

Cálculo de la tensión más desfavorable para el vano más desfavorable a T = -5+V., se alcanza en el punto superior de sujeción del mismo y se prevé que en tales circunstancias no se baje del valor mínimo reglamentario en el coeficiente de seguridad, para realizar este cálculo nos basaremos en el método Truxa, que sustituye la componente horizontal de la tensión T, por la tensión total existente en el punto medio del vano, la cual designaremos por T<sub>m</sub>.

Tensión en el punto más alto del vano T<sub>A</sub>:

$$T_A = \frac{1.666}{3} = 555Kg.$$

donde:

- Q: carga de rotura del conductor LA-RL 56 (S=54,6mm<sup>2</sup>)
- 3: coeficiente de seguridad según RAT art. 27

tomamos una tensión máxima (T<sub>A</sub>) de tensado de 555 Kg.

**CALCULO DE APOYOS.**

Apoyo	Función	Ang. Rel. gr.sex.	Hipótesis 1* (Viento -5°C+V)		Hipótesis 2* (Hielo (-15:B/-20:C)°C+H)		Hipótesis 3* (Des.Tr.) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H		Hipótesis 4* (Rotura) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H		D.Cond. Cálculo (m)
			Tv(Kg)	Th(Kg)	Tv(Kg)	Th(Kg)	Tv(Kg)	Th(Kg)	Tv(Kg)	Th(Kg)	
1	Fin Línea		48.4	3467; dir:linea					48.4	553	0.66
2	Alineación		177	405.8; dir:nor.lin.			177	265.5; dir:linea			1.43
3	Alineación		188.3	553.8; dir:nor.lin.			188.3	265.5; dir:linea			1.44
4	Angulo	87.5; apo.3	250.8	855.4; dir:result.			250.8	1729.9; dir:nor.res	250.8	553	1.35
5	Fin Línea		89.8	3587.8; dir:linea					89.8	553	1.22

**10.1.3. Distancia de seguridad adoptada.**

La distancia de los conductores entre sí "D", debe ser como mínimo:

$$D = k \times \sqrt{(F + L)} + U/150 = m.$$

Siendo:

k = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla del artículo 25.1. RLAAT.



L = Longitud de la cadena de suspensión (m). Si la cadena es de amarre L=0.  
 U = Tensión de la línea (kV).  
 F = Flecha máxima (m).

apoyo 1

$D = 0,65 \times \sqrt{(0,65 + 0) + 20/150} = 0,66 \text{ m.}$ , distancia existente de D = 1,80 m.

apoyo 2

$D = 0,65 \times \sqrt{(3,44 + 0,5) + 20/150} = 1,43 \text{ m.}$ , distancia existente de D = 1,80 m.

apoyo 3

$D = 0,65 \times \sqrt{(3,50 + 0,5) + 20/150} = 1,44 \text{ m.}$ , distancia existente de D = 1,80 m.

apoyo 4

$D = 0,65 \times \sqrt{(3,50 + 0) + 20/150} = 1,35 \text{ m.}$ , distancia existente de D = 1,80 m.

apoyo 5

$D = 0,65 \times \sqrt{(2,82 + 0) + 20/150} = 1,22 \text{ m.}$ , distancia existente de D = 1,80 m.

La distancia mínima de los conductores al apoyo “ds” será de:

$$dsa = 0,1 + U/150 = 0,1 + 20/150 = 0,23 \text{ m.}$$

siendo: U = Tensión de la línea (kV).

La distancia de seguridad será la propia de las cadenas de amarre que es de 0,5 m.

*10.1.4. Apoyos adoptados.*

Apoyo	Función	Tipo	Coefic. Segur.	Angulo gr.sexag.	Altura Total (m)	Esf.Util Punta (Kg)	Esf.Ver s.Tors. (Kg)	Esf.Ve. c.Tors. (Kg)	Esfuer. Torsión (Kg)	Dist. Torsión (m)
1	Fin Línea	Celosía recto	N		20	4500	2000	1000	1500	1.5
2	Alineación	Celosía recto	N		20	2000	1500	900	1200	1.5
3	Alineación	Celosía recto	N		20	2000	1500	900	1200	1.5
4	Angulo	Celosía recto	N	175	20	2000	1500	900	1200	1.5
5	Fin Línea	Celosía recto	N		20	4500	2000	1000	1500	1.5

*10.1.5. Crucetas adoptadas.*

Apoyo	Función	Tipo	Montaje	D.Cond Cuceta (m)	a Brazo Superior (m)	b Brazo Medio (m)	c Brazo Inferior (m)	d D.Vert. Brazos (m)	e Altura Refuer. (m)	Peso (Kg)	Esfuerzo Máximo (Kg)
1	Fin Línea	Celosía recto	Doble cir. S.	8	5	75	5	8		200	4500
2	Alineación	Celosía recto	Doble cir. S.	8	5	75	5	8		200	4500
3	Alineación	Celosía recto	Doble cir. S.	8	5	75	5	8		200	4500
4	Angulo	Celosía recto	Doble cir. S.	8	5	75	5	8		200	4500
5	Fin Línea	Celosía recto	Doble cir. S.	8	5	75	5	8		200	4500

*10.1.6. Cimentaciones.*

Para que un apoyo permanezca en su posición de equilibrio, el momento creado por las fuerzas exteriores a él ha de ser absorbido por la cimentación, debiendo cumplirse por tanto :

$$M_f \geq 1,65 \times (M_{ep} + M_{ev})$$

Siendo:

M<sub>f</sub> = Momento de fallo al vuelco. Momento absorbido por la cimentación (kg x m).

M<sub>ep</sub> = Momento producido por el esfuerzo en punta (kg x m).

M<sub>ev</sub> = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo (kg x m).



**Momento absorbido por la cimentación:**

El momento absorbido por la cimentación "M<sub>f</sub>" se calcula por la fórmula de Sulzberger:

$$M_f = [139 \times C_2 \times a \times h^4] + [a^3 \times (h + 0,20) \times 2420 \times (0,5 - 2/3 \cdot \sqrt{(1,1 \times h/a \times 1/10 \times C_2)})]$$

Siendo:

C<sub>2</sub> = Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 m (kg/cm3).

a = Anchura del cimientado (m).

h = profundidad del cimientado (m).

**Momento debido al esfuerzo en punta:**

El momento debido al esfuerzo en punta "M<sub>ep</sub>" se obtiene:

$$M_{ep} = E_p \times H_{rc}$$

Siendo:

E<sub>p</sub> = Esfuerzo en punta (kg).

H<sub>rc</sub> = Altura de la resultante de los conductores (m).

**Momento debido al viento sobre el apoyo:**

El momento debido al esfuerzo del viento sobre el apoyo "M<sub>ev</sub>" se obtiene:

$$M_{ev} = E_{va} \times H_v$$

Siendo:

E<sub>va</sub> = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (kg). Según artículo 16 se obtiene:

E<sub>va</sub> = (160 x (1 - η) + 80 x (1 - η) ) x S (apoyos de celosía con perfiles normales).

E<sub>va</sub> = (90 x (1 - η) + 45 x (1 - η) ) x S (apoyos de celosía con perfiles cilíndricos).

E<sub>va</sub> = 100 x S (apoyos con superficies planas).

E<sub>va</sub> = 70 x S (apoyos con superficies cilíndricas).

S = Superficie real del apoyo expuesta al viento (m<sup>2</sup>).

η = Coeficiente de opacidad. Relación entre la superficie real de la cara y el área definida por su silueta.

H<sub>v</sub> = Altura del punto de aplicación del esfuerzo del viento (m). Se obtiene:

$$H_0 = H/3 \times (d_1 + 2 \times d_2) / (d_1 + d_2) = \text{en m.}$$

H = Altura total del apoyo en m.

d<sub>1</sub> = anchura del apoyo en el empotramiento en m.

d<sub>2</sub> = anchura del apoyo en la cogolla en m.

Cálculos de cimentación:

Apoyo	Función	Esf.Util Punta (Kg)	Alt.Res conduc (m)	Mom.Producido por el conduc. (Kg.m)	Esf.Vie. Apoyos (Kg)	Alt.Vie. Apoyos (m)	Mom.Producido Viento Apoyos (Kg.m)
1	Fin Línea	4500	15.5	69750	620.9	7.66	4755.4
2	Alineación	2000	15.49	30980	602.7	7.89	4754.8
3	Alineación	2000	15.49	30980	602.7	7.89	4754.8
4	Angulo	2000	16	32000	602.7	7.89	4754.8
5	Fin Línea	4500	15.5	69750	620.9	7.66	4755.4
Apoyo	Función	Esf.Util Punta (Kg)	Momento Total Fuerzas externas (Kg.m)	Ancho Cimen	Alto Cimen	Comp.	MONOBLOQUE Mom.Absorbido por la cimentación (Kgxm)
1	Fin Línea	4500	74505.4	1.40	2.95	8	123740.8
2	Alineación	2000	35734.8	1.35	2.45	8	59337.9
3	Alineación	2000	35734.8	1.35	2.45	8	59337.9
4	Angulo	2000	36754.8	1.35	2.45	8	60971.5
5	Fin Línea	4500	74505.4	1.40	2.95	8	123740.8

**10.2. Cálculos eléctricos.**

*10.2.1. Justificación del transformador a instalar*



La previsión de potencia se realizará según las plantas solares que se pretenden instalar, siendo el total de 300kW.

Según se establece en el RD 1663/2000, art.4 determinación de las condiciones técnicas de la conexión y la NTP, apart. punto de conexión de la instalación fotovoltaica, la suma de las potencias de las instalaciones en régimen especial conectadas a una línea de baja tensión no podrá superar la mitad de la capacidad de transporte de dicha línea en el punto de conexión, es por lo que habrá que duplicar la potencia de los centros de transformación con respecto a la potencia de generación.

Potencia de la agrupación solar (Psolar): 300 kW.

Potencia a instalar:  $2 \times \text{Psolar} = 2 \times 300 \text{ kW} = 600 \text{ kW}$ .

Con objeto de determinar la potencia normalizada del transformador dividiremos esta por el factor de potencia previsible de las instalaciones:

Potencia aparente = Potencia activa a instalar /  $\cos \varphi = 600 / 0,95 \approx 630 \text{ VA}$ .

La potencia aparente a instalar en transformador será de 630 kVA.,

#### 10.2.2. Cálculo de las características eléctricas de las autoválvulas.

De acuerdo con los criterios de calidad de servicio en la instalación de alta tensión, determinaremos la tensión asignada de pararrayos por la siguiente expresión:

$$U_r > \frac{U_{max}}{\sqrt{3}} \cdot K_e$$

$U_r$  = Tensión asignada del pararrayos en kV.

$U_{max}$  = Tensión compuesta máxima de servicio prevista en el lugar de la instalación en kV.

$K_e$  = Factor de defecto a tierra de la red (1,4 para redes con neutro rígido a tierra ó 1,7 para redes con neutro aislado o a través de una impedancia).

Sustituyendo obtenemos:

$$U_r > \frac{20.000}{\sqrt{3}} \cdot 1,4 = 16.185 \text{ kV}$$

Se instarán tres autoválvulas de resistencia variable con explosores de 30 kV. y 10 kA., de corriente nominal de descarga.

#### 10.2.3. Intensidad de alta tensión.

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

$$I_p = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 20} = 18,19 \text{ A}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

$U_n$  = Tensión compuesta primaria en kV.

$I_p$  = Intensidad primaria en Amperios.



#### 10.2.4. Intensidad de baja tensión.

$$I_s = \frac{S - U_{Fe+Cu}}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

S = Potencia del transformador en kVA.

$W_{Fe+Cu}$  = Pérdidas en el hierro+pérdidas en los arrollamientos por carga a 75 ° C.

$U_s$  = Tensión compuesta secundaria en kilovoltios = 0,400 kV.

$I_s$  = Intensidad secundaria en Amperios.

$$I_s = \frac{630 - 6,50}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 900A$$

### 10.3. Cortocircuitos.

#### 10.3.1. Calculo de las corrientes de cortocircuito en alta tensión.

Este dato lo proporciona el departamento técnico de la Compañía de Electricidad, siendo la intensidad de cortocircuito primaria ( $I_{ccp}$ ) en la zona de 8 kA.

#### 10.3.2. Calculo de las corrientes de cortocircuito de límite electrodinámico.

Los efectos electrodinámicos (mecánicos), dependen del valor de cresta de la corriente de cortocircuito, este es variable por lo que adoptamos el más desfavorable, este viene determinado por la siguiente expresión:

$$I_s = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ccp}$$

Siendo:

$I_s$  = Intensidad de electrodinámica.

$\chi$  : factor de choque ( $\chi = 1,8$ ).

$I_{ccp}$  = Intensidad de cortocircuito primaria.

$$I_s = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 8 = 20,36 \text{ kA}$$

La apartamenta de maniobra (Seccionadores), deberá presentar una intensidad electrodinámica superior a 20,36 kA.

#### 10.3.3. Calculo de las corrientes de cortocircuito en baja tensión.

La intensidad de cortocircuito secundaria ( $I_{ccs}$ ) en el lado de Baja Tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión), se determina mediante la siguiente expresión:

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

siendo:

$I_{ccs}$  = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.



S = Potencia del transformador en kVA.

$V_{cc}$  = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador (4%).

$U_s$  = Tensión secundaria en voltios.

$$I_{ccs} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot \frac{4}{100} \cdot 0,4} = 22,73kA$$

Siendo la Intensidad de cortocircuito secundaria de 22,73 kA., los cortacircuitos fusibles del cuadro de baja tensión a instalar, deberán presentar un Poder de corte ( $P_{dc}$ ) mayor a esta intensidad de cortocircuito secundaria ( $I_{ccs}$ ).

#### 10.4. *Calculo de sección del conductor de alta tensión.*

##### 10.4.1. *Conductor aéreo.*

De acuerdo con el art. 22 del Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión y para un conductor de Al-ac de sección 54,6 mm<sup>2</sup>, la densidad máxima permitida es de 3,60 A/mm<sup>2</sup>

Por lo tanto la intensidad máxima será:

$$I_{max} = \sigma \times S = 3,6 \times 54,6 = 196,56A.$$

La reactancia kilométrica de la línea viene dado por la fórmula:

$$X = 2 \times \pi \times f \times L = \Omega / Km.$$

siendo L, coeficiente de autoinducción la siguiente expresión:

$$L = (0,5 + 4,605 \log(2a / D)) \times 10^{-4}$$

sustituyendo esta en la fórmula anterior, nos queda:

$$X = 2 \times \pi \times f \times L = 2 \times \pi \times f \times (0,5 + 4,605 \log(2a / D)) \times 10^{-4} = \Omega / Km.$$

siendo:

X = Reactancia kilométrica.

f = frecuencia de la red.

a = (d1 x d2 x d3) en mm. (d separación entre conductores).

D = diámetro del conductor.

sustituyendo valores obtenemos:

$$X = 2 \times \pi \times 50 \times 0,02 \times (0,5 + 4,605 \log(2 \times 887 / 9,45)) \times 10^{-4} = 0,323 \Omega / Km.$$

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea (despreciando la influencia de la capacidad), viene dado por:

$$\Delta V = I \times (R \times \cos \varphi + X \times \sen \varphi) \times L = V.$$

donde:



V = Caída de tensión simple en V.  
I = Intensidad de la línea.  
R = Resistencia.  
X = Reactancia.  
L = Longitud de la línea.  
 $\alpha$  = Ángulo de desfase.

sustituyendo valores:

$$\Delta V = 18,19 \times (0,262 \times 0,8 + 0,121 \times 0,6) \times 0,145 = 0,74V.$$

Caída de tensión, expresada en forma porcentual:

$$\Delta V \% = \Delta V / U_n = 0,74 / 20.000 = 3,72^{-5} \%$$

Siendo la caída de tensión despreciable, por lo cual el conductor elegido es válido.

### 10.5. *Calculo de sección del conductor de baja tensión.*

#### 10.5.1. *Calculo por intensidad máxima admisible por el cable en servicio permanente.*

La intensidad total secundaria ( $I_s$ ), es de 900 Amperios por transformador, para poder descargar esta intensidad desde el transformador hasta el C.G.B.T., se instalarán según el R.E.B.T. en su apartado ITC-BT-07, tabla 4, cables aislados con conductores de aluminio instalados al aire, con aislamiento 0,6/1 kV. de polietileno reticulado:

$I_{conductor}$ : S (aluminio) = 240 mm<sup>2</sup> 0,6/1 kV. XLPE, soporta una intensidad 430 A.  
 $I_{total}$ : n<sup>o</sup> conductores x  $I_{admisible}$  = 3 x 430 = 1.290 A.

La intensidad total ( $I_t$ ) es superior a la Intensidad secundaria ( $I_s$ ), por lo cual esta disposición de la descarga de aluminio de tres conductores por fase S=3x240 mm<sup>2</sup> para cada fase así como dos conductores de S=0x240 mm<sup>2</sup> para el neutro, es válido (S=3(3x240+0x240)mm<sup>2</sup> 0,6/1 kV. XLPE).

#### 10.5.2. *Calculo por caída de tensión.*

Formula de aplicación, para comprobar la caída de tensión:

$$e = \frac{PxL}{KxUxS}$$

siendo:

P = Potencia de cálculo (kVA).  
L = Longitud (m).  
K = Resistividad (35 Aluminio/56 Cobre).  
U = Tensión nominal de la red (Voltios).  
S = Sección del conductor (mm<sup>2</sup>).

Sustituyendo:



$$e = \frac{630.000 \times 8}{35 \times 400 \times (3 \times 240)} = 0,5V.$$

Esta sección es válida ya que la caída de tensión que se produce, es inferior a la máxima permitida ( $e=0,5 V. < 1,9 V.$ ).

## **10.6. Selección de las protecciones.**

### **10.6.1. Protecciones de alta tensión.**

Se instalarán cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura, la intensidad nominal de los mismos dependerá de la curva de fusión y normalmente está comprendida entre 2 y 3 veces la intensidad nominal del transformador a proteger (estos deberán permitir el paso de la punta de corriente que se produce en el momento de la conexión del propio transformador evitando así que los fenómenos transitorios que provoquen interrupciones del suministro), por lo cual nos determinamos los mismos por la siguiente expresión:

$$I_f = I_p \times K = A.$$

donde:

$I_f$  = Intensidad nominal del fusible.

$I_p$  = Intensidad nominal primaria.

$K$  = Valor de la curva (entre 2 y 3).

Sustituyendo:

$$I_f = 18,19 \times 2,5 = 45,47.$$

Se instalarán 3 C.C. de A.P.R. de 63 A. a 20 kV., para el transformador de 630 kVA.

### **10.6.2. Protección de baja tensión.**

La salida de baja tensión del transformador acometerán a un cuadro general de baja tensión (C.G.B.T.) de 4 salidas 400 A. sin cuadro de ampliación, en este se instalarán los cortacircuitos (C.C.), correspondientes a las salidas de las diferentes líneas que en un futuro acometerán al centro de transformación, estos deberán proteger las líneas de baja tensión según se apunta en la presente memoria de cálculo.

## **10.7. Dimensionado de la ventilación del centro de transformación.**

La ventilación de los centros de transformación están calculados para transformadores de hasta 1.000 kVA., por lo cual no se justificará debido a que los transformadores a instalar son menores de la potencia señalada anteriormente.

## **10.8. Calculo de las instalaciones de puesta a tierra.**

Para el cálculo de las instalaciones de puesta a tierra, nos basaremos en lo especificado en la MI RAT-13, con las actualizaciones publicadas hasta la fecha.

### **10.8.1. Investigación de las características del suelo.**

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determinan los siguientes valores:

Medida de la resistividad del terreno ( $\sigma$ ) = 307  $\Omega$ xm.



### 10.8.2. Datos de entrada.

Valor de tensión de servicio: 20.000 V.  
Intensidad máx. de defecto, dato Cia. eléctrica ( $I_d$ ): 300 A.  
Tiempo máximo de desconexión: 1 s. ( $K=78,5$  y  $n=0,18$ ).  
Profundidad de las cabezas de las picas: 0,5 m.  
Tipo de centro de transformación: Interior.  
Numero de figura elegida (ver esquema adjunto en planos).  
 $K_r$ : 0,068.  
 $K_c$ : 0,0421.  
 $K_p$ : 0,0159.

### 10.8.3. Calculo de las tensiones de contacto.

a) Resistencia del terreno ( $R_t$ ):

$$R_t = K_r \times \rho = 0,068 \times 307 = 21,8584 \Omega$$

b) Intensidad de defecto ( $I_d$ ):

$$I_d = \frac{\frac{20.000}{\sqrt{3}}}{40 + R_t} = \frac{11.547}{40 + 21,8584} = 186,67A.$$

c) tensión de contacto máxima real ( $V_c$ ):

$$V_c = (K_r - K_c) \rho \times I_d = (0,068 - 0,0421) 307 \times 186,67 = 4.080,27 V.$$

d) Tensión de contacto máxima admisible ( $V_{ca}$ ):

$$V_{ca} = \frac{K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot \rho}{1.000}\right) = \frac{78,5}{1^{0,18}} \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot 3.000}{1.000}\right) = 431,75V.$$

Al ser la tensión de contacto máxima real  $V_c$  mayor que la tensión de contacto máxima admisible  $V_{ca}$ , no cumple con las condiciones reglamentarias, por lo que habrá que adoptar las siguientes medidas complementarias:

Se recubrirá todo el pasillo del centro de transformación con planchas de goma que deberán reunir las siguientes características:

- Pavimento aislante en el pasillo, de tipo antideslizante y resistente a grasas y aceites, con un espesor mínimo de 6 mm., de color negro, rigidez dieléctrica superior a 40 kV. y resistencia 1012 ohmios para una plancha de 30 cm<sup>2</sup> de superficie (homologado por el Ministerio de Industria).
- Para evitar accidentes no se pondrán a tierra las rejillas de ventilación, ni la puerta de entrada al propio centro de transformación, la cual será pintada interiormente con una gruesa capa de pintura aislante a base de caucho acrílico o poliéster.
- Se dotará al centro de una acera de 1,10 m. de anchura como mínimo.

### 10.8.4. Calculo de las tensiones de paso.

a) Tensión máxima real ( $V_r$ ):

$$V_r = K_p \times \rho \times I_d = 0,0159 \times 307 \times 186,67 = 647,57 V.$$



b) Tensión máxima admisible (terreno sin recubrir):

$$V_p = \frac{10xK}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho}{1.000}\right) = \frac{10x78,5}{1^{0,18}} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 307}{1.000}\right) = 2.230,97V.$$

Por ser la tensión máxima real  $V_r$  menor que la tensión máxima admisible  $V_p$ , cumple con las condiciones reglamentarias ( $V_r < V_p$ ).

#### 10.8.5. *Calculo de la puesta a tierra del neutro.*

Con el fin de no transferir tensiones peligrosas a través del neutro a las instalaciones de baja tensión, se dispone la toma de tierra separada para el neutro del transformador. La separación mínima "D" entre electrodos de tierras de herrajes y neutro para no transferir tensiones superiores a 1.000 V., deberá ser:

$$D \geq \frac{\rho x I_d}{2\pi x 1.000} \geq \frac{307x186,67}{2\pi x 1.000} \geq 9,12m.$$

Las picas del neutro (3 ud. como mínimo), las situaremos a 10,00 m. como mínimo del anillo de puesta a tierra de herrajes.

La conexión desde el centro de transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de sección  $S=1x50 \text{ mm}^2$  de aislamiento 0,6/1 kV. XLPE, protegido contra daños mecánicos, bajo tubo del tipo forroplast  $\varnothing 36$ , presentando un IP-XX7, como mínimo.

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de  $50 \text{ mm}^2$  de sección, las uniones se realizarán mediante procedimientos de soldadura aluminotérmica.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2 m. Se enterrarán las cabezas de las mismas verticalmente a una profundidad no menor de 0,5 m., siendo la separación entre cada pica y la siguiente como mínimo de 3 m. Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, el valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 20 ohmios ( $\Omega$ ).

#### 10.9. *Cálculo eléctrico de las líneas de baja tensión.*

Los cálculos eléctricos que ha continuación justificamos, hemos tenido en cuenta los siguientes puntos:

- La tensión de alimentación será de 400 V. entre fases y 230 V. entre fase y neutro.
- Se proyectan circuitos trifásicos con neutro.
- La caída de tensión para circuitos de acometidas, la fijamos en un 5% de la tensión nominal lo que supone una caída de tensión de 20V., entre fases.

Se emplearán las siguientes formulas de cálculo:

- **TRIFÁSICO:**



$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = A. \quad e = \frac{\sum P \cdot L}{K \cdot U \cdot S} = V. \quad e = \frac{\sum P \cdot L \cdot 100}{K \cdot U^2 \cdot S} = \%$$

siendo:

- I: Intensidad en amperios (A.).
- P: Potencia en vatios (W.).
- U<sub>n</sub>: Tensión nominal en voltios (V.).
- cos φ: factor de potencia.
- e: caída de tensión (V.).
- L: Longitud en metros (m.).
- K: Resistividad (Cu = 56 / Al = 35).
- S: Sección en mm<sup>2</sup>.

### 10.9.1. Calculo de la línea de baja tensión nº 1, CT – Trafo.

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230  
 C.d.t. máx.(%): 5  
 Cos φ: 0.95  
 Coef. Simultaneidad: 1

Línea Protección	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal / Xu(mW/m)	Canal.	Aislam.	Polar.	I. Cálculo In/Ireg		Sección (mm2)	I. Admisi.(A)/ Fci	
								(A)	(A)			
	1	2	15	Al	Ent.Bajo Tubo	XLPE 0.6/1 kV 3 Unp.303.877		3x240/150	344/0.8		315	
	2	3	15	Al	Ent.Bajo Tubo	XLPE 0.6/1 kV 3 Unp.303.877		3x240/150	344/0.8			
Nudo		C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo							
1		0	400	0	303.877 A (200 kW)							
2		-0.893	399.107	0.223	0 A (0 kW)							
3		-1.786	398.214	0.446*	-303.877 A (-200 kW)							

NOTA: \* Nudo de mayor c.d.t.

### 10.9.2. Calculo de la línea de baja tensión nº 2, CT – Trafo.

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230  
 C.d.t. máx.(%): 5  
 Cos φ: 0.95  
 Coef. Simultaneidad: 1

Línea Protección	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal / Xu(mW/m)	Canal.	Aislam.	Polar.	I. Cálculo In/Ireg		Sección (mm2)	I. Admisi.(A)/ Fci	
								(A)	(A)			
	1	2	15	Al	Ent.Bajo Tubo	XLPE 0.6/1 kV 3 Unp.303.877		3x240/150	344/0.8		315	
	2											
Nudo		C.d.t.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.t.(%)	Carga Nudo							
1		0	400	0	303.877 A (200 kW)							
2		-0.893	399.107	0.223*	-303.877 A (-200 kW)							

NOTA: \* Nudo de mayor c.d.t.

### 10.9.3. Calculo de la línea de baja tensión nº 3, CT – Trafo.



## Diseño de una instalación fotovoltaica de 300 kW sobre cubierta

Tensión(V): Trifásica 400, Monofásica 230  
 C.d.f. máx.(%): 5  
 Cos φ: 0.95  
 Coef. Simultaneidad: 1

Línea Protección	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal / Xu(mW/m)	Canal.	Aislam.	Polar.	I. Cálculo (A)	In/Ireg (A)	Sección (mm2)	I. Admisi.(A)/ Fci	
1	1	2	15	Al	Ent.Bajo Tubo	XLPE 0.6/1 kV 3 Unp.	303.877	3x240/150	344/0.8	315		
2	2	3	15	Al	Ent.Bajo Tubo	XLPE 0.6/1 kV 3 Unp.	303.877	3x240/150	344/0.8			

Nudo	C.d.f.(V)	Tensión Nudo(V)	C.d.f.(%)	Carga Nudo
1	0	400	0	303.877 A (200 kW)
2	-0.893	399.107	0.223	0 A (0 kW)
3	-1.786	398.214	0.446*	-303.877 A (-200 kW)

NOTA: \* Nudo de mayor c.d.f.

# **PRESUPUESTO**



## 11. PRESUPUESTO

<b>PRESUPUESTO PARCIAL</b>				
<b>CAPITULO 1: INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO PARTIDA</b>
<b>GENERADOR FOTOVOLTAICO</b>				
Suministro, transporte e instalación de módulo Isototón modelo ISF-250 con marco y conectores multicontacto.	Ud	1.284	225,00 €	288.900,00 €
<b>TOTAL GENERADOR FOTOVOLTAICO</b>				<b>288.900,00 €</b>
<b>ESTRUCTURA SOPORTE</b>				
Suministro, transporte e instalación de estructura soporte para módulos fotovoltaicos ISF-250 con todos los elementos necesarios para su montaje, totalmente instalado.	Ud	1	25.680,00 €	25.680,00 €
<b>TOTAL ESTRUCTURA SOPORTE</b>				<b>25.680,00 €</b>
<b>EQUIPOS INVERSORES</b>				
Suministro, montaje e instalación de equipo inversor trifásico AURORA TRIO-27.6-TL, de 30 kW de potencia nominal. Incluye equipo de monitorización.	Ud	6	4.781,25 €	28.687,50 €
Suministro, montaje e instalación de equipo inversor trifásico AURORA TRIO-20.0-TL, de 20 kW de potencia nominal. Incluye equipo de monitorización.	Ud	6	4.197,50 €	25.185,00 €
<b>TOTAL EQUIPOS INVERSORES</b>				<b>53.872,50 €</b>
<b>CABLEADO, PROTECCIONES Y PEQ. MAT.</b>				
Suministro de conjunto tornillo M6x25 A2, arandela M6 A2, tuerca M6 A2	Ud	5.136	0,12 €	616,22 €
Cable unipolar 10 mm <sup>2</sup> 0,6/1 kV libre de halogenos	ml	1.890	0,47 €	890,86 €
Cable unipolar 25 mm <sup>2</sup> 0,6/1 kV libre de halogenos	ml	2.745	1,53 €	4.187,44 €
Línea de baja tensión compuesta por cable de aluminio de sección S=3x240+0x150 mm <sup>2</sup> XLPE 0,6/1 kV., totalmente instalado según N.P.S. y R.E.B.T.	ml	350	35,24 €	12.334,00 €
Suministro, montaje e instalación de armario de protección alterna A.C. 3x100kW formado por grupo Vigi magnetotermico diferencial.	Ud	1	942,71 €	942,71 €
Suministro, montaje e instalación de armario de protección alterna A.C. 2x30+2x20kW formado por grupo Vigi magnetotermico diferencial.	Ud	3	514,21 €	1.542,62 €
Pequeño material (cableado, placas, etc)	P.A.	1	749,88 €	749,88 €
<b>TOTAL CABLEADO, PROTECCIONES Y PEQ. MAT.</b>				<b>21.263,73 €</b>
<b>CUADRO DE CONTADORES</b>				
Suministro, montaje e instalación de armario de contadores (accesible por compañía eléctrica) con armario tipo Himel PLM para instalación de contador trifásico bidireccional con trafo de aislamiento y CGP.	Ud	1	1.062,69 €	1.062,69 €
<b>TOTAL CUADRO DE CONTADORES</b>				<b>1.062,69 €</b>
<b>TOTAL INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>				<b>390.778,93 €</b>



Diseño de una instalación fotovoltaica de 300 kW sobre cubierta

<b>PRESUPUESTO PARCIAL</b>				
<b>CAPITULO 2: INGENIERIA Y DIRECCION DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO PARTIDA</b>
<b>INGENIERIA Y DIRECCION DE OBRA</b>				
Costes ingeniería: visitas, replanteo, balances energéticos, preparación de memorias técnicas y proyectos, seguimiento administrativo, incluye visados.	-	1	5.630,55	5.630,55
Dirección de obra	-	1	8.227,29	8.227,29
Pruebas y puesta en marcha	días	2	471,36	942,71
<b>TOTAL INGENIERIA Y DIRECCION DE OBRA</b>				<b>14.800,56</b>
<b>TOTAL INGENIERIA Y DIRECCION DE OBRA</b>				<b>14.800,56</b>



<b>PRESUPUESTO PARCIAL</b>				
<b>CAPITULO 3: SEGURIDAD Y SALUD</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO PARTIDA</b>
<b>PROTECCIONES INDIVIDUALES</b>				
Casco de seguridad	Ud	10	4,29	42,85
Casco de seguridad para trabajos en altura	Ud	4	71,59	286,38
Pantalla de seguridad para soldadura	Ud	1	20,57	20,57
Mandil de cuero para soldador	Ud	2	13,38	26,76
Par manguitos soldador	Ud	2	9,74	19,47
Guantes para soldador	Ud	2	6,00	12,00
Polainas para soldador	Ud	2	6,14	12,29
Gafas antipolvo y antipacto	Ud	4	15,77	63,08
Mono de trabajo	Ud	10	25,71	257,10
Impermeable	Ud	4	25,71	102,84
Arnés profesional	Ud	4	93,75	374,99
Cuerda regulable	Ud	4	31,20	124,81
Absorbedor de energía	Ud	6	16,52	99,14
Cinta de amarre	Ud	6	21,29	127,73
Mosquetón automático	Ud	10	13,70	136,95
Cinturón antivibratorio	Ud	1	21,30	21,30
Muñequera antibivatoria	Ud	1	2,17	2,17
Par guantes goma finos	Ud	1	5,66	5,66
Guantes dieléctricos	Ud	4	32,21	128,86
Guantes de uso general	Ud	10	3,15	31,45
Chaleco reflectante	Ud	4	8,57	34,28
Cinturón seguridad	Ud	2	30,85	61,70
Botas de agua caña alta	Ud	2	9,56	19,11
Par botas impermeables	Ud	1	12,86	12,86
Par botas seguridad lona	Ud	2	25,71	51,42
Par botas dieléctricas	Ud	4	50,07	200,27
Bolsa portaherramientas	Ud	4	10,82	43,26
<b>TOTAL PROTECCIONES INDIVIDUALES</b>				<b>2.319,30</b>
<b>PROTECCIONES COLECTIVAS</b>				
Topes para camiones	Ud	4	30,85	123,41
Cinta de balizamiento colocada	ml	70	1,83	127,78
Valla normalizada	Ud	10	25,71	257,10
Señales normalizadas	Ud	6	21,43	128,55
Cable de seguridad de cinturón de seguridad	Ud	5	10,71	53,56
Línea de vida horizontal	Ud	1	1.522,05	1.522,05
Puntos y tacos químicos de anclaje seguridad	Ud	12	99,28	1.191,42
Extintor polvo polivalente 6 kg	Ud	1	80,34	80,34
Revisión anual extintor	Ud	1	11,37	11,37
<b>TOTAL PROTECCIONES COLECTIVAS</b>				<b>3.495,58</b>
<b>SERVICIOS DE PREVENCIÓN</b>				
Botiquín	Ud	1	54,89	54,89
Reposición material botiquín	Ud	1	54,89	54,89
Reconocimiento médico anual obligatorio para el personal	Ud	10	33,75	337,49
Reunión mensual de seguridad	Ud	1	104,83	104,83
Hora de Técnico de Seguridad e Higiene	hora	30	30,93	927,88
Formación de Seguridad y Salud	P.A.	1	75,67	75,67
<b>TOTAL SERVICIOS DE PREVENCIÓN</b>				<b>1.555,65</b>
<b>TOTAL SEGURIDAD Y SALUD</b>				<b>7.370,53</b>



<b>PRESUPUESTO PARCIAL</b>				
<b>CAPITULO 4: M.T.</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO PARTIDA</b>
<b>CAPÍTULO MT01 OBRA CIVIL</b>				
<b>M3 EXCAVACION DE APOYOS</b>				
Excavación de hoyos para apoyos metálico en cualquier tipo de terreno, mediante medios mecánicos, según proyecto.				
ENTRONQUE 1 1,40 1,40 2,95 5,78				
APOYO nº 1 1 1,35 1,35 2,45 4,47				
APOYO nº 2 1 1,35 1,35 2,45 4,47				
APOYO nº 3 1 1,35 1,35 2,45 4,47				
APOYO nº 4 1 1,40 1,40 2,95 5,78	Ud	24,97	72,12 €	1.800,84 €
<b>TOTAL M3 EXCAVACION DE APOYOS</b>				<b>1.800,84 €</b>
<b>M3 HORMIGONADO HA-25</b>				
Hormigonado de apoyos metálicos con hormigón tipo HA-25 Kg/cm <sup>2</sup> de resistencia, totalmente terminado según NPS y RAT.				
ENTRONQUE 1,1 1,40 1,40 2,95 6,36				
APOYO nº 1 1,1 1,35 1,35 2,45 4,91				
APOYO nº 2 1,1 1,35 1,35 2,45 4,91				
APOYO nº 3 1,1 1,35 1,35 2,45 4,91				
APOYO nº 4 1,1 1,40 1,40 2,95 6,36	Ud	27,45	93,45 €	2.565,20 €
<b>TOTAL M3 HORMIGONADO HA-25</b>				<b>2.565,20 €</b>
<b>ML CONDUCCION A.T. 3 TUBOS PVC D=200 mm.</b>				
Excavación de zanja de dimensiones 1,20x0,60 m., en todo tipo de terreno incluyendo alojamiento de tres (3) tubos de PVC D=200 mm. (IP-XX7), del tipo bicapa, incluso cinta de señalización, cama de arena, reposición de firme original. Medida la longitud ejecutada.	Ud	20,00	52,65 €	1.053,00 €
<b>TOTAL ML CONDUCCION A.T. 3 TUBOS PVC D=200 mm.</b>				<b>1.053,00 €</b>
<b>UD EXCAVACION FOSO PFU-4/1T 24 kV.</b>				
Excavación para un edificio prefabricado de hormigón modelo PFU-4/1T/24, de la marca Ormazabal o similar, de dimensiones 5500x3000x500 mm., lecho de arena fina de 100 mm de espesor, incluso construcción de acera perimetral de 1,10 m. de ancho como mínimo, totalmente ejecutado según memoria y NPS.	Ud	1,00	720,00 €	720,00 €
<b>TOTAL UD EXCAVACION FOSO PFU-4/1T 24 kV.</b>				<b>720,00 €</b>
<b>UD EDIFICIO PREFABRICADO PFU-4/1T/24 KV.</b>				
Centro de transformación prefabricado del tipo PFU-4/1T/24 de la marca ORMAZABAL o similar, incluso transporte, base de instalación realizado mediante lecho de arena fina según proyecto, totalmente instalado según RAT y NPS.	Ud	1,00	7.600,00 €	7.600,00 €
<b>TOTAL UD EDIFICIO PREFABRICADO PFU-4/1T/24 KV.</b>				<b>7.600,00 €</b>
<b>ML CONDUCCION B.T. TUBOS PVC D=160 mm.</b>				
Conducción enterrada de baja tensión a una profundidad no menor de 60 cm. y 60 cm. de ancho, compuesta por dos (2) tubos de PVC D=160 mm. (IP-XX7), protegido con hormigón en masa H-100, incluso cinta de advertencia de conductores eléctricos y ayudas de albañilería, construida según N.P.S. y R.E.B.T., medida la longitud ejecutada.	Ud	114,00	38,45 €	4.383,30 €
<b>TOTAL ML CONDUCCION B.T. TUBOS PVC D=160 mm.</b>				<b>4.383,30 €</b>
<b>TOTAL OBRA CIVIL</b>				<b>18.122,34 €</b>



Diseño de una instalación fotovoltaica de 300 kW sobre cubierta

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARTIDA
<b>CAPÍTULO MT02 LINEA DE M.T.</b>				
<b>UD APOYO D/C 20 m. 2.000 Kg.</b>				
Apoyo de doble circuito (D/C), del tipo C-20 m., 2.000 kg. de esfuerzo libre en punta, separación entre crucetas 2,40 mts., (Serie soldada AENOR EA 0E015:2003), emsamblado, izado y graneteado. Totalmente instalado según proyecto, RAT y NPS.	Ud	4,00	2.410,00 €	9.640,00 €
<b>TOTAL UD APOYO D/C 20 m. 2.000 Kg.</b>				<b>9.640,00 €</b>
<b>UD APOYO D/C 20 m. 4.500 Kg.</b>				
Apoyo de doble circuito (D/C), del tipo C-20 m., 4.500 kg. de esfuerzo libre en punta, separación entre crucetas 2,40 mts., (Serie soldada AENOR EA 0015:2003), emsamblado, izado y graneteado. Totalmente instalado según proyecto, RAT y NPS.	Ud	1,00	3.850,00 €	3.850,00 €
<b>TOTAL UD APOYO D/C 20 m. 4.500 Kg.</b>				<b>3.850,00 €</b>
<b>ML LINEA AEREA AL S=3x54,6 mm<sup>2</sup></b>				
Línea aérea compuesta por conductores de aluminio-acero de sección S=3x54,6 mm <sup>2</sup> , incluso tendido y regulado, medida la unidad ejecutada.	Ud	510,00	6,45 €	3.289,50 €
<b>TOTAL ML LINEA AEREA AL S=3x54,6 mm<sup>2</sup></b>				<b>3.289,50 €</b>
<b>UD AUTOVALVULAS 30 kV. 10 kA.</b>				
Autoválvula pararrayos de óxido de zinc del tipo INZP 30 kV. 10 kA. con explosores de la marca Inael o similar, totalmente instaladas según NPS y RAT.	Ud	6,00	152,11 €	912,66 €
<b>TOTAL UD AUTOVALVULAS 30 kV. 10 kA.</b>				<b>912,66 €</b>
<b>UD SECCIONADOR I 36 kV. 400 A.</b>				
Seccionador unipolar de servicio exterior del tipo SELA U 36P de la marca ANDEL o similar con aislador de polimero, totalmente instaladas según NPS y RAT.	Ud	6,00	285,12 €	1.710,72 €
<b>TOTAL UD SECCIONADOR I 36 kV. 400 A.</b>				<b>1.710,72 €</b>
<b>ML LMT S=3x240 mm<sup>2</sup> 18/30 kV.</b>				
Línea de media tensión formada por cable seco termoestable tipo RHZ1 H16 de sección S=3x240 mm <sup>2</sup> de aluminio de tensión de aislamiento 18/30 kV., con cubierta de color rojo (ETU-3305 C), construido según UNE-211231, totalmente instalado según proyecto y NPS.	Ud	65,00	30,15 €	1.959,75 €
<b>TOTAL ML LMT S=3x240 mm<sup>2</sup> 18/30 kV.</b>				<b>1.959,75 €</b>
<b>TOTAL LINEA M.T.</b>				<b>21.362,63 €</b>



Diseño de una instalación fotovoltaica de 300 kW sobre cubierta

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARTIDA
<b>CAPÍTULO MT03 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>				
<b>UD CELDA COMPACTA SF6 2L+1P DE ORMAZABAL</b>				
Celda compacta de dos funciones de línea y una de protección por fusibles (2L+1P), con timonería de disparo del tipo CGM COSMOS con P.a.t., enclavamiento según memoria, lcc 16 kA., 24 kV. 400 A. en atmósfera de SF6 de la marca ORMAZABAL o similar, totalmente instalada según RAT.	Ud	1,00	9.474,00 €	9.474,00 €
<b>TOTAL UD CELDA COMPACTA SF6 2L+1P DE</b>				<b>9.474,00 €</b>
<b>UD TRANSFORMADOR 630 KVA. 20 kV.</b>				
Transformador de potencia de 630 kVA., a 20.000/420-230 V., construido según RU-5.201-D y UNE 21.148, con cuba elástica de llenado integral, termómetro de temperatura y bornas enchufables. Totalmente instalado según RAT y NPS.	Ud	1,00	8.500,00 €	8.500,00 €
<b>TOTAL UD TRANSFORMADOR 630 KVA. 20 kV.</b>				<b>8.500,00 €</b>
<b>UD DESCARGA B.T. 630 kVA.</b>				
Descarga de transformador de 630 kVA., formada por conductores de aluminio de sección $S=3(3 \times 240 + 0 \times 240)$ mm <sup>2</sup> XLPE 0,6/1 kV. de polietileno reticulado, incluso instalación de 24 terminales bi-metálicos de sección $S=240$ mm <sup>2</sup> , engastados hidráulicamente. Totalmente terminado según N.P.S. y R.E.B.T.	Ud	1,00	1.025,00 €	1.025,00 €
<b>TOTAL UD DESCARGA B.T. 630 kVA.</b>				<b>1.025,00 €</b>
<b>UD C.G.B.T. 4 SALIDAS 400 A.</b>				
Instalación de C.G.B.T. 4 salidas 400 A., construido según norma 6.303, incluso transformador de intensidad de X/5 A., totalmente instalado según N.P.S. y R.E.B.T.	Ud	1,00	1.532,58 €	1.532,58 €
<b>TOTAL UD C.G.B.T. 4 SALIDAS 400 A.</b>				<b>1.532,58 €</b>
<b>UD P.a.t. DE NEUTRO DE C.T.</b>				
Sistema de puesta a tierra del neutro del transformador, compuesto por: 3 picas de 2 m. de longitud y 14 mm. de diámetro, cable de cobre $S=50$ mm <sup>2</sup> 0,6/1 kV., cable de cobre desnudo $S=50$ mm <sup>2</sup> y elementos de conexión (soldadura aluminotérmica), totalmente instalado según memoria y RAT.	Ud	1,00	350,92 €	350,92 €
<b>TOTAL UD P.a.t. DE NEUTRO DE C.T.</b>				<b>350,92 €</b>
<b>M<sup>2</sup> SUELO AISLANTE e=6 mm.</b>				
Suelo aislante de espesor 6 mm. de la marca PIRELLI, homologado por M.I., totalmente instalado según proyecto.	Ud	2,00	38,71 €	77,42 €
<b>TOTAL M<sup>2</sup> SUELO AISLANTE e=6 mm.</b>				<b>77,42 €</b>
<b>UD EQUIPO DE PROTECCIÓN Y AVISO</b>				
Pertiga de salvamento de 30 kV., de la marca MAYCO o similar homologados, totalmente instalados según R.A.T., Par de guantes de 30 kV., de la marca MAYCO o similar homologados, totalmente instalados según R.A.T., Banqueta aislante para maniobra de 30 KV., totalmente instalada según RAT., Placa peligro de muerte de la marca Mayco o similar, totalmente instalada. Placa de primeros auxilios de la marca Mayco o similar, totalmente instalada.	Ud	1,00	254,38 €	254,38 €
<b>TOTAL UD EQUIPO DE PROTECCIÓN Y AVISO</b>				<b>254,38 €</b>
<b>TOTAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>				<b>21.214,30 €</b>



Diseño de una instalación fotovoltaica de 300 kW sobre cubierta

<b>PRESUPUESTO GLOBAL</b>					
<b>PRESUPUESTO GENERAL</b>					
<b>TOTAL INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>					<b>390.778,93 €</b>
<b>TOTAL INGENIERIA Y DIRECCION DE OBRA</b>					<b>14.800,56 €</b>
<b>TOTAL SEGURIDAD Y SALUD</b>					<b>7.370,53 €</b>
<b>TOTAL M.T.</b>					<b>39.591,02 €</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL</b>					<b>452.541,04 €</b>
<b>BASE IMPONIBLE</b>					<b>452.541,04 €</b>
<b>I.V.A 21%</b>					<b>95.033,62 €</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>					<b>547.574,65 €</b>
Asciende el presente presupuesto total de ejecución a la cantidad de quinientos cuarenta y siete mil quinientos setenta y cuatro euros con sesenta y cinco céntimos.					

# **FICHAS TÉCNICAS**

## Disfrute de las ventajas de ISO FOTON

-  Experiencia de más de 30 años en la fabricación de células y módulos fotovoltaicos
-  Experiencia internacional en el desarrollo de proyectos: más de 300 en todo el mundo
-  Asistencia técnica
-  Tecnología punta y calidad certificada
-  Compromiso con el medio ambiente

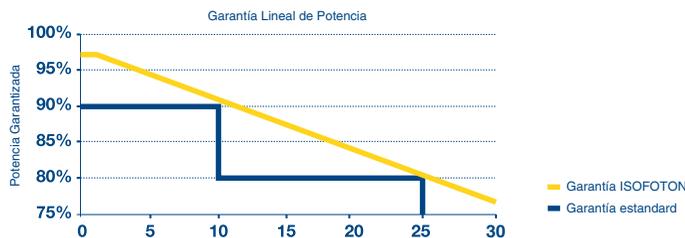
## Disfrute de las ventajas de la gama ISF

-  Vidrio microtexturado con mayor capacidad de absorción de la luz difusa, que garantiza más eficiencia
-  Caja de conexión diseñada para minimizar las pérdidas eléctricas
-  El módulo más ligero de su categoría, lo que facilita su manejo y el ahorro de coste en estructura

## La garantía ISO FOTON

**NUEVO!! 30** años de garantía lineal de potencia que mejora en un 25% la garantía estándar de mercado

**10** años de garantía de producto



## Certificados de Empresa



Desde 1999



Desde 2001



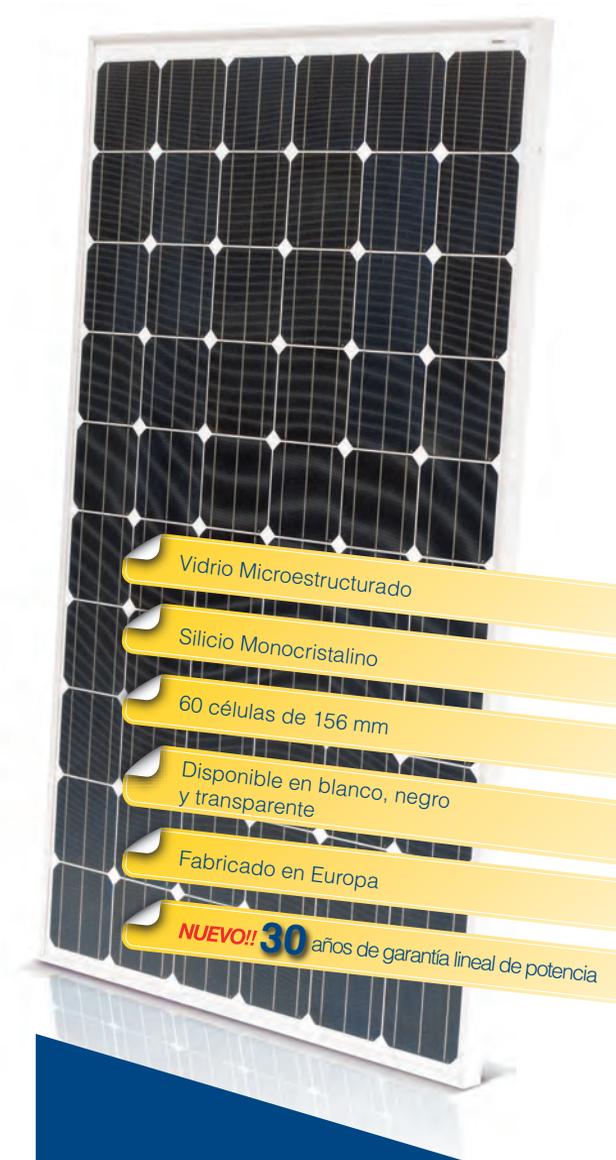
Desde 2008



Desde 2012



Desde 2007  
ISO FOTON es socio fundador



## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Comportamiento en STC: Irradiancia 1.000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de célula 25 °C, AM 1,5

	ISF - 245	ISF - 250	ISF - 255
Potencia nominal (Pmax)	245 W	250 W	255 W
Tensión en circuito abierto (Voc)	37,6 V	37,8 V	37,9 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8,63 A	8,75 A	8,86 A
Tensión en el punto de máxima potencia (Vmax)	30,5 V	30,6 V	30,9 V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	8,04 A	8,17 A	8,27 A
Eficiencia	14,8 %	15,1 %	15,4 %
Tolerancia de potencia (% Pmax)	0/+3 %	0/+3 %	0/+3 %

Comportamiento a Irradiancia 800 W/m<sup>2</sup>, TONC, temperatura ambiente 20 °C, AM 1,5; velocidad del viento 1 m/s

	ISF - 245	ISF - 250	ISF - 255
Potencia máxima (Pmax)	178 W	181 W	185 W
Tensión en circuito abierto (Voc)	34,8 V	35,0 V	35,1 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	6,96 A	7,06 A	7,15 A
Tensión en el punto de máxima potencia (Vmax)	27,4 V	27,5 V	27,7 V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	6,49 A	6,59 A	6,67 A

Reducción de Eficiencia desde 1.000 W/m<sup>2</sup> a 200 W/m<sup>2</sup> según IEC 60904-1 5% (+/-3%)

## CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

Tensión máxima del sistema	1000 V
Límite de corriente inversa	20 A
Temperatura nominal de operación de la célula (TONC)	45 +/- 2° C
Temperatura de operación	-40 to + 85° C
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0,44%/K
Coefficiente de temperatura de Voc	-0,334%/K
Coefficiente de temperatura de Isc	0,048%/K

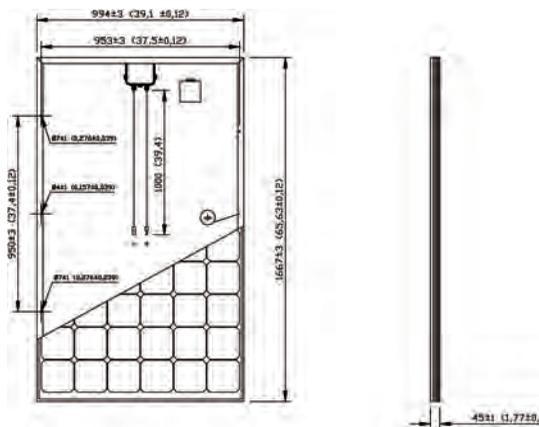
## Certificados de producto



## CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Célula solar	Silicio Monocristalino - 156 mm x 156 mm (6 pulgadas)
Número de células	60 células (6x10)
Dimensiones	1667 x 994 x 45 mm
Peso	19 Kg
Vidrio	Alta transmisividad, texturado y templado de 3,2 mm (EN-12150)
Marco	Aluminio anodizado, toma de tierra
Máxima carga admisible	5400 Pa (carga de nieve)
Caja de conexión	IP 65 con 3 diodos de bypass
Cables y Conector	Cable solar de 1 m y sección 4 mm <sup>2</sup> . Conector MC4 o LC4

## DIMENSIONES



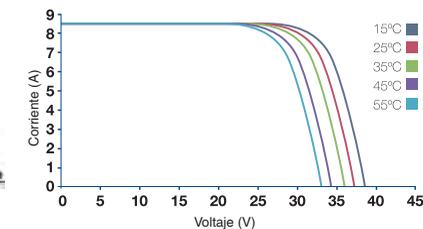
## EMBALAJE

Módulos por palet  
**24**

Tamaño del embalaje (palet + caja)

1720 x 1140 x 1155mm

Materiales Reciclables



DATOS DE CONTACTO

FÁBRICA  
Parque Tecnológico de Andalucía (PTA)  
C/ Severo Ochoa, 50  
29590 Málaga - España  
Tel: +34 951 233 500  
isofoton.m@isofoton.com

OFICINA COMERCIAL  
Torre de Cristal  
Paseo de la Castellana, 259C (Planta 17)  
28046 Madrid - España  
Tel: +34 914 147 800  
isofoton@isofoton.com

# TRIO-20.0-TL-OUTD TRIO-27.6-TL-OUTD

GENERAL SPECIFICATIONS  
OUTDOOR MODELS



The latest in Power-One's Aurora Trio range, this new-look three-phase inverter fills a specific niche in the commercial solar market. This new three-phase inverter benefits from the three-phase inverter technology perfected in the PVI-10.0 and 12.5, probably the world's most commonly used three-phase inverter which has led the way in best-in-class efficiency.

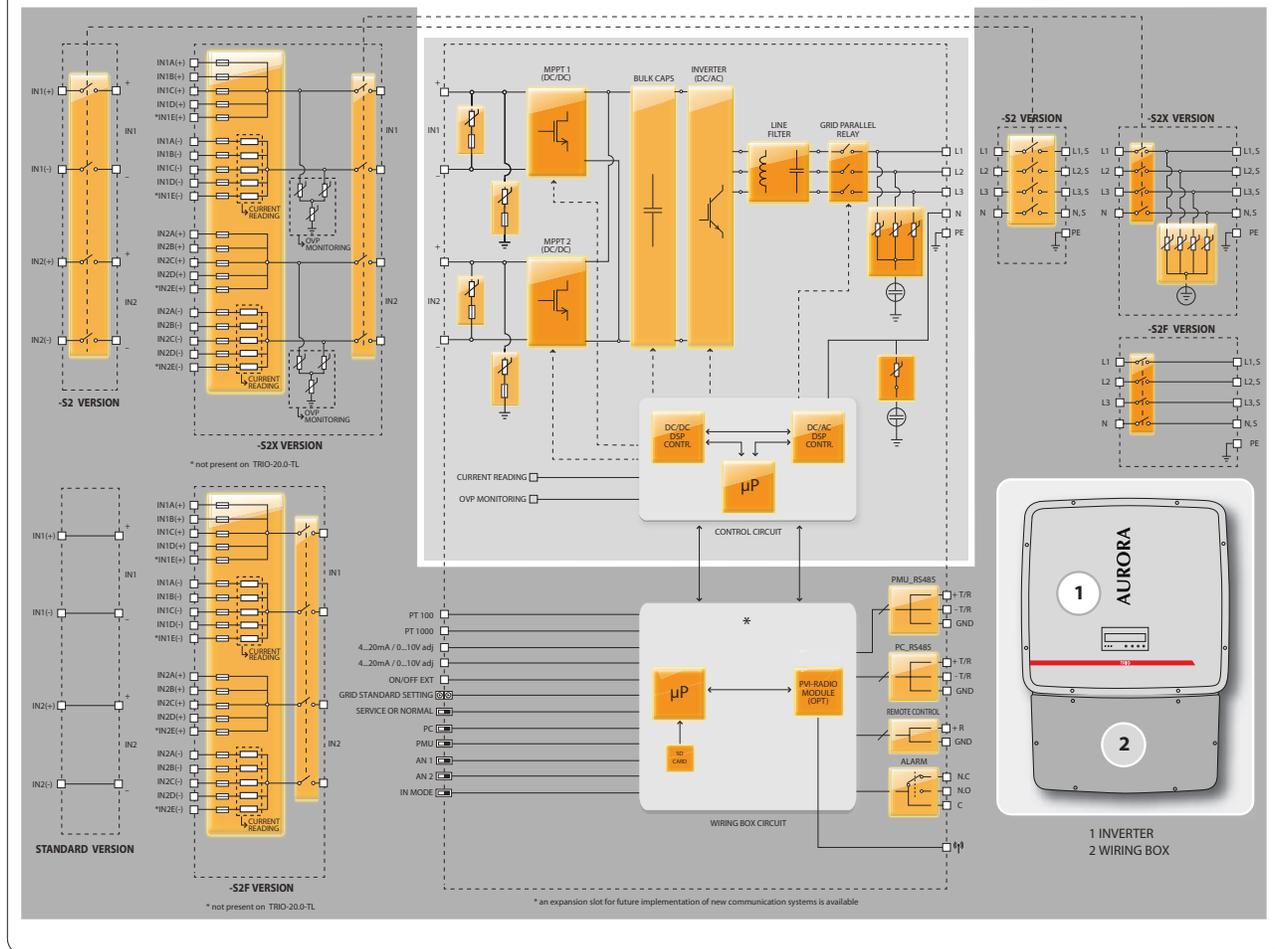
Controlling more PV panels than its smaller predecessor, the Trio-27.6 and Trio-20.0 will offer more flexibility and control to installers who have large installations with varying aspects or orientations. This device has two independent MPPTs and efficiency ratings of up to 98.2%. The very wide input voltage range makes the inverter suitable to installations with reduced string size.

The new look inverter has new features including a special built-in heat sink compartment and front panel display system. The unit is free of electrolytic capacitors, leading to a longer product lifetime.

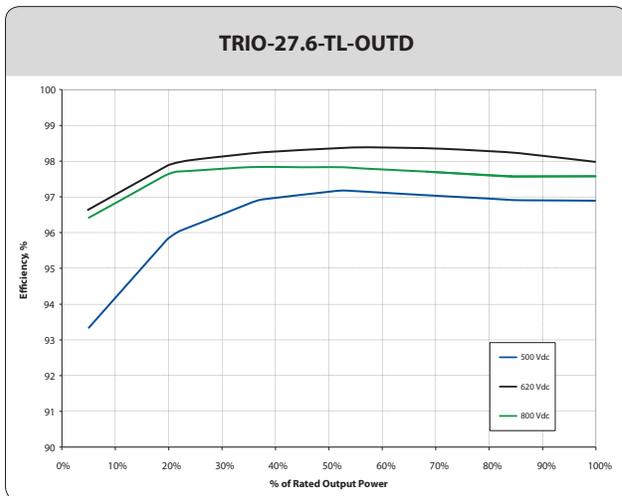
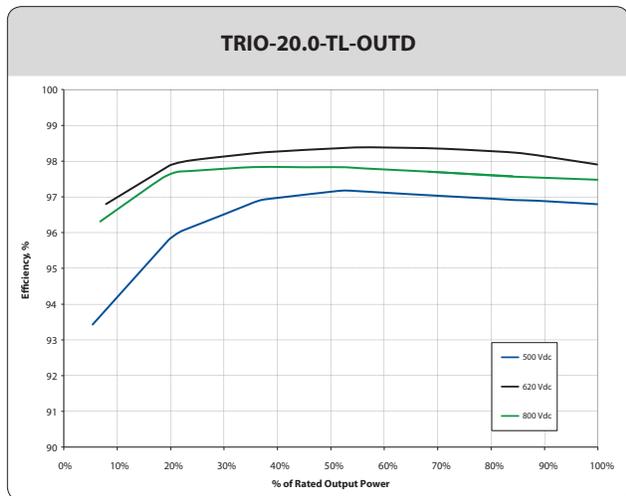
## Features

- 'Electrolyte-free' power converter to further increase the life expectancy and long term reliability
- Quiet Rail
- True three-phase bridge topology for DC/AC output converter
- Each inverter is set on specific grid codes which can be selected in the field
- Dual input sections with independent MPP tracking, allows optimal energy harvesting from two sub-arrays oriented in different directions
- Wide input range
- Detachable wiring box to allow an easy installation
- Integrated string combiner with different options of configuration which include DC and AC disconnect switch in compliance with international Standards (-S2, -S2F and -S2X versions)
- High speed and precise MPPT algorithm for real time power tracking and improved energy harvesting
- Flat efficiency curves ensure high efficiency at all output levels ensuring consistent and stable performance across the entire input voltage and output power range
- Outdoor enclosure for unrestricted use under any environmental conditions
- Capability to select via display the Active Power reduction and the Reactive Power regulation (fixed  $\cos(\phi)$ , standard  $\cos(\phi)=f(P)$  curve, Fixed Q (Q/Pn))
- Capability to connect external sensors for monitoring environmental conditions
- Availability of auxiliary DC output voltage (24V, 300mA)

# BLOCK DIAGRAM OF TRIO-20.0/27.6-TL-OUTD



## Block Diagram and Efficiency Curves



PARAMETER	TRIO-20.0-TL-OUTD	TRIO-27.6-TL-OUTD
<b>Input Side</b>		
Absolute Maximum DC Input Voltage ( $V_{max,abs}$ )	1000 V	
Start-up DC Input Voltage ( $V_{start}$ )	360 V (adj. 250...500 V)	
Operating DC Input Voltage Range ( $V_{dmin}...V_{dmax}$ )	0.7 x $V_{start}...950$ V	
Rated DC Input Power ( $P_{dc}$ )	20750 W	28600 W
Number of Independent MPPT	2	
Maximum DC Input Power for each MPPT ( $P_{MPPTmax}$ )	12000 W	16000 W
DC Input Voltage Range with Parallel Configuration of MPPT at $P_{acr}$	440...800 V	500...800 V
DC Power Limitation with Parallel Configuration of MPPT	Linear Derating From MAX to Null [800V ≤ $V_{MPPT}$ ≤ 950V]	
DC Power Limitation for each MPPT with Independent Configuration of MPPT at $P_{acr}$ , max unbalance example	12000 W [480V ≤ $V_{MPPT}$ ≤ 800V] the other channel: $P_{dc}$ -12000W [350V ≤ $V_{MPPT}$ ≤ 800V]	16000 W [500V ≤ $V_{MPPT}$ ≤ 800V] the other channel: $P_{dc}$ -16000W [400V ≤ $V_{MPPT}$ ≤ 800V]
Maximum DC Input Current ( $I_{dc,max}$ ) / for each MPPT ( $I_{MPPTmax}$ )	50.0 A / 25.0 A	64.0 A / 32.0 A
Maximum Input Short Circuit Current for each MPPT	30.0 A	
Number of DC Inputs Pairs for each MPPT	1 (4 in -S2X and -S2F Versions)	1 (5 in -S2X and -S2F Versions)
DC Connection Type	Tool Free PV Connector WM / MC4 (Screw Terminal Block on Standard and -S2 versions)	
<b>Input Protection</b>		
Reverse Polarity protection	Inverter protection only, from limited current source, for standard and -S2 versions, and for fused versions when max 2 strings are connected	
Input Over Voltage Protection for each MPPT - Varistor	2	
Input Over Voltage Protection for each MPPT - Plug In Modular Surge Arrester (-S2X Version)	3 (Class II)	
Photovoltaic Array Isolation Control	According to local standard	
DC Switch Rating for each MPPT (Version with DC Switch)	40 A / 1000 V	
Fuse Rating (Versions with fuses)	15 A / 1000 V <sup>(5)</sup>	
<b>Output Side</b>		
AC Grid Connection Type	Three phase 3W or 4W+PE	
Rated AC Power ( $P_{acr} @ \cos\phi=1$ )	20000 W	27600 W
Maximum AC Output Power ( $P_{acmax} @ \cos\phi=1$ )	22000 W <sup>(3)</sup>	30000 W <sup>(4)</sup>
Maximum Apparent Power ( $S_{max}$ )	22200 VA	30000 VA
Rated AC Grid Voltage ( $V_{acr}$ )	400 V	
AC Voltage Range	320...480 V <sup>(1)</sup>	
Maximum AC Output Current ( $I_{ac,max}$ )	33.0 A	45.0 A
Contributory fault current	35.0 A	
Rated Output Frequency (f)	50 Hz / 60 Hz	
Output Frequency Range ( $f_{min}...f_{max}$ )	47...53 Hz / 57...63 Hz <sup>(2)</sup>	
Nominal Power Factor and adjustable range	> 0.995, adj. ± 0.9 with $P_{acr}=20.0$ kW, ± 0.8 with max 22.2 kVA	> 0.995, adj. ± 0.9 with $P_{acr}=27.6$ kW, ± 0.8 with max 30 kVA
Total Current Harmonic Distortion	< 3%	
AC Connection Type	Screw terminal block	
<b>Output Protection</b>		
Anti-Islanding Protection	According to local standard	
Maximum AC Overcurrent Protection	34.0 A	46.0 A
Output Overvoltage Protection - Varistor	4	
Output Over Voltage Protection - Plug In Modular Surge Arrester (-S2X Version)	4 (Class II)	
<b>Operating Performance</b>		
Maximum Efficiency ( $\eta_{max}$ )	98.2%	
Weighted Efficiency (EURO/CEC)	98.0% / 98.0%	
Feed In Power Threshold	40 W	
Stand-by Consumption	< 8W	
<b>Communication</b>		
Wired Local Monitoring	PVI-USB-RS232_485 (opt.), PVI-DESKTOP (opt.)	
Remote Monitoring	PVI-AEC-EVO (opt.), AURORA LOGGER (opt.)	
Wireless Local Monitoring	PVI-DESKTOP (opt.) with PVI-RADIOMODULE (opt.)	
User Interface	Graphic display	
<b>Environmental</b>		
Ambient Temperature Range	-25...+60°C / -13...140°F with derating above 45°C/113°F	
Relative Humidity	0...100% condensing	
Noise Emission	< 50 dB(A) @ 1 m	
Maximum Operating Altitude without Derating	2000 m / 6560 ft	
<b>Physical</b>		
Environmental Protection Rating	IP 65	
Cooling	Natural	
Dimension (H x W x D)	1061 mm x 702 mm x 292 mm/ 41.7" x 27.6" x 11.5"	
Weight	< 70.0 kg / 154.3 lb (Standard version)	< 75.0 kg / 165.4 lb (Standard version)
Mounting System	Wall bracket	
<b>Safety</b>		
Isolation Level	Transformerless	
Marking	CE	
Safety and EMC Standard	EN 50178, EN62109-1, EN62109-2, AS/NZS3100, AS/NZS 60950, EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-3-11, EN61000-3-12	
Grid Standard	CEI 0-21, CEI 0-16, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G59/2, C10/11, EN 50438 (not for all national appendices), RD1699, RD 1565, AS 4777, BDEW, ABNT NBR 16149, NRS-097-2-1	
<b>Available Products Variants</b>		
Standard	TRIO-20.0-TL-OUTD-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-400
With DC+AC Switch	TRIO-20.0-TL-OUTD-S2-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-S2-400
With DC+AC Switch and Fuse	TRIO-20.0-TL-OUTD-S2F-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-S2F-400
With DC+AC Switch, Fuse and Surge Arrester	TRIO-20.0-TL-OUTD-S2X-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-S2X-400

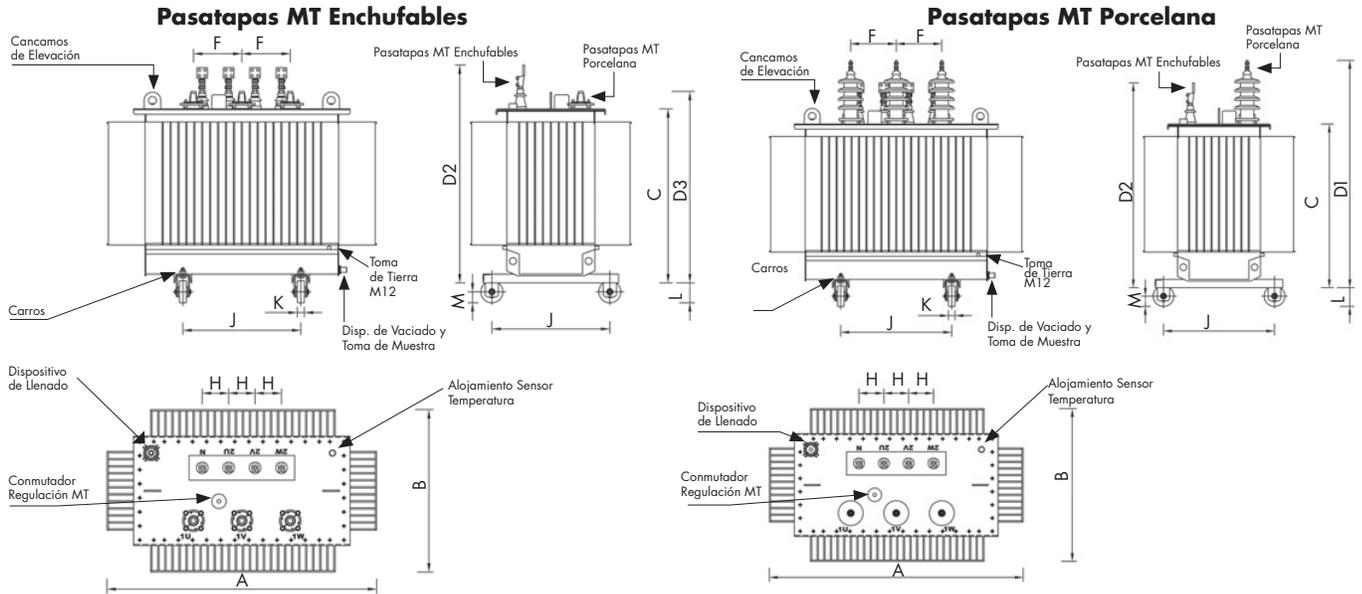
1. The AC voltage range may vary depending on specific country grid standard  
2. The Frequency range may vary depending on specific country grid standard  
3. Limited to 20000 W for Germany  
4. Limited to 27600 W for Germany  
5. Since April 2013

Remark. Features not specifically listed in the present data sheet are not included in the product

## Características 24 kV: C<sub>0</sub> B<sub>k</sub> (CC')

Desde 250 hasta 5000 kVA • Nivel de Aislamiento 24 kV

Transformadores Sumergidos en Dieléctrico Líquido



### Características eléctricas

### 24 kV: C<sub>0</sub> B<sub>k</sub> (CC')

Potencia asignada [kVA]		250	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500(*)	
Tensión asignada (Ur)	Primaria [kV]	20										
	Secundaria en vacío [V]	420										
Grupo de Conexión		Dyn11										
Pérdidas en Vacío - Po [W]	Lista C <sub>0</sub>	425	610	720	860	930	1100	1350	1700	2100	2500	
Pérdidas en Carga - Pk [W]	Lista B <sub>k</sub>	2750	3850	4600	5400	7000	9000	11000	14000	18000	22000	
Impedancia de Cortocircuito (%) a 75°C		4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	
Nivel de Potencia Acústica LwA [dB]	Lista C <sub>0</sub>	55	58	59	60	61	63	64	66	68	71	
Caida de tensión a plena carga (%)	cosφ=1	1.17	1.04	1.00	0.93	1.05	1.08	1.06	1.05	1.08	1.06	
	cosφ=0.8	3.22	3.13	3.10	3.06	4.35	4.37	4.38	4.35	4.35	4.35	
Rendimiento (%)	CARGA 100%	cosφ=1	98.75	98.90	98.95	99.02	99.02	99.00	98.98	99.03	99.03	99.03
		cosφ=0.8	98.44	98.63	98.69	98.77	98.78	98.75	98.73	98.79	98.79	98.79
	CARGA 75%	cosφ=1	98.96	99.08	99.13	99.18	99.20	99.19	99.17	99.21	99.21	99.21
		cosφ=0.8	98.70	98.86	98.91	98.98	99.00	98.98	98.97	99.01	99.02	99.02

### Dimensiones [mm]

Potencia asignada [kVA]	250	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
A (Largo)	1376	1537	1622	1569	1997	1997	2007	1965	1965	2480
B (Ancho)	930	941	962	962	1200	1200	1182	1277	1277	1426
C (Alto a tapa)	915	1004	1092	1169	1158	1158	1373	1671	1715	1836
D1 (Alto a MT con Porcelana MT)	1300	1389	1477	1554	1543	1543	1758	2056	2100	2221
D2 (Alto a BT con Palas)	1149	1238	1353	1430	1491	1491	1706	2040	2084	2266
F (separación MT)	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275
H (separación entre BT)	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200
J (Distancia entre ruedas)	670	670	670	670	670	670	820	820	820	1070
K (ancho rueda)	40	40	40	40	40	40	70	70	70	70
∅ (diámetro rueda)	125	125	125	125	125	125	200	200	200	200
L (Rueda)	110	110	110	110	110	110	165	165	165	165
Volumen Aceite [Litros]	260	325	390	390	520	500	660	1200	1245	1340
Peso total [Kg]	1100	1420	1810	1920	2530	2560	3200	4950	5150	5750

(\*) Para otros valores técnicos superiores a 2500 kVA, por favor, consultar a Ormazabal.

# CBTO-C

## CUADRO DE BAJA TENSION OPTIMIZADO PARA CENTROS DE TRANSFORMACION

### 1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

#### 1.1. ELEMENTOS PRINCIPALES

1. Embarrado de Acometida
2. Bases Portafusibles BTVC
3. Seccionador
4. Herramienta Accionamiento del Seccionador
5. Compartimento de Control
6. Bastidor

#### 1.2. PLACAS DE IDENTIFICACIÓN

- Placa de Características **CBTO-C**
- Placa de Características Bases Portafusibles
- Placa de Características Seccionador

#### 1.3. ACCESORIOS

Los accesorios que pueden ser suministrados son los siguientes:

- Tubos y capuchones de protección para los cables de acometida.
- Amarre para los cables de salida de las bases portafusibles.
- Caja de Seccionamiento de la tierra del neutro del **CBTO-C**.

#### 1.4. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

El **CBTO-C** se define mediante las siguientes características eléctricas.

<b>Tensión Asignada de Empleo</b>	$U_e$	440 V	
<b>Tensión Asignada de Aislamiento</b>	$U_i$	500 V	
<b>Tensión Soportada a Frecuencia Industrial 1 min</b>			
<b>Fase-Fase</b>		2,5 kV	
<b>Fase-Tierra</b>		10 kV	
<b>Frecuencia Asignada</b>	$f$	50 Hz	
<b>Intensidad Asignada*</b>	$I$	1000 A	1600 A
<b>Intensidad Asignada Corta Duración 1 s</b>	$I_{cw}$	15 (22) kA	25 kA
<b>Intensidad Asignada de Cresta Duración 1 s</b>	$I_{pk}$	31,5 (46,2) kA	52,5 kA

\* Para cada caso ver la intensidad asignada en la placa de características del **CBTO-C**  
Para más información contactar con el departamento Técnico - Comercial de Ormazabal.

#### 1.5. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Las dimensiones exteriores del **CBTO-C** son las que se muestran en la siguiente tabla:

Alto [mm]	Ancho [mm]	Fondo [mm]	Peso [kg]
1500	1000	350	132*

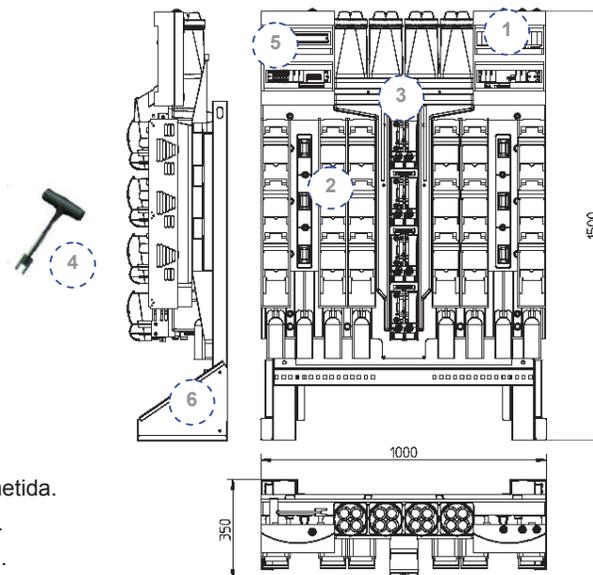
\* Peso máximo con 8 bases de 400 A

#### 1.6. CONDICIONES DE EMPLEO

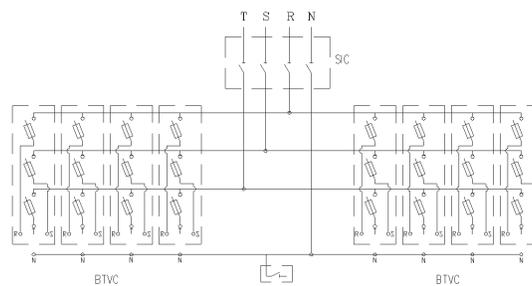
El **CBTO-C** está previsto para ser utilizado en las condiciones de empleo descritas en la norma UNE-EN 61439-1 apartado 7, que son:

##### 1.6.1. Temperatura del Aire Ambiente

La temperatura de aire ambiente para la instalación en interior no debe superar los + 40 °C y la temperatura media durante un periodo de 24 horas no debe sobrepasar los + 35 °C. El límite inferior de la temperatura del aire ambiente debe ser de - 5 °C.



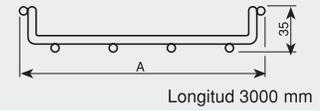
Dimensiones en mm



SIC	Seccionador 3F + N 1600 A
BTVC	Base Portafusibles Tripolar Cerrada
STN	Seccionamiento de PaT del Neutro

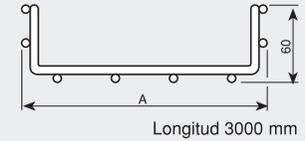
## Gama de Producto

### rejiband® 35



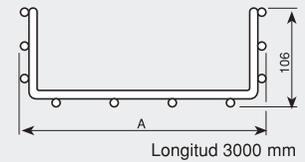
DIM. A	rejiband® 35									
	E.Z.		Bycro		G.C.		INOX 304		Sección mm <sup>2</sup>	Emb. (m)
	Ref. n°	Peso (kg/m)	Ref. n°	Peso (kg/m)	Ref. n°	Peso (kg/m)	Ref. n°	Peso (kg/m)		
100	60211100	0.65	60221100	0.65	60231100	0.70	60251100	0.65	2150	24
200	60221100	1.02	60221200	1.02	60231200	1.09	60251200	1.02	4724	18
300	60211300	1.38	60221300	1.38	60231300	1.48	60251300	1.38	7296	18
400	60211400	1.76	60221400	1.76	60231400	2.024	60251400	1.73	10280	12

### rejiband® 60



DIM. A	rejiband® 35											
	E.Z.		Bycro		G.C.		INOX 304		INOX 316*		Sección mm <sup>2</sup>	Emb. (m)
	Ref. n°	Peso (kg/m)	Ref. n°	Peso (kg/m)	Ref. n°	Peso (kg/m)	Ref. n°	Peso (kg/m)	Ref. n°	Peso (kg/m)		
060	60212060	0.67	60222060	0.67	60232060	0.72	60252060	0.67	60262060v	0.67	2327	24
100	60212100	0.95	60222100	0.95	60232100	1.02	60252100	0.95	60262100	0.95	4157	24
150	60212150	1.10	60222150	1.10	60232150	1.17	60252150	1.10	60262150	1.10	6644	24
200	60212200	1.31	60222200	1.31	60232200	1.41	60252200	1.31	60262200	1.31	9130	18
300	60212300	2.08	60222300	2.08	60232300	2.22	60252300	1.68	60262300	1.68	13710	12
400	60212400	2.53	60222400	2.53	60232400	2.70	60252400	2.04	60262400	2.04	18610	6
500	60212500	2.98	60222500	2.98	60232500	3.19	60252500	2.40	60262500	2.40	23487	6
600	60212600	3.43	60222600	3.43	60232600	3.67	60252600	2.76	60262600	2.76	28363	6

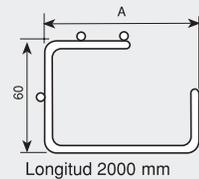
### rejiband® 100



DIM. A	rejiband® 35									
	E.Z.		Bycro		G.C.		INOX 304		Sección mm <sup>2</sup>	Emb. (m)
	Ref. n°	Peso (kg/m)	Ref. n°	Peso (kg/m)	Ref. n°	Peso (kg/m)	Ref. n°	Peso (kg/m)		
200	60213200	2.07	60223200	2.07	60233200	2.21	60253200	1.65	14400	6
300	60213300	2.52	60223300	2.52	60233300	2.69	60253300	2.02	22400	6
400	60213400	2.97	60223400	2.97	60233400	3.17	60253400	3.38	30600	6
500	60213500	3.42	60223500	3.42	60233500	3.66	60253500	2.74	38200	6
600	60213600	3.87	60223600	3.87	60233600	4.14	60253600	3.10	46400	6

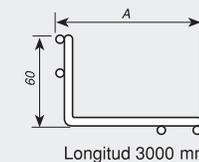
### rejitech® (charola para falso techo)

DIM. A	rejitech® (charola para falso techo)					
	E.Z.		Bycro		Sección mm <sup>2</sup>	Emb. (m)
	Ref. n°	Peso (kg/m)	Ref. n°	Peso (kg/m)		
100	60215020	0.66	60225020	0.66	2500	16



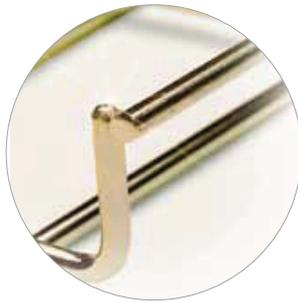
### Angular

DIM. A	Angular						
	Bycro		G.C.		INOX 304		Emb. (mv)
	Ref. n°	Peso (kg/m)	Ref. n°	Peso (kg/m)	Ref. n°	Peso (kg/m)	
109	60220000	0.67	60230000	0.72	60250000	0.67	18



## rejiband®

Charola metálica de varillas electrosoldadas, con Borde de Seguridad para la conducción de cableado eléctrico y de Telecomunicaciones.



Borde de Seguridad Patentado. Evita el daño a los cables y al instalador.  
Es ligera ofreciendo la máxima ventilación y limpieza sobre los cables.  
Proporciona gran resistencia y elasticidad.  
Ahorro en Precio de material y Mano de Obra.

Unidades en mm.

DIM. Ax B	rejiband®				Capacidades de carga (kg/m)	Emb. (ud)
	Bycro	E.Z.	G.C.*			
	Ref. nº	Ref. nº	Ref. nº			
60x35	60221060	60211060	60231060		27	24
100x35	60221100	60211100	60231100		27	24
200x35	60221200	60211200	60231200		27	18
300x35	60221300	60211300	60231300		28	18
400x35	60221400	60211400	60231400		34	12
60x60	60222060	60212060	60232060		34	24
100x60	60222100	60212100	60232100		47	24
150x60	60222150	60212150	60232150		48	24
200x60	60222200	60212200	60232200		48	18
300x60	60222300	60212300	60232300		75	12
400x60	60222400	60212400	60232400		78	6
500x60	60222500	60212500	60232500		96	6
600x60	60222600	60212600	60232600		107	6
200x100	60223200	60213200	60233200		95	6
300x100	60223300	60213300	60233300		106	6
400x100	60223400	60213400	60233400		106	6
500x100	60223500	60213500	60233500		150	6
600x100	60223600	60213600	60233600		137	6



### Aplicaciones:

- Canalización, transporte y distribución de cableado eléctrico y de telecomunicaciones en instalaciones de Obras Civiles, Túneles, Edificios Públicos, Centros Comerciales, Grandes Infraestructuras, Aeropuertos, Líneas de Metro, Tren, etc.
- Instalaciones en Sector Terciario e Industrial. Aplicaciones Navales, Petroquímicas, Textil, Químicas y Alimentarias.
- Especialmente adecuada para instalaciones Fotovoltaicas, Eólicas, Industria Energética, Energías Renovables.

Bycro / Z.B. Electrocincado Bicromatado, UNE-EN ISO 2081  
E.Z. Electrocincado, UNE-EN ISO 2081

G.C. Galvanizado en Caliente, UNE-EN-ISO 1461

INOX 304 Acero Inoxidable AISI 304  
INOX 316 Acero inoxidable AISI 316

## AISCAN-BNR (Blindado Negro Roscable) AISCAN-BGR (Blindado Gris Roscable)

### Accesorios

AISCAN CURVA MÉTRICA  
ROSCABLE (pag. 26)  
CURVA FLEXIBLE  
AISCAN-CF (pag. 36)  
AISCAN MANGUITO MÉTRICO  
ROSCABLE (pag. 27)  
CODOS / TES / RACORES (pag. 37)

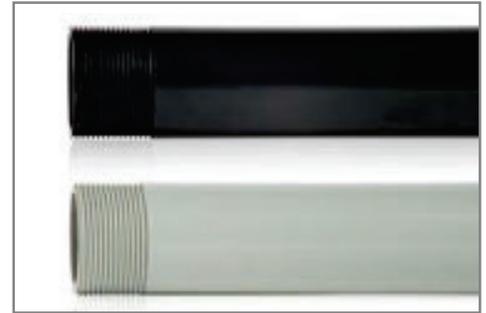
### Certificaciones



### Características Técnicas

Según norma UNE-EN 61386-21

CÓDIGO: 432112540010  
TIPO: RÍGIDO · CURVABLE EN CALIENTE.  
TEMPERATURA DE UTILIZACIÓN: -5 + 60°C.  
PROPAGADOR DE LA LLAMA: NO.  
INFLUENCIAS EXTERNAS: IP54.  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: >1250 N.  
RESISTENCIA AL IMPACTO: >2J A -5°C.  
RIGIDEZ DIELECTRICA: >2000V.  
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO: >100 MOhm.  
COLOR: BNR:NEGRO · BGR:GRIS.  
APLICACIONES: CANALIZACIONES SUPERFICIALES ORDINARIAS FIJAS.  
INCLUYE: EN CADA TUBO O CURVA SE SUMINISTRA UN MANGUITO ROSCABLE (SIN CARGO).  
INSTALACIÓN: SE REALIZARÁ SEGÚN INSTRUCCIONES DEL R.E.B.T.



NEGRO	GRIS	Ø Exterior	Ø Interior Mín.	Longitud (metros)	Tubos por mazo	Mazo (metros)
BNR16	BGR16	16 +0/-0.3	10.5	3	19	57
BNR20	BGR20	20 +0/-0.3	14	3	19	57
BNR25	BGR25	25 +0/-0.4	18	3	19	57
BNR32	BGR32	32 +0/-0.4	24.5	3	10	30
BNR40	BGR40	40 +0/-0.4	31.5	3	10	30
BNR50	BGR50	50 +0/-0.5	40.5	3	5	15
BNR63	BGR63	63 +0/-0.6	52	3	5	15

## AISCAN-BNE (Blindado Negro Enchufable) AISCAN-BGE (Blindado Gris Enchufable)

### Accesorios

AISCAN CURVA MÉTRICA  
ENCHUFABLE (pag. 26)  
CURVA FLEXIBLE  
AISCAN-CF (pag. 36)  
MANGUITO MÉTRICO  
ENCHUFABLE (pag. 27)  
CODOS / TES / RACORES (pag. 37)

### Certificaciones



### Características Técnicas

Según norma UNE-EN 61386-21

CÓDIGO: 432112540010  
TIPO: RÍGIDO · CURVABLE EN CALIENTE.  
TEMPERATURA DE UTILIZACIÓN: -5 + 60°C.  
PROPAGADOR DE LA LLAMA: NO.  
INFLUENCIAS EXTERNAS: IP54.  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: >1250 N.  
RESISTENCIA AL IMPACTO: >2J A -5°C.  
RIGIDEZ DIELECTRICA: >2000V.  
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO: >100 MOhm.  
COLOR: BNE:NEGRO · BGE:GRIS.  
APLICACIONES: CANALIZACIONES SUPERFICIALES ORDINARIAS FIJAS.  
INCLUYE: EN CADA TUBO O CURVA SE SUMINISTRA UN MANGUITO ENCHUFABLE (SIN CARGO).  
INSTALACIÓN: SE REALIZARÁ SEGÚN INSTRUCCIONES DEL R.E.B.T.



NEGRO	GRIS	Ø Exterior	Ø Interior Mínimo	Longitud (metros)	Tubos por mazo	Mazo (metros)
BNE16	BGE16	16 +0/-0.3	10.5	3	19	57
BNE20	BGE20	20 +0/-0.3	14	3	19	57
BNE25	BGE25	25 +0/-0.4	18	3	19	57
BNE32	BGE32	32 +0/-0.4	24.5	3	10	30
BNE40	BGE40	40 +0/-0.4	31.5	3	10	30
BNE50	BGE50	50 +0/-0.5	40.5	3	5	15
BNE63	BGE63	63 +0/-0.6	52	3	5	15

## AISCAN-DP NORMAL (DRN) 450 N - ROLLOS

### Accesorios

MANGUITO ENCHUFABLE DOBLE PARED (pag. 40)  
TAPÓN-DP (pag. 40)  
SEPARADOR-DP (pag. 40)

### Certificaciones



### Características Técnicas

Según norma UNE-EN 50086-2-4

TIPO: TUBO DE PARED MÚLTIPLE (INTERIOR LISA Y EXTERIOR CORRUGADA) CURVABLE.  
TIPO "N" (NORMAL).

PROPAGADOR DE LA LLAMA: SI.

INFLUENCIAS EXTERNAS: IP54.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: >450 N.

RESISTENCIA AL IMPACTO: NORMAL.

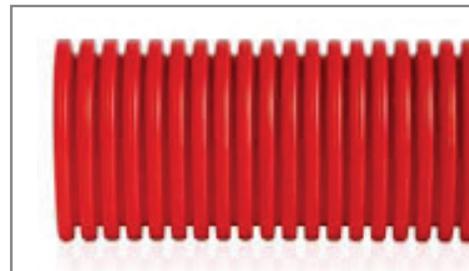
COLOR: NARANJA.

GUÍA INCORPORADA: SI.

CUMPLE CON: NORMA UNE-EN-50267-2-2 SOBRE MATERIAL LIBRE DE HALÓGENOS.

INCLUYE: EN CADA TUBO O CURVA SE SUMINISTRA UN MANGUITO INCORPORADO (SIN CARGO).

INSTALACIÓN: SE REALIZARÁ SEGÚN INSTRUCCIONES DEL R.E.B.T.



REFERENCIA	Ø Exterior	Ø Interior Mín.	Rollo (metros)
DRN40	40 +0.8/-0	30.5	100/50
DRN50	50 +1/-0	40	100/50
DRN63 *	63 +1.2/-0	48.5	100/50
DRN75	75 +1.4/-0	56	100
DRN90 *	90 +1.7/-0	73	75
DRN110 *	110 +2/-0	88	50
DRN125 *	125 +2.3/-0	105	50
DRN160	160 +2.9/-0	130	50
DRN200	200 +3.6/-0	173	50

(\*) Referencias disponibles en color VERDE.

## AISCAN-DP NORMAL (DBN) 450 N - BARRAS

### Accesorios

MANGUITO ENCHUFABLE DOBLE PARED (pag. 40)  
TAPÓN-DP (pag. 40)  
SEPARADOR-DP (pag. 40)

### Certificaciones



### Características Técnicas

Según norma UNE-EN 50086-2-4

TIPO: TUBO DE PARED MÚLTIPLE (INTERIOR LISA Y EXTERIOR CORRUGADA) · RÍGIDO  
TIPO "N" (NORMAL).

PROPAGADOR DE LA LLAMA: SI.

INFLUENCIAS EXTERNAS: IP54.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: >450 N.

RESISTENCIA AL IMPACTO: NORMAL.

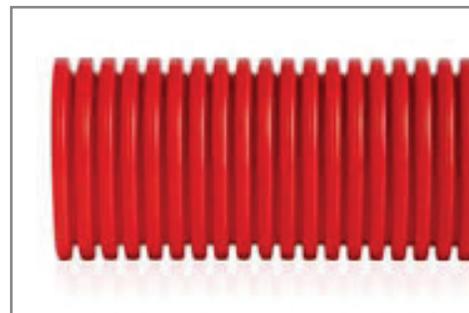
COLOR: NARANJA.

GUÍA INCORPORADA: SI.

CUMPLE CON: NORMA UNE-EN-50267-2-2 SOBRE MATERIAL LIBRE DE HALÓGENOS.

INCLUYE: EN CADA TUBO O CURVA SE SUMINISTRA UN MANGUITO INCORPORADO (SIN CARGO).

INSTALACIÓN: SE REALIZARÁ SEGÚN INSTRUCCIONES DEL R.E.B.T.



REFERENCIA	Ø Exterior	Ø Interior Mín.	Barra (metros)	Tubos Jaula
DBN90 *	90 +1.7/-0	73	6 +20/-5(mm)	115
DBN110 *	110 +2/-0	88	6 +20/-5(mm)	76
DBN125 *	125 +2.3/-0	105	6 +20/-5(mm)	60
DBN160	160 +2.9/-0	130	6 +20/-5(mm)	33
DBN200	200 +3.6/-0	173	6 +20/-5(mm)	20

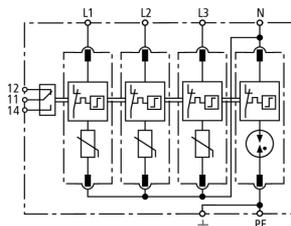
(\*) Referencias disponibles en color VERDE.

## DG M TT 275 FM (952 315)

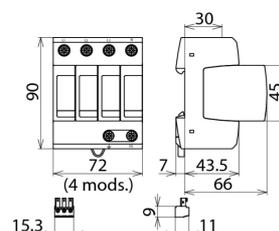
- Prewired complete unit consisting of a base part and plug-in protection modules
- High discharge capacity due to heavy-duty zinc oxide varistors/spark gaps
- High reliability due to "Thermo Dynamic Control" SPD monitoring device



Figure without obligation



Basic circuit diagram DG M TT 275 FM



Dimension drawing DG M TT 275 FM

Modular surge arrester for use in TT and TN-S systems ("3+1" circuit); with floating remote signalling contact

Type	DG M TT 275 FM
Part No.	952 315
SPD according to EN 61643-11	Type 2
SPD according to IEC 61643-1/-11	Class II
Nominal a.c. voltage ( $U_N$ )	230/400 V
Max. continuous operating a.c. voltage [L-N] ( $U_C$ )	275 V
Max. continuous operating a.c. voltage [N-PE] ( $U_C$ )	255 V
Nominal discharge current (8/20 $\mu$ s) ( $I_n$ )	20 kA
Max. discharge current (8/20 $\mu$ s) ( $I_{max}$ )	40 kA
Lightning impulse current (10/350 $\mu$ s) [N-PE] ( $I_{imp}$ )	12 kA
Voltage protection level [L-N] ( $U_P$ )	$\leq 1.25$ kV
Voltage protection level [L-N] at 5 kA ( $U_P$ )	$\leq 1$ kV
Voltage protection level [N-PE] ( $U_P$ )	$\leq 1.5$ kV
Follow current extinguishing capability [N-PE] ( $I_h$ )	100 A <sub>rms</sub>
Response time [L-N] ( $t_A$ )	$\leq 25$ ns
Response time [N-PE] ( $t_A$ )	$\leq 100$ ns
Max. mains-side overcurrent protection	125 A gL/gG
Short-circuit withstand capability for max. mains-side overcurrent protection	50 kA <sub>rms</sub>
Temporary overvoltage (TOV) [L-N] ( $U_T$ )	335 V / 5 sec.
Temporary overvoltage (TOV) [N-PE] ( $U_T$ )	1200 V / 200 ms
TOV characteristic	withstand
Operating temperature range ( $T_U$ )	-40°C...+80°C
Operating state/fault indication	green / red
Number of ports	1
Cross-sectional area (min.)	1.5 mm <sup>2</sup> solid/flexible
Cross-sectional area (max.)	35 mm <sup>2</sup> stranded/25 mm <sup>2</sup> flexible
For mounting on	35 mm DIN rails acc. to EN 60715
Enclosure material	thermoplastic, red, UL 94 V-0
Place of installation	indoor installation
Degree of protection	IP 20
Capacity	4 module(s), DIN 43880
Approvals	KEMA, VDE, UL, VdS
Type of remote signalling contact	changeover contact
a.c. switching capacity	250 V/0.5 A
d.c. switching capacity	250 V/0.1 A; 125 V/0.2 A; 75 V/0.5 A
Cross-sectional area for remote signalling terminals	max. 1.5 mm <sup>2</sup> solid/flexible
Weight	415 g
Customs tariff number	85363030
GTIN	4013364108486
PU	1 pc(s)

We reserve the right to introduce changes in performance, configuration and technology, dimensions, weights and materials in the course of technical progress. The figures are shown without obligation.

## LÍNEAS DE SUMINISTRO DE CORRIENTE EN BAJA TENSIÓN

## DEHNguard® M YPV SCI...(FM)

## DESCARGADOR DE SOBRETENSIONES – TIPO 2

Clasificación tipo 2 según EN 61643-11  
Clasificación clase II según IEC 61643-1



Para protección de instalaciones de consumidores de baja tensión contra sobretensiones. Para utilización según IEC 60364-7-712: 2002-05 (instalación de sistemas fotovoltaicos).

**DEHNguard M YPV SCI 1000:** Descargador modular multipolar de sobretensiones con dispositivo de desconexión en DC en tres fases para instalaciones fotovoltaicas hasta 1000 V

**DEHNguard M YPV SCI 1000 FM:** Con contacto de señalización a distancia para sistemas de monitorización (contacto conmutado libre de potencial)

Los descargadores modulares de sobretensiones DEHNguard M YPV SCI...(FM) han sido especialmente diseñados para la protección de equipos en instalaciones fotovoltaicas. El innovador dispositivo de desconexión en DC en tres fases proporciona a estos dispositivos una especial seguridad, cumpliendo las exigencias que se plantean actualmente en las modernas instalaciones fotovoltaicas.

Tan especiales y únicas como el dispositivo de desconexión en DC en tres fases, son las características de aplicación del diseño modular del descargador de la familia de productos Red-Line. Así, por ejemplo, el sistema de bloqueo de módulos fija los módulos de protección de forma segura en la unidad de base del descargador. Ni vibraciones, sacudidas o los enormes efectos mecánicos resultantes de las descargas afectan a la conexión segura del módulo de protección. Y sin embargo, en caso de necesidad, puede sustituirse el módulo de protección de modo muy sencillo y sin necesidad de herramientas especiales. La seguridad la garantiza la cómoda tecla de desbloqueo de los módulos de protección.

Para evitar una conexión errónea al sustituir los módulos por el instalador o el usuario, cada circuito de protección del DEHNguard M YPV SCI...(FM) y cada módulo de protección están provistos de una codificación mecánica.

Para poder cumplir con las exigencias especiales que se dan en instalaciones fotovoltaicas, se han combinado las acreditadas filosofías de seguridad de la conexión en Y resistentes a fallos, constituidos por tres circuitos de protección con varistor, con los dispositivos combinados de separación y cortocircuito, integrados en un único dispositivo.

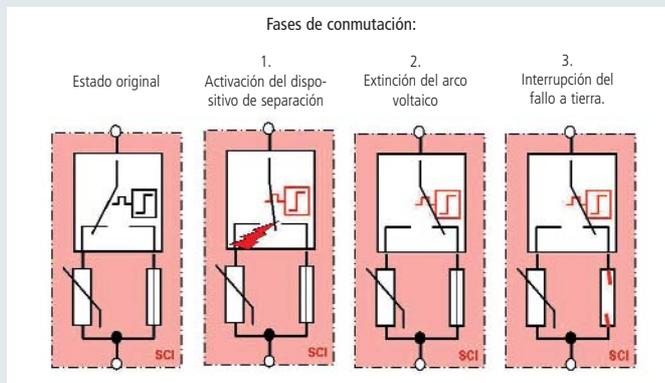
Esta sinergia reduce la probabilidad de un fallo del descargador en los estados de funcionamiento y fallo que tienen que ser tenidos en cuenta en las instalaciones fotovoltaicas. De este modo se asegura que el descargador esté protegido en caso de sobrecarga, sin que ello de lugar a un riesgo de incendio para la instalación. Incluso en el caso de tensiones de hasta 1000 V DC, un arco voltaico, que puede producirse cuando se activa un dispositivo de desconexión convencional en un dispositivo de protección contra sobretensiones, es apagado de inmediato y sin riesgo

### Descargador multipolar con dispositivo de desconexión en DC en tres fases para instalaciones fotovoltaicas

- Unidad completa modular totalmente cableada para instalaciones fotovoltaicas, compuesta por unidad de base con módulos de protección enchufables.
- El dispositivo combinado de separación y cortocircuito con desconexión eléctrica segura en el módulo de protección evita daños por incendio como consecuencia de arcos voltaicos en DC.
- La probada y verificada conexión en Y resistente a fallos evita daños en el dispositivo de protección contra sobretensiones en caso de fallos de aislamiento en el circuito del generador.
- Sustitución segura del módulo de protección sin formación de arco mediante fusibles integrados de corriente continua.

La protección contra incendios es la prioridad n° 1 del DEHNguard M YPV SCI...(FM).

Se ha integrado en la vía de cortocircuito un fusible, expresamente diseñado para instalaciones fotovoltaicas, que asegura un aislamiento eléctrico seguro, permitiendo la sustitución del módulo de protección sin formación de arco voltaico, en caso de que un módulo de protección de sobretensiones esté dañado. Este diseño único combina la protección contra sobretensiones, protección contra incendio y la protección de personas. Gracias a la elevada capacidad de fusión de los fusibles integrados, el DEHNguard M YPV SCI...(FM) puede utilizarse en todo tipo de instalaciones fotovoltaicas, de baja, media o gran potencia.



La indicación verde y roja muestra la operatividad de cada circuito de protección. Además de esta indicación visual estándar, el DEHNguard M YPV SCI...(FM) dispone también de una borna de conexión tripolar para señalización a distancia. Con la ejecución del contacto de señalización a distancia como contacto conmutado libre de potencial, y dependiendo del diseño del circuito, puede utilizarse la señal de indicación a distancia como contacto normalmente abierto o normalmente cerrado.

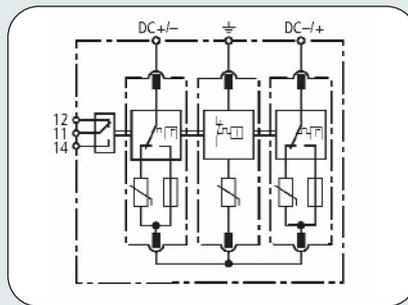
**DEHNgard M YPV SCI ... (FM)**

**LÍNEAS DE SUMINISTRO DE CORRIENTE EN BAJA TENSIÓN**

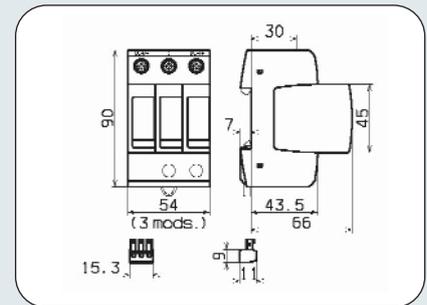
**DEHNgard M YPV SCI 1000 (FM)**

**DESCARGADOR DE SOBRETENSIONES – TIPO 2**

**NUEVO**



Esquema del DG M YPV SCI 1000 FM



Dimensiones del DG M YPV SCI 1000 FM

DG M YPV SCI 1000 (FM): Descargador modular multipolar de sobretensiones con dispositivo de desconexión en DC en tres fases para instalaciones fotovoltaicas hasta 1000 V; opcionalmente con contacto de señalización a distancia para sistemas de monitorización (contacto conmutado libre de potencial).

	DG M YPV SCI 1000	DG M YPV SCI 1000 FM
SPD según EN 61643-11	Tipo 2	Tipo 2
SPD según IEC 61643-1	Clase II	Clase II
Tensión FV máx. $U_{PVmax}$	$\leq 1000$ V	$\leq 1000$ V
Corriente total de descarga (8/20 $\mu$ s) $I_{total}$	40 kA	40 kA
Corriente nominal de descarga (8/20 $\mu$ s) [(DC+/DC-) $\rightarrow$ PE]	12,5 kA	12,5 kA
Corriente máxima de descarga (8/20 $\mu$ s) [(DC+/DC-) $\rightarrow$ PE] $I_{max}$	25 kV	25 kV
Nivel de protección $U_p$	$\leq 4$ kV	$\leq 4$ kV
Nivel de protección con 5 kA $U_p$	$\leq 3,5$ kV	$\leq 3,5$ kV
Tiempo de respuesta $t_A$	$\leq 25$ ns	25 ns
Margen de temperatura de servicio $T_U$	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C
Capacidad de fusión del fusible interno	30 kA/1000 V DC	30 kA/1000 V DC
Estado operativo / defectuoso	verde/rojo	verde/rojo
Sección de conexión (mín.)	1,5 mm <sup>2</sup> rígido / flexible	1,5 mm <sup>2</sup> rígido / flexible
Sección de conexión (máx.)	35 mm <sup>2</sup> rígido / 25 mm <sup>2</sup> flexible	35 mm <sup>2</sup> rígido / 25 mm <sup>2</sup> flexible
Montaje sobre	Carril DIN según EN 60715	Carril DIN según EN 60715
Material de la carcasa	Termoplástico, color rojo, UL 94 V-0	Termoplástico, color rojo, UL 94 V-0
Clase de protección	IP 20	IP 20
Medidas de montaje	3 TE, DIN 43880	3 TE, DIN 43880
Contactos FM/Forma de los contactos	—	Contacto conmutado
Potencia de conmutación AC	—	250 V/0.5 A
Potencia de conmutación DC	—	250 V/0.1 A; 125 V/0.2 A; 75 V/0.5 A
Sección de conexión para bornas FM	—	máx. 1,5 mm <sup>2</sup> rígido/flexible
<b>Información para el pedido</b>		
Tipo	DG M YPV SCI 1000	DG M YPV SCI 1000 FM
Art.-Nr.	952 510	952 515
VPE	1 Unidad	1 Unidad

**Accesorio para DEHNgard® YPV SCI**

**NUEVO**



**Módulo de protección basado en varistor para DEHNgard M YPV SCI .... (FM)**

DG MOD PV SCI 500: Módulo de protección para DEHNgard M YPV SCI... (FM) con conexión en paralelo de varistor y dispositivo de cortocircuito con fusible previo integrado

Tipo	VPE Unidad	Art.-Nr.
DG MOD PV SCI 500	1	952 051

**Accesorio para DEHNgard® YPV SCI**



**Módulo de protección basado en varistor**

DG MKOD...: Módulo de protección basado en varistor para descargadores de sobretensiones DEHNgard M...

Tipo	VPE Unidad	Art.-Nr.
DG MOD 440	1	952 015

## B5.5 Set de fijación mediante dispositivo de fijación solar

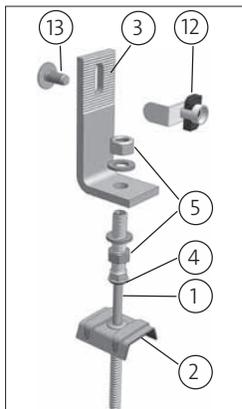


Fig.5.5-0 Dispositivo de fijación solar con casquete y brida angular

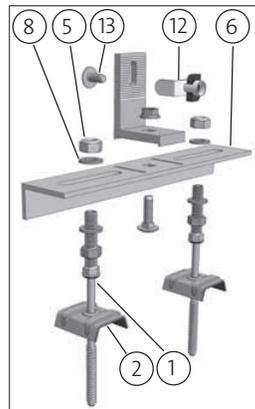


Fig.5.5-0a Dispositivo de fijación solar con casquete y doble brida, versión corta

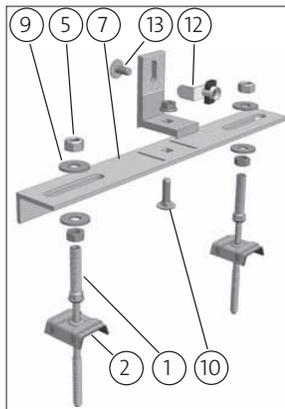


Fig.5.5-0b Dispositivo de fijación solar con casquete y doble brida, versión larga

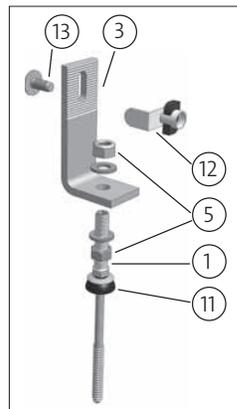


Fig.5.5-0c Dispositivo de fijación solar con junta FZD y brida angular

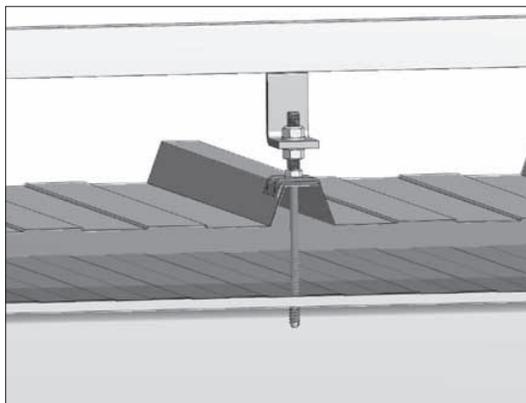


Fig. B 5.5-1 Dispositivo de fijación solar en una subestructura de acero

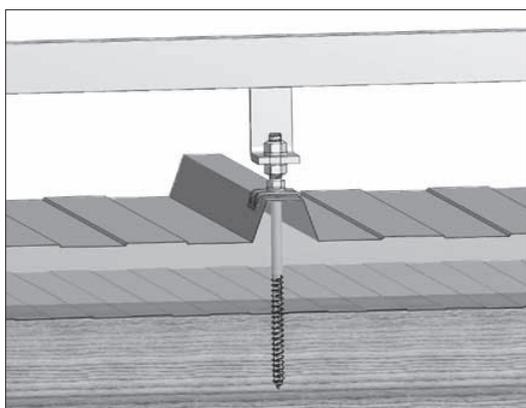


Fig. B 5.5-1a Dispositivo de fijación solar en una subestructura de madera

- |                                 |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| ① Dispositivo de fijación solar | ⑧ Arandela en U        |
| ② Casquete                      | ⑨ Arandela en U grande |
| ③ Brida angular                 | ⑩ Tornillo M8          |
| ④ Junta                         | ⑪ Junta FZD            |
| ⑤ Tuerca M10                    | ⑫ FIX SUN              |
| ⑥ Doble brida                   | ⑬ Tornillo M8          |
| ⑦ Doble brida larga             |                        |

Este sistema es para la instalación de los módulos sobre tejados de tipo sándwich. Se suministra en diferentes ejecuciones y se atornilla a la subestructura portante del tejado (madera o acero). Gracias al casquete que se incluye en el volumen de suministro, se consigue una elevada estabilidad y estanqueidad de la construcción.

Asimismo es posible montar el sistema de fijación solar sobre tejados ondulados y trapezoidales.

### Para el montaje del dispositivo de fijación solar deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- ▶ El dispositivo de fijación solar se ancla siempre a la subestructura.
- ▶ Como subestructura pueden emplearse cabios de acero y también de madera.
- ▶ Debe tenerse en cuenta la homologación R Z.14.4-532 del fabricante EJOT.

**Se recomienda montar el dispositivo de fijación solar de la siguiente manera:**

1. Seleccione el diámetro de la preperforación según la tabla.
2. Seleccione la longitud de la broca y la profundidad del orificio según la longitud del tornillo.
3. Realice la perforación.

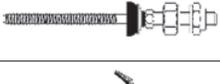
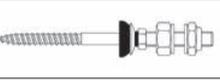
La profundidad del orificio debe ser al menos 10 mm mayor que la profundidad de penetración del tornillo.

El orificio debe estar en ángulo recto respecto a la superficie.

4. Retire las virutas de la superficie.
5. Coloque el casquete.
6. Atornille el dispositivo de fijación solar con un tornillo y la broca adecuada (véase la tabla) con  $n \leq 100$  rpm.

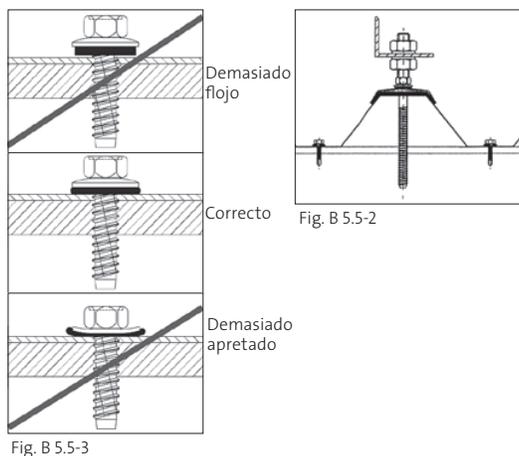
Las arandelas de obturación no deben comprimirse más del 25% (casi planas).

**Tabla de dispositivos de fijación solares**

Tornillo	Denominación	Subestructura [mm]	Ø de la preperforación [mm]	Accionamiento en el tornillo prisionero	Longitud del tornillo / Profundidad de atornillamiento [mm]
	JZ3-SB-8,0xL-E16/8 + casquete	acero 1,5 ... < 5,0 5,0 ... < 7,5	6,8 7,0 7,2 7,4	SW 5	Longitud del tornillo: Grosor del elemento en sándwich o altura del perfil trapezoidal +20mm
	JZ3-SB-8,0xL-FZD	7,5 ... < 10 ≥ 10 mm			
	JA3-SB-8,0xL-E16/8 + casquete	Madera	5,5	SW 5	32–96
	JA3-SB-8,0xL-FZD		5,5		32–96

### Medidas adicionales en el caso de cargas transversales sobre el anclaje a la subestructura

Si los anclajes a la subestructura reciben carga transversal de la estructura de la instalación (este caso solo se da en montajes transversales con respecto a la inclinación del tejado), la estructura de perfilería debe fijarse a la subestructura a la misma altura en las crestas de la cubierta trapezoidal contiguas (véase fig. B7.5-2). Estas fijaciones deben estar conformadas de modo que las fuerzas transversales se transfieran de los anclajes a la subestructura. En caso de fuerzas transversales en sentido longitudinal a la perfilería del soporte, deberá tenerse en cuenta la distancia entre los anclajes para alcanzar un reparto de cargas óptimo.



### Pueden usarse los siguientes tornillos Ejet (o tornillos similares):

#### Subestructuras de madera

Tornillos	JT3-2-6,5 x L con arandela de obturación de 22 mm de diámetro
Longitud L	Ancho de la cresta de la cubierta sándwich + 50 mm
Diámetro de la preperforación	Sin preperforaciones

#### Subestructuras de acero

Tornillos	JZ3-6,3 x L con arandela de obturación de 22 mm de diámetro	
Longitud L	Ancho de la cresta de la cubierta sándwich + 20 mm	
Diámetro de la preperforación	Se ajusta al grosor del elemento de acero	
	Grosor del elemento de acero [mm]	Diámetro de la preperforación [mm]
	2,0 ≤ d < 5,0	5,3
	5,0 ≤ d < 7,0	5,5
	d ≥ 7,0	5,7

## B5.6 Set de fijación para techados con chapa trapezoidal

El set de fijación para techados con chapa trapezoidal es adecuado para la fijación sobre chapas de acero. La fijación se realiza con remaches ciegos sobre la cubierta a presión. La cantidad y distancia de los remaches depende de los datos de estática recibidos.

- ☑ Los perfiles trapezoidales deben montarse por norma general en ángulo recto respecto al sentido de las crestas de la chapa trapezoidal. Este sistema no requiere elementos de unión de perfiles.

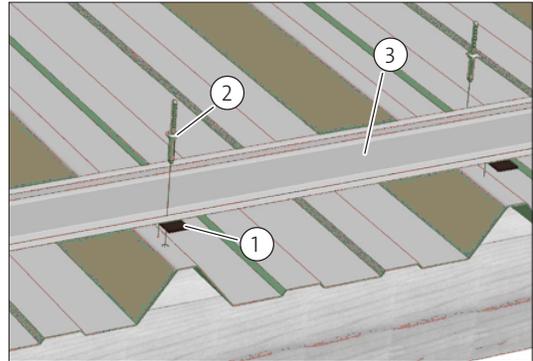


Fig. B 5.6-1

- ① Caucho EPDM
- ② Remaches ciegos de la cubrejunta a presión
- ③ Perfil Fix Plus T

### Datos técnicos del set de fijación para chapa trapezoidal

Grosor mínimo de la chapa trapezoidal	Acero	$t \geq 0,63 \text{ mm}$
	Aluminio	$t \geq 0,70 \text{ mm}; R_m \geq 165 \text{ N/mm}^2$
Fijación	Remaches ciegos de la cubrejunta a presión	
$\varnothing$ de la preperforación	5,4 mm	
Distancia de los perfiles (juntura del perfil)	5-7 mm	

### Montaje:

Debe consultar la cantidad y la disposición de los remaches para la planificación de su sistema.

1. Aplique caucho EPDM en los puntos de remache de la chapa trapezoidal.
2. Coloque el perfil.
3. Realice una preperforación de las uniones remachadas (disponga los remaches primero y último en los extremos del perfil encima del asiento del perfil portante, después coloque los siguientes remaches alternativamente arriba y abajo).
4. Monte los remaches.



Fig. B 5.6-2 Corte



Fig. B 5.6-3 Vista desde arriba

## B5.7 Set de fijación para tejados con chapa engatillada

### B5.7.1 Grapa de garra

La grapa de garra es adecuada para cubiertas con planchas de perfil Kalzip.

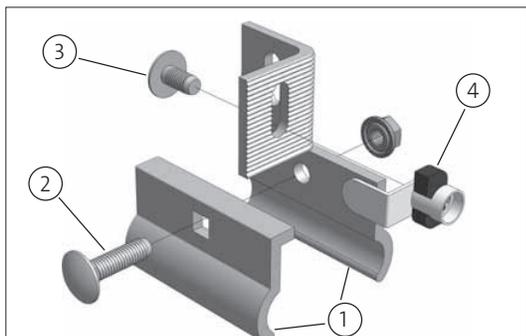


Fig. B 5.7-1

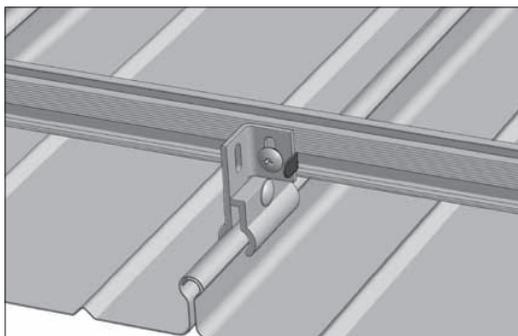


Fig. B 5.7-2

- ① Grapa de garra
- ② Tornillo M8 con conexión cuadrada
- ③ Tornillo M8
- ④ Set de fijación amarillo

#### Datos técnicos del set de fijación para cubiertas Kalzip (grapa de garra)

Grosor mínimo de la chapa Kalzip	Aluminio	$pr \geq 0,80 \text{ mm}$
Distancia necesaria de enganche de las chapas Kalzip		$e \leq 2,00 \text{ m}$

### B5.7.2 Grapa para cubiertas de junta alzada

La grapa para cubiertas de junta alzada es adecuada para cubiertas con planchas de perfil de junta alzada.

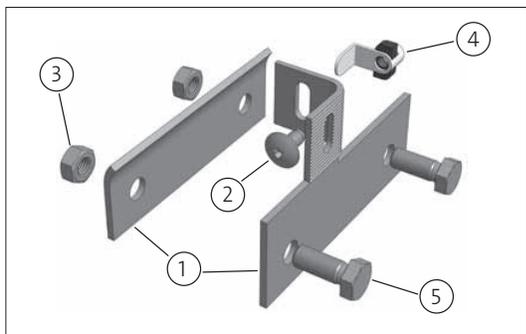


Fig. B 5.7.2-1

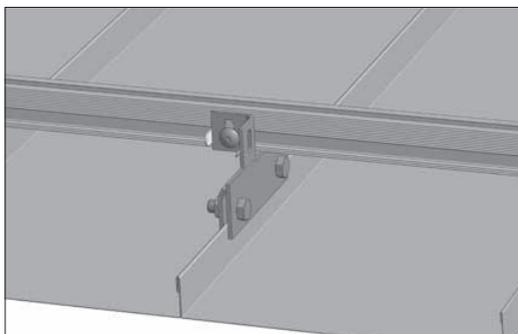


Fig. B 5.7.2-2

- ① Grapa para cubiertas de junta alzada
- ② Tornillo M8
- ③ Tuerca hexagonal DIN 934-M12
- ④ Set de fijación amarillo
- ⑤ Tornillo hexagonal DIN 933-M12x30

#### Instrucciones de montaje:

- ▶ Las grapas de garra y las grapas para las juntas alzadas deben colocarse de modo que se carguen uniformemente tantas planchas de perfil como sea posible.
- ▶ El cliente es el encargado de asegurar la transmisión de carga de la cubierta sobre la subestructura.

## B6 Conexión de descarga/toma a tierra

- ☑ La empresa instaladora correrá con la responsabilidad de realizar una toma a tierra correcta.

### Sin protección pararrayos exterior

Se recomienda toma a tierra funcional para los bastidores de módulos de energía solar y estructuras de montaje. Conecte todos los componentes eléctricos conductores entre sí conforme a las medidas pertinentes y conéctelos al carril de toma a tierra principal (PAS) como mínimo con 6 mm<sup>2</sup> (cobre).

### Con protección pararrayos exterior

Tanto los marcos de los módulos como la estructura de montaje deberán ser tenidos en cuenta en el plan de descargas, para casos de descargas directas de rayos. Consulte en caso necesario con un especialista en sistemas pararrayos.

Con el borne de conexión para conexión para la descarga que se incluye con cada sistema, puede realizarse una conexión interna en el sistema de la estructura. Los bornes se conectan, por ejemplo, a un hilo de aluminio de 8 mm. La estructura puede conectarse a este borne y éste a una conexión general de toma a tierra o a un sistema pararrayos. La unión a la conexión de descarga debe anotarse a la documentación del sistema y, antes de la puesta en marcha del sistema, debe comprobarse que funciona correctamente.

La conexión de descarga o masa debe realizarse conforme a los reglamentos y normas vigentes.

La conexión de descarga entre el bastidor del módulo anodizado y el sistema de estructura base se garantiza mediante el uso de la sujeción de módulo "MODULE FIX". Antes de la puesta en marcha debe comprobarse y documentarse su correcto funcionamiento.

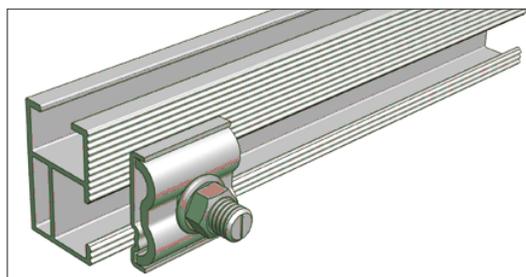


Fig. B 6-1 Fijación de la conexión equipotencial/borne de conexión

# D Descripción del sistema de montaje sobre-inclinado

## D1 Tipos de triángulos (horizontal o vertical)

Los módulos pueden montarse sobre elevados tanto horizontal como verticalmente. Para ello se emplean triángulos diferentes (tipo A y B). Ambos triángulos pueden suministrarse con ángulos de inclinación de 15°, 20° y 30°.

- ① Módulo solar
- ② Triángulo
- ③ Unión roscada
- ④ Fijación
- ⑤ Construcción de tejado, ex.
- ⑥ Tirante de refuerzo (opc.)
- ⑦ Capa de fijación (solo tipo B)
- ⑧ Perfil portante de la capa de la estructura de base
- ⑨ Fijación a una construcción de tejado

Marco de tejado plano **tipo A**  
(en montaje horizontal de los módulos):

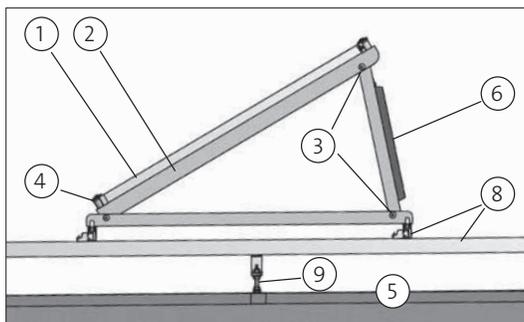


Fig. D1-1 Vista lateral del marco de tejado plano tipo A

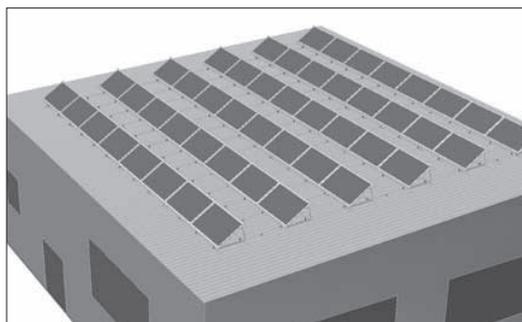


Fig. D1-2 Ejemplo de instalación con marco de tejado plano tipo A

Marco de tejado plano **tipo B**  
(en montaje vertical de los módulos):

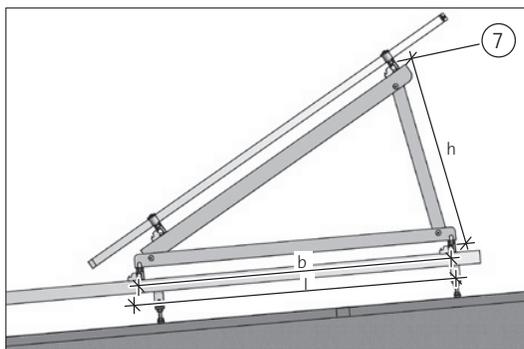


Fig. D1-3 Vista lateral del marco de tejado plano tipo B

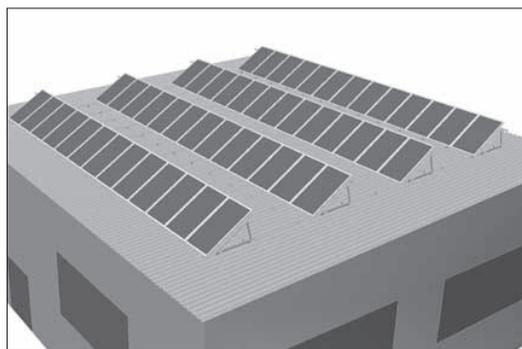
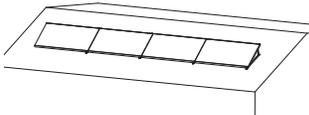
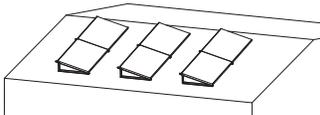


Fig. D1-4 Ejemplo de instalación con marco de tejado plano tipo B

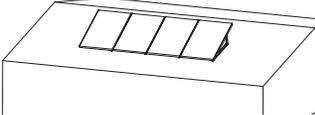
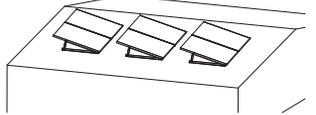
## D2 Condiciones límite exteriores

En las siguientes tablas se resumen todas las condiciones límite exteriores que deben respetarse así como los datos técnicos que se han de tener en cuenta:

### Condiciones límite para marco de tejado plano tipo A (módulos horizontales)

	Sentido de alzamiento	
	con/contra inclinación del tejado	transversalmente a la inclinación del tejado
		
Carga eólica [kN/m <sup>2</sup> ]	≤ 1,20	
Carga de nieve [kN/m <sup>2</sup> ]	≤ 4,00	
Altura resp. NN [m]	≤ 1000	
Altura del edificio [m]	≤ 25	
Inclinación del tejado perm. [°]	≤ 20	
Tirante de refuerzo	no necesario	necesario con una inclinación de tejado a partir de 5° (1 tirante por módulo)
Distancia del triángulo [m]	1,10 m (2 triángulos por módulo)	
Gracias a la planificación individual de las instalaciones, son posibles soluciones especiales bajo petición.		

### Condiciones límite para marco de tejado plano tipo B (módulos verticales)

	Sentido de alzamiento	
	con/contra inclinación del tejado	transversalmente a la inclinación del tejado
		
Carga eólica [kN/m <sup>2</sup> ]	≤ 1,20	
Carga de nieve [kN/m <sup>2</sup> ]	≤ 4,00	
Altura resp. NN [m]	≤ 1000	
Altura del edificio [m]	≤ 25	
Inclinación del tejado perm. [°]	≤ 20	≤ 5
Tirante de refuerzo	no necesario	
Distancia del triángulo [m]	en función de la planificación de la instalación	
Gracias a la planificación individual de las instalaciones, son posibles soluciones especiales bajo petición.		

- Los sistemas mediante contrapesos solo están permitidos con inclinaciones de tejado que no superen los 5°!

## CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES ELÉCTRICAS

Código General Cable	Sección (mm <sup>2</sup> )	Diámetro exterior (mm)	Peso (kg/km)	Radio curvatura (mm)	Caída de tensión cos $\phi = 0.8$ (V/A.km)	Caída de tensión cos $\phi = 1$ (V/A.km)
1994106	1x1,5	5,7	45	25	23,6	29,4
1994107	1x2,5	6,1	60	25	14,2	17,6
1994108	1x4	6,7	75	30	8,87	10,9
1994109	1x6	7,2	95	30	5,95	7,29
1994110	1x10	8,2	140	35	3,48	4,22
1994111	1x16	9,2	195	40	2,24	2,67
1994112	1x25	10,8	285	45	1,48	1,72
1994113	1x35	11,9	380	50	1,07	1,22
1994114	1x50	13,5	520	55	0,773	0,852
1994115	1x70	15,6	720	65	0,568	0,601
1994116	1x95	17,4	930	70	0,449	0,455
1994117	1x120	19,4	1.175	80	0,368	0,356
1994118	1x150	21,4	1.455	90	0,311	0,285
1994119	1x185	23,3	1.745	95	0,270	0,234
1994120	1x240	26,6	2.315	135	0,223	0,177
1994121	1x300	30,2	2.895	155	0,193	0,142
1994122	1x400	34,8	3.925	175	0,164	0,107
1994123	1x500	40,6	5.180	205	0,145	0,085
1994124	1x630	44,7	6.585	225	0,128	0,063
1994206	2x1,5	8,6	100	35	23,6	29,4
1994207	2x2,5	9,4	130	40	14,2	17,6
1994208	2x4	10,5	170	45	8,84	10,9
1994209	2x6	11,6	225	50	5,92	7,29
1994210	2x10	13,5	335	55	3,46	4,22
1994211	2x16	15,5	475	65	2,22	2,67
1994212	2x25	18,8	710	75	1,46	1,72
1994213	2x35	21,2	950	85	1,06	1,22
1999214	2x50	21,6	1.185	90	0,758	0,852
1999215	2x70	25,1	1.365	125	0,555	0,601
1999216	2x95	28,0	2.110	140	0,438	0,455
1999217	2x120	31,5	2.680	160	0,358	0,356
1999218	2x150	34,8	3.310	175	0,302	0,285
1999219	2x185	38,0	3.985	190	0,262	0,229
1999220	2x240	43,5	5.290	220	0,215	0,177
1994306	3x1,5	9,0	115	40	23,6	29,4
1994307	3x2,5	9,9	155	40	14,2	17,6
1994308	3x4	11,1	210	45	8,84	10,9
1994309	3x6	12,3	275	50	5,92	7,29
1994310	3x10	14,3	420	60	3,46	4,22

## CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES ELÉCTRICAS

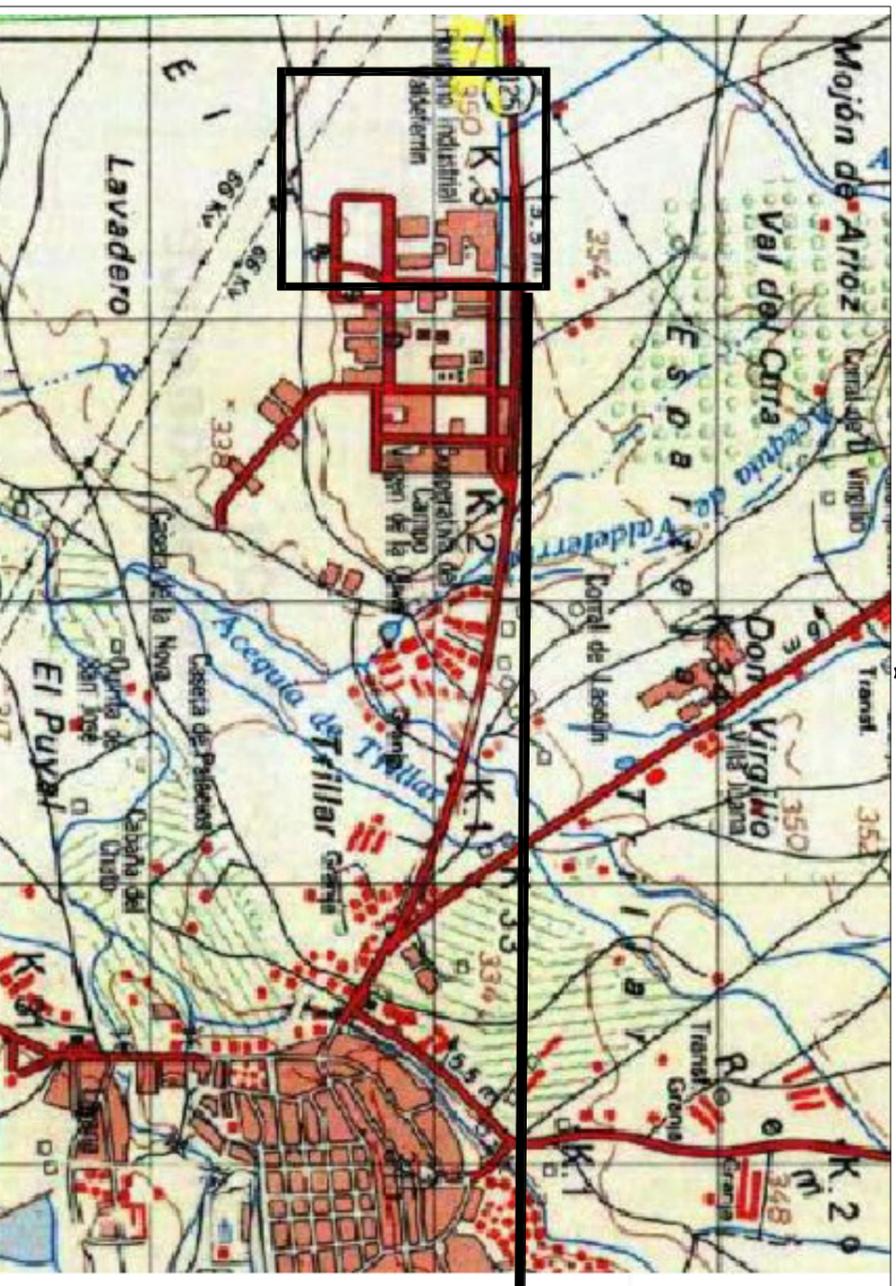
Código General Cable	Sección (mm <sup>2</sup> )	Diámetro exterior (mm)	Peso (kg/km)	Radio curvatura (mm)	Caída de tensión cos φ = 0,8 (V/A.km)	Caída de tensión cos φ = 1 (V/A.km)
1994311	3x16	16,5	605	70	2,22	2,67
1994312	3x25	20,0	915	80	1,46	1,72
1994313	3x35	22,7	1.240	95	1,06	1,22
1999314	3x50	25,3	1.585	125	0,759	0,852
1999315	3x70	29,0	2.165	145	0,556	0,601
1999316	3x95	32,2	2.800	165	0,438	0,455
1999317	3x120	36,4	3.560	185	0,358	0,356
1999318	3x150	40,4	4.425	205	0,302	0,285
1999319	3x185	44,3	5.345	225	0,262	0,234
1999320	3x240	50,8	7.085	305	0,215	0,177
1994406	4x1,5	9,9	140	40	23,6	29,4
1994407	4x2,5	10,9	190	45	14,2	17,6
1994408	4x4	12,2	255	50	8,84	10,9
1994409	4x6	13,6	345	55	5,92	7,29
1994410	4x10	15,9	535	65	3,46	4,22
1994411	4x16	18,3	775	75	2,22	2,67
1994412	4x25	22,4	1.170	90	1,46	1,72
1994413	4x35	25,1	1.580	125	1,06	1,22
1999414	4x50	27,9	2.120	140	0,759	0,852
1999415	4x70	32,0	2.900	160	0,556	0,601
1999416	4x95	35,6	3.750	180	0,438	0,455
1999417	4x120	40,5	4.790	205	0,358	0,356
1999418	4x150	44,6	5.930	225	0,302	0,285
1999419	4x185	49,0	7.170	245	0,262	0,234
1999420	4x240	56,2	9.510	340	0,215	0,177
1994506	5G1,5	10,8	170	45	23,6	29,4
1994507	5G2,5	11,9	230	50	14,2	17,6
1994508	5G4	13,4	315	55	8,84	10,9
1994509	5G6	14,9	425	60	5,92	7,29
1994510	5G10	17,5	655	70	3,46	4,22
1994511	5G16	20,2	940	85	2,22	2,67
1994512	5G25	24,8	1.450	100	1,46	1,72
1994513	5G35	27,8	1.960	140	1,06	1,22
1994514	5G50	33,5	2.920	170	0,759	0,852
1994515	5G70	39,6	4.130	200	0,556	0,601
1994516	5G95	44,6	5.380	225	0,438	0,455
1994517	5G120	50,4	6.840	305	0,358	0,356
1994518	5G150	55,7	8.470	335	0,302	0,285
1994519	5G185	61,1	10.205	370	0,262	0,234

Suministro disponible en rollos hasta sección de 6 mm<sup>2</sup>.

# PLANOS



ESCALA: 1:500.000



ESCALA: 1:25.000



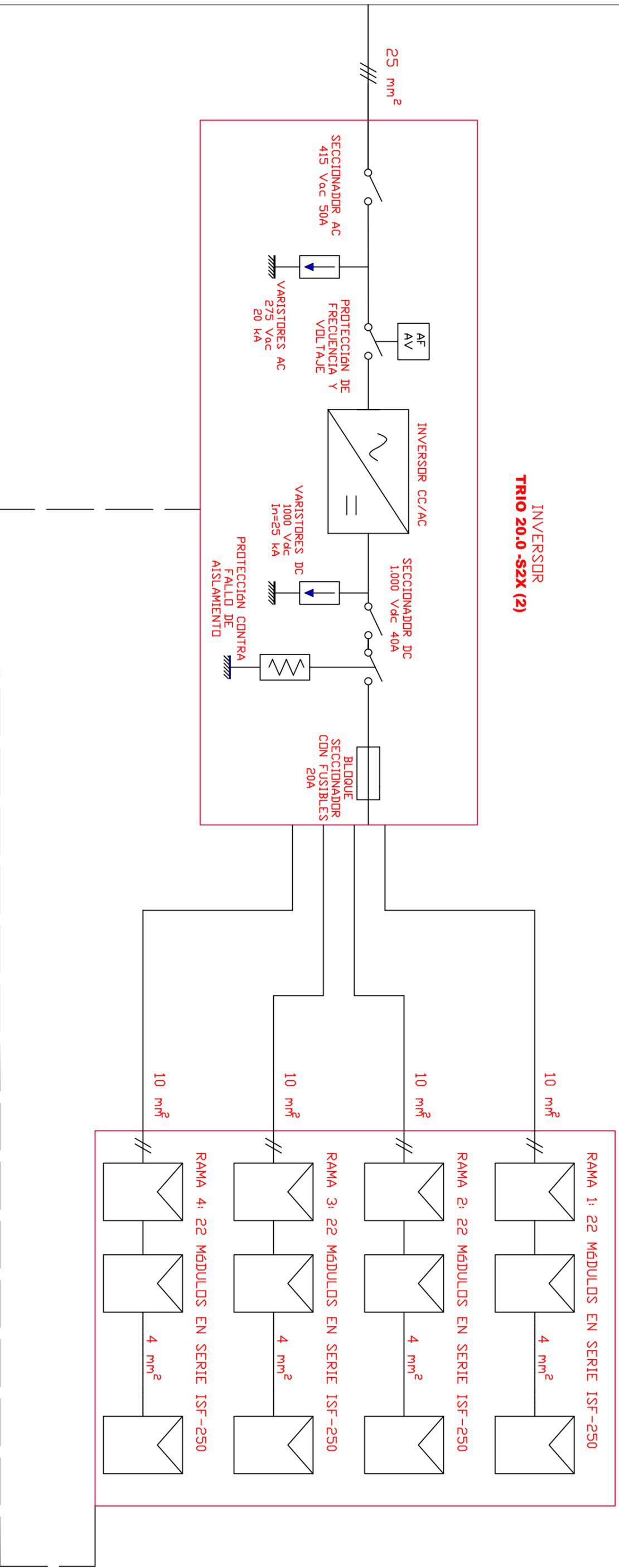
ESCALA: 1:4.000

Proyecto		SFVCR 300 kW COMERCIAL DE GRÁNULOS, Ejea de los Caballeros, Zaragoza			
Titulo					
Situación					
Tipo de archivo		AUTOCAD 2007 Archivo			
Dpto. Técnico	Nombre	Fecha	Firma	Escala	
Realizado	Ramiro Caballero			VE	
Revisado				Edición	
Aprobado				Plano nº 1	



**GENERADOR FOTOVOLTAICO**

**INVERSOR  
TRIO 20.0-S2X (2)**



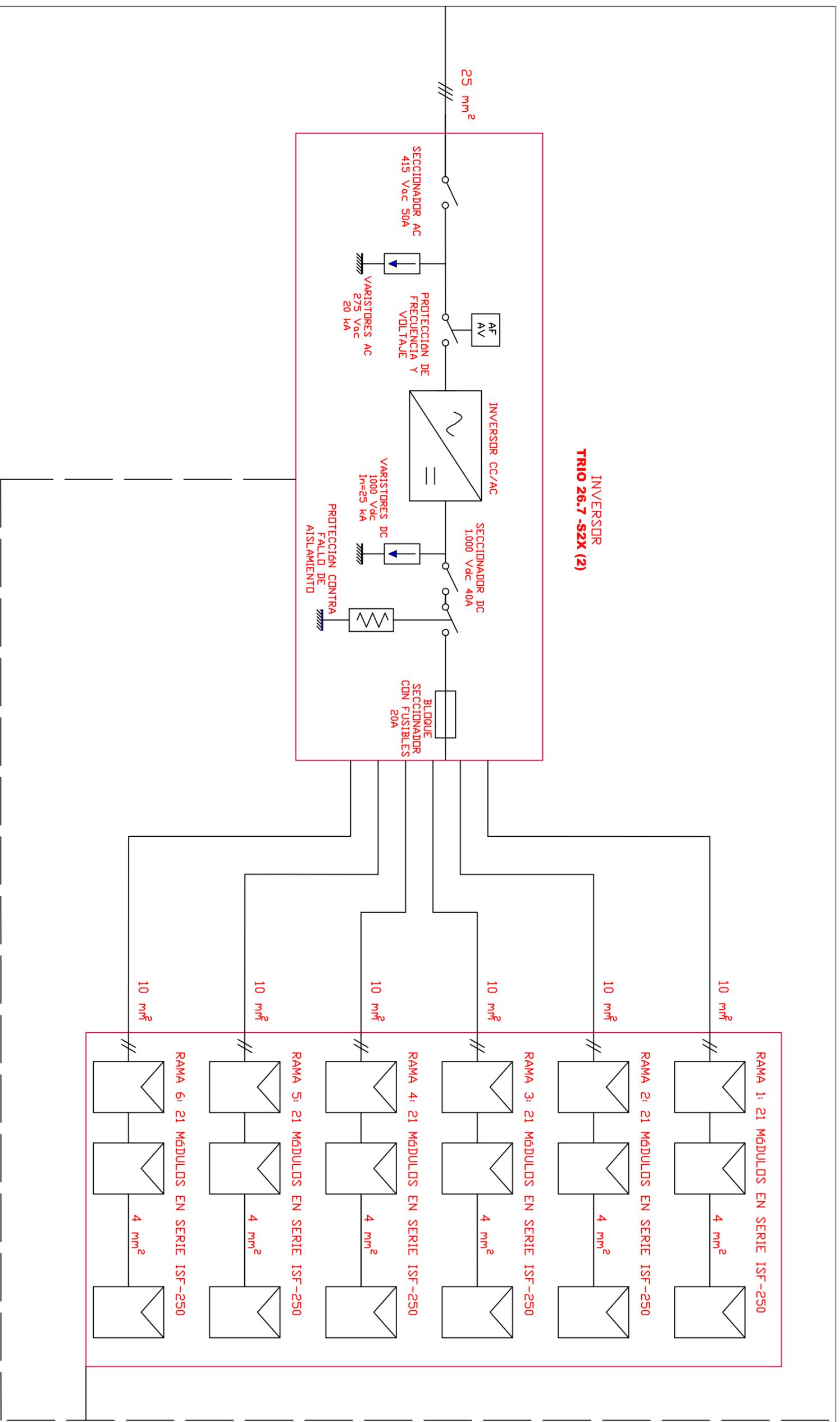
Proyecto  
SFVCR 300 kW COMERCIAL DE GRÁNULOS, Ejea de los Caballeros, Zaragoza

Título  
Circuito tipo (Inversor TRIO20.0)

Tipo de archivo AUTOCAD 2007 Archivo

Dpto. Técnico	Nombre	Fecha	Firma	Escala
Realizado	Ramiro Caballero			SE
Revisado				Edición
Aprobado				Plano nº 2.1





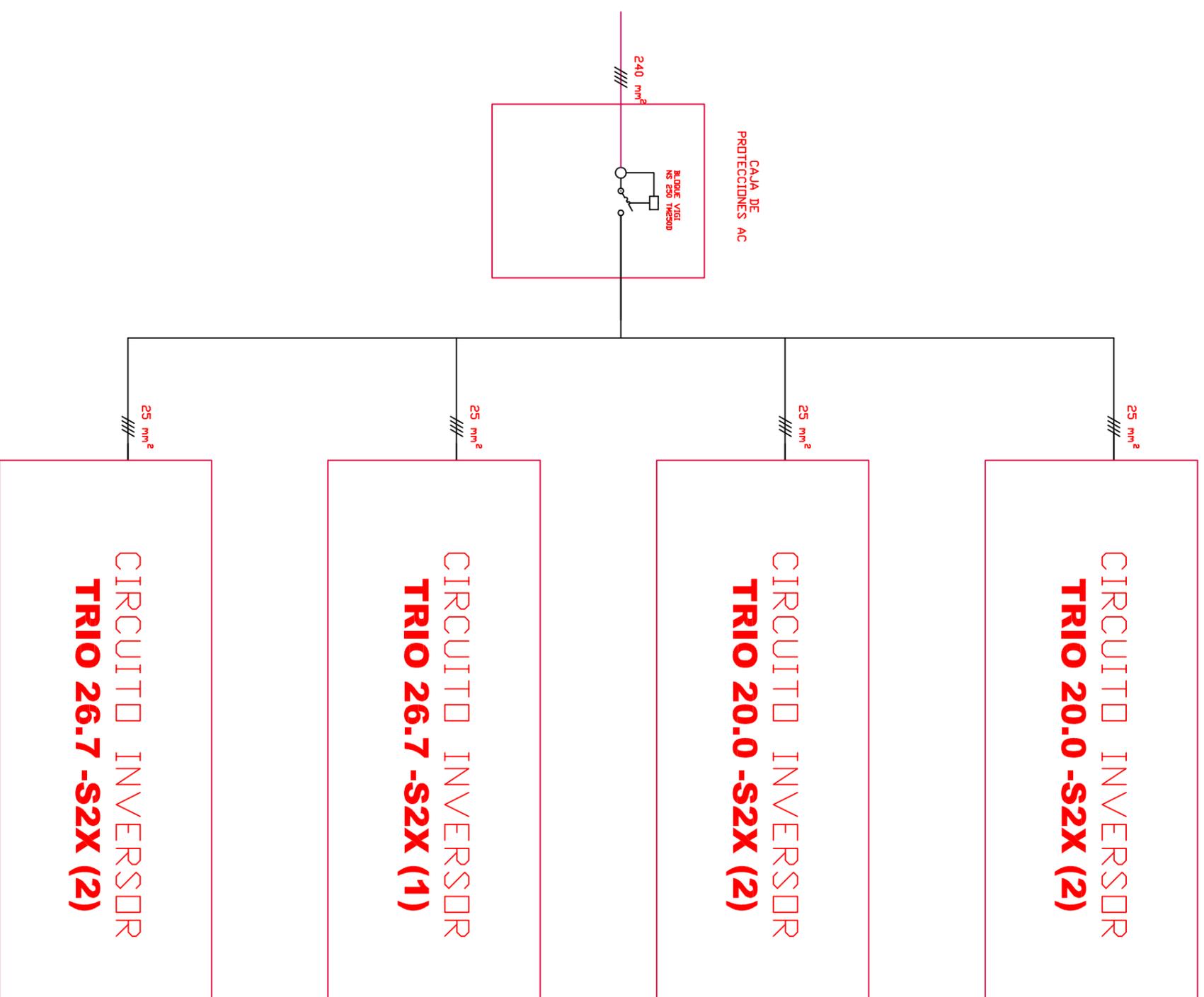
Proyecto  
 SFVCR 300 kW COMERCIAL DE GRÁNULOS, Ejea de los Caballeros, Zaragoza

Título  
 Circuito tipo (Inversor TRIO26.7)

Tipo de archivo AUTOCAD 2007 Archivo

Dpto. Técnico	Nombre	Fecha	Firma	Escala
Realizado	Ramiro Caballero			SE
Revisado				Edición
Aprobado				Plano nº 2.2





Proyecto  
SFVCR 300 KW COMERCIAL DE GRÁNULOS, Ejea de los Caballeros, Zaragoza

Título

Esquema Unifilar

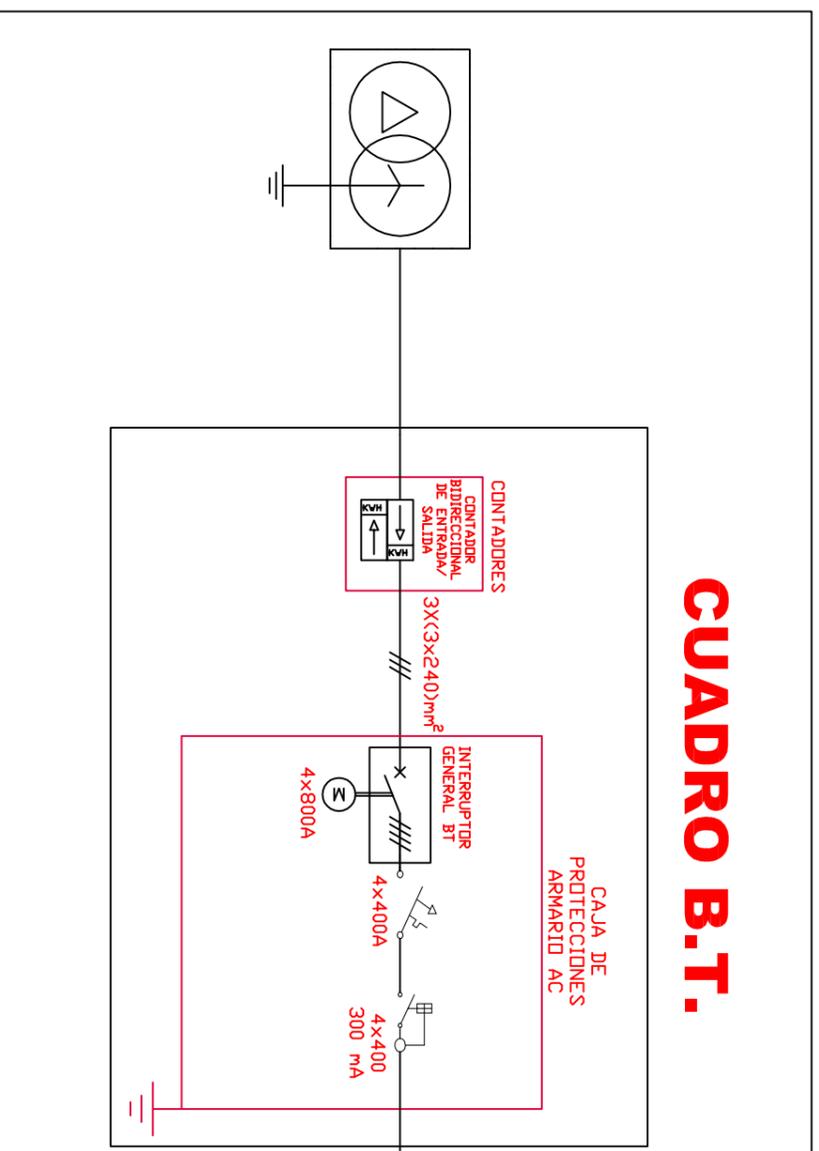
Tipo de archivo AUTOCAD 2007 Archivo

Dpto. Técnico	Nombre	Fecha	Firma	Escala
Realizado	Ramiro Caballero			SE
Revisado				Edición
Aprobado				Plano nº 2.3



**PFU-4/1T/20KV.**

**CUADRO B.T.**



240 mm²

**PLANTA 100 KW (1)**

240 mm²

**PLANTA 100 KW (2)**

240 mm²

**PLANTA 100 KW (3)**

Proyecto

SFVCR 300 KW COMERCIAL DE GRÁNULOS, Ejea de los Caballeros, Zaragoza

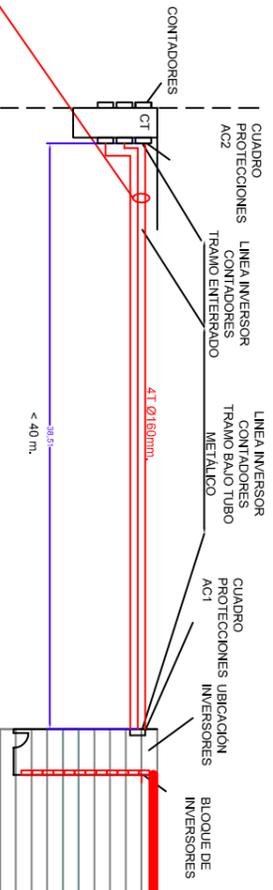
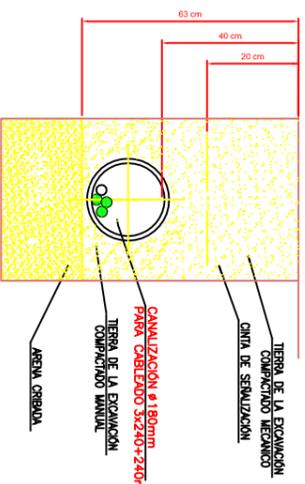
Título

Conexión a línea de MT

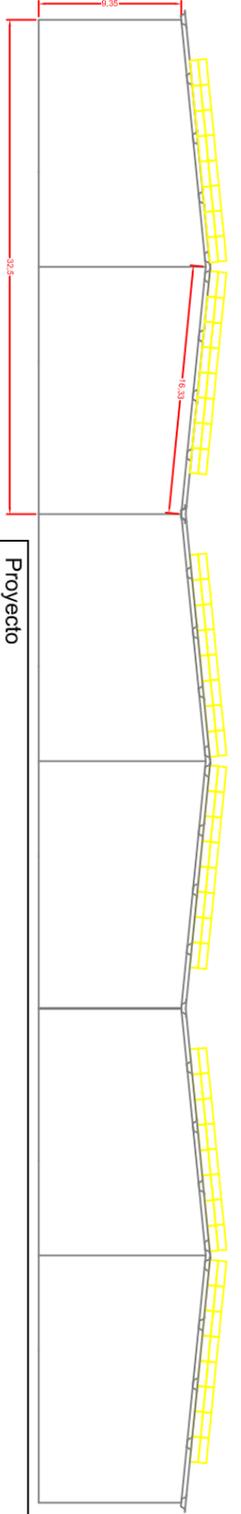
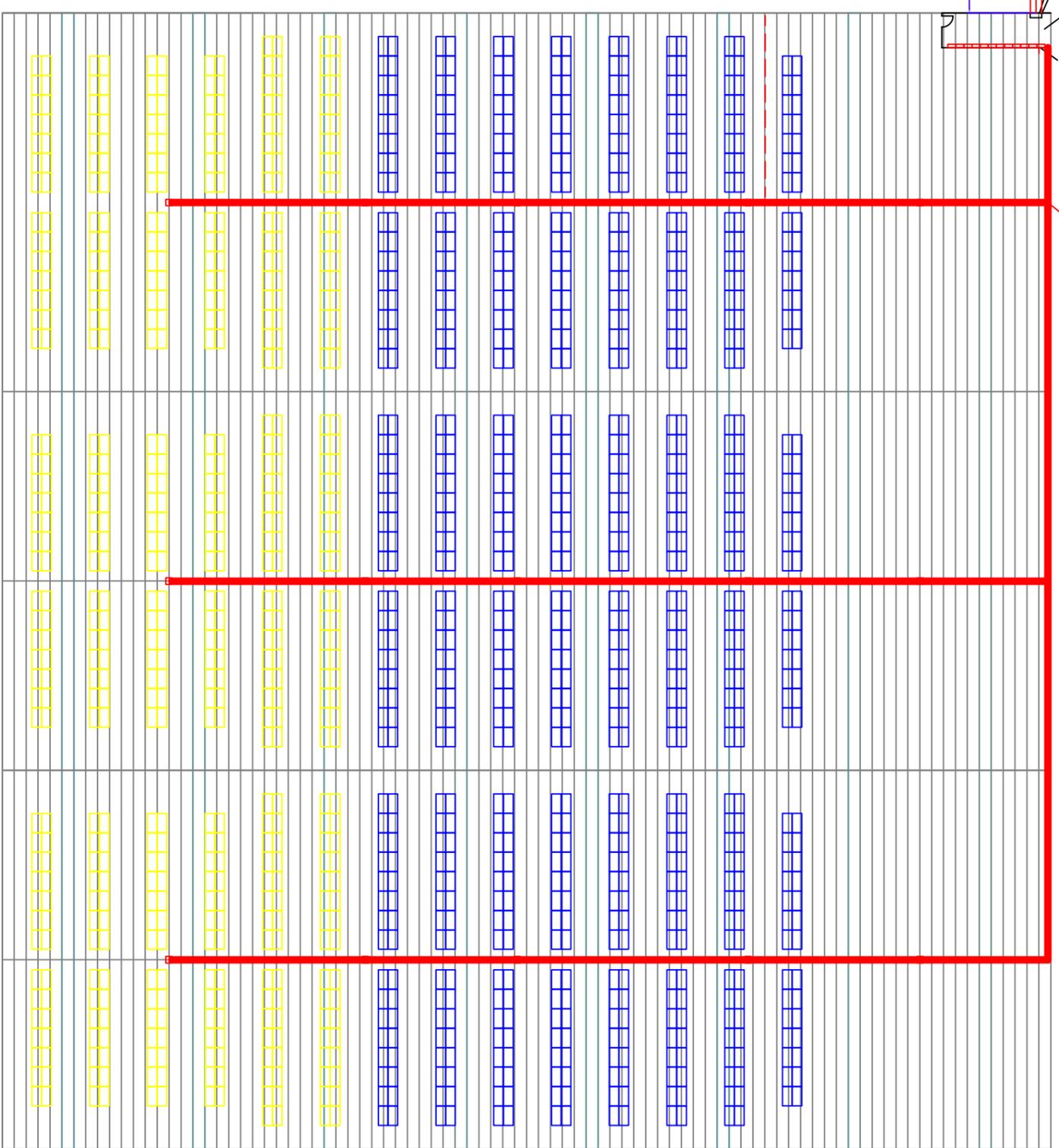
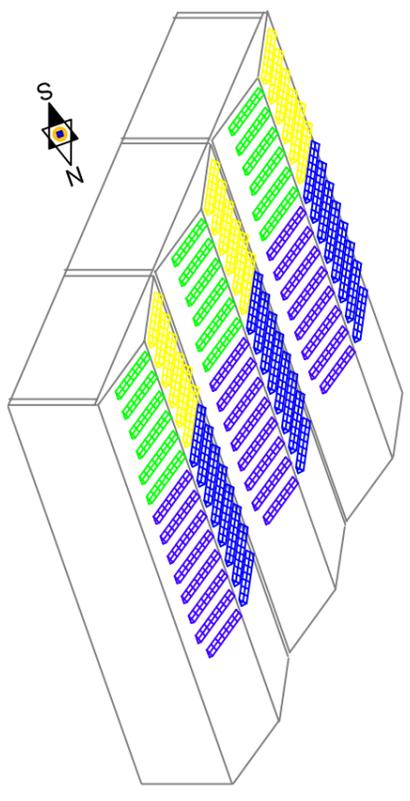
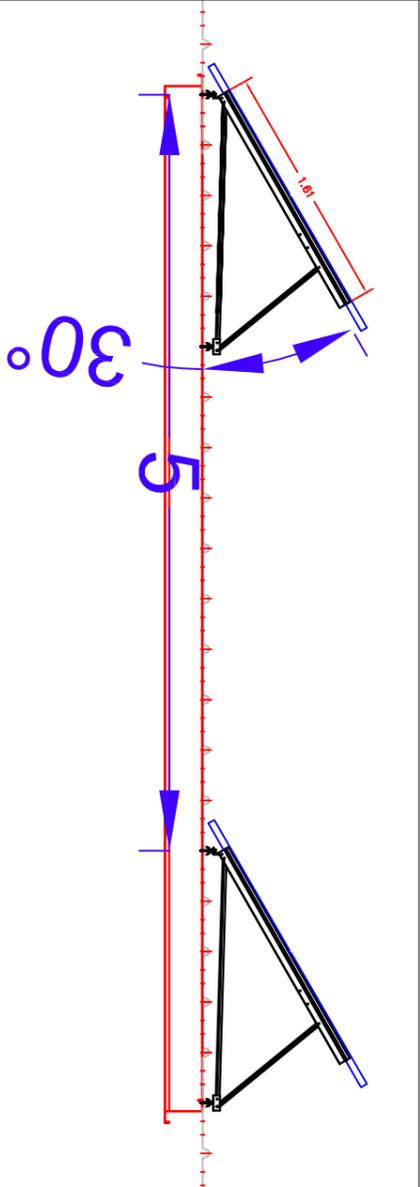
Tipo de archivo AUTOCAD 2007 Archivo

Dpto. Técnico	Nombre	Fecha	Firma	Escala
Realizado	Ramiro Caballero			SE
Revisado				Edición
Aprobado				Plano nº 2.4





VALLADO EXTERIOR



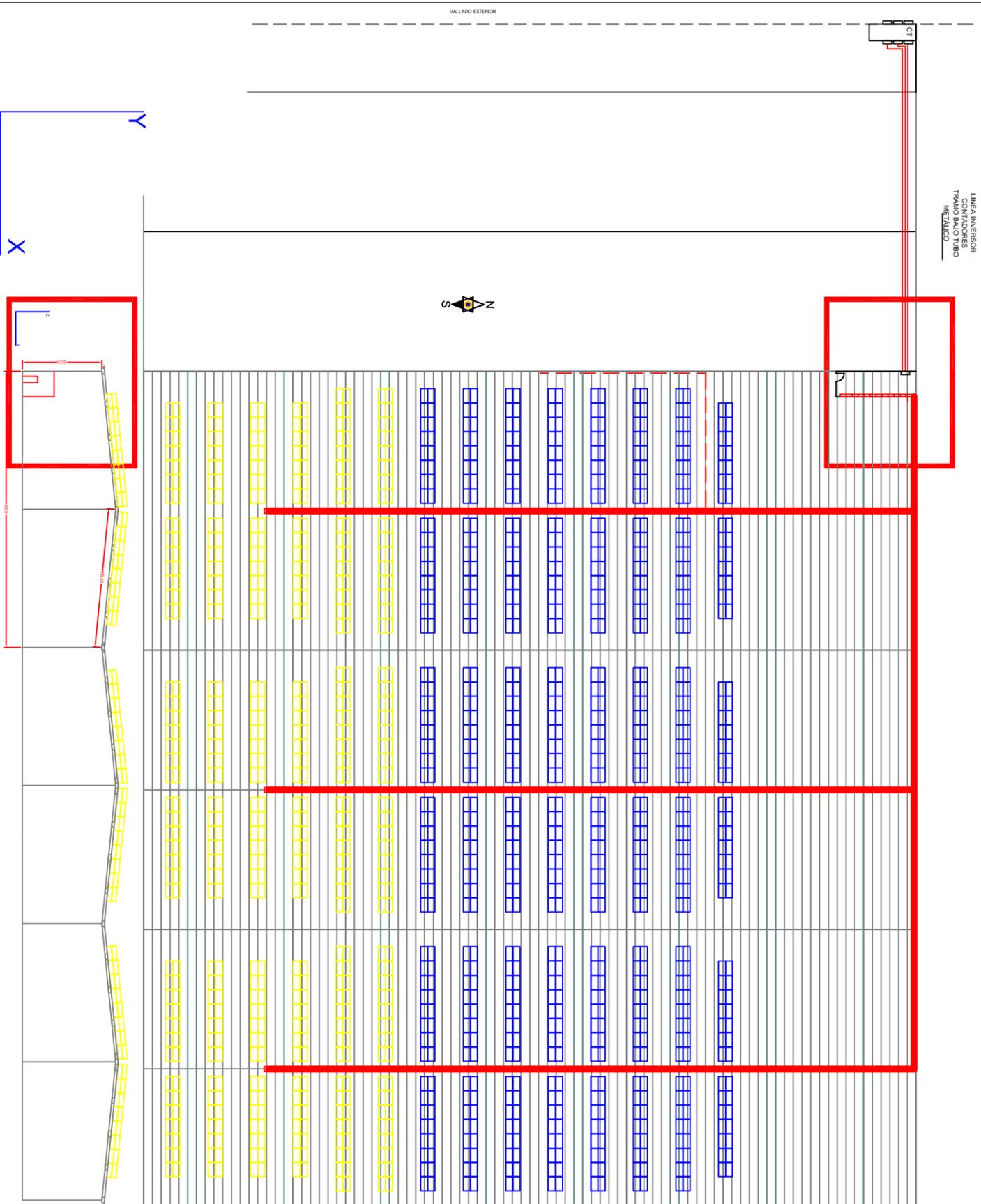
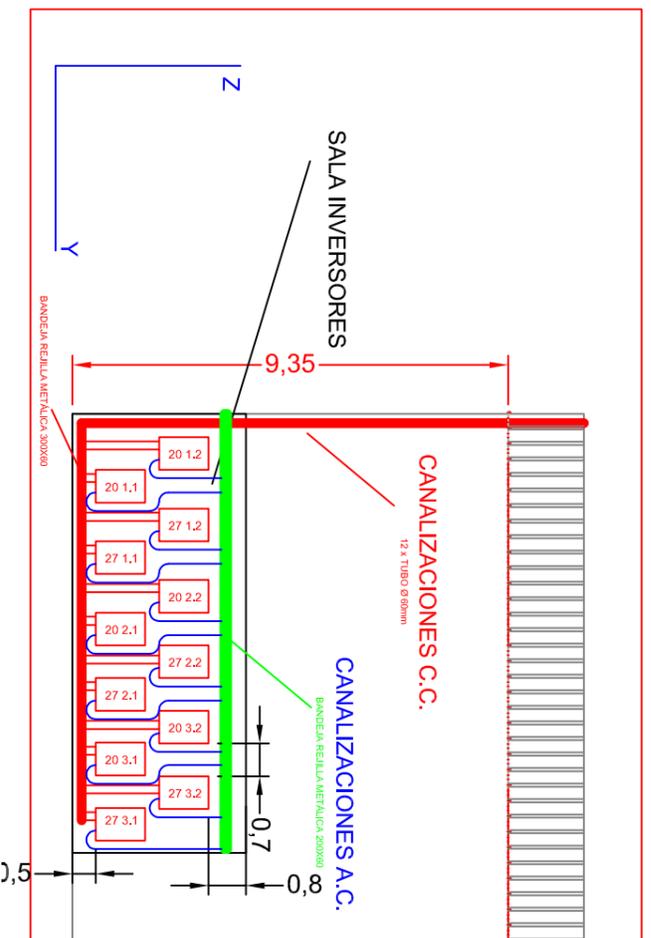
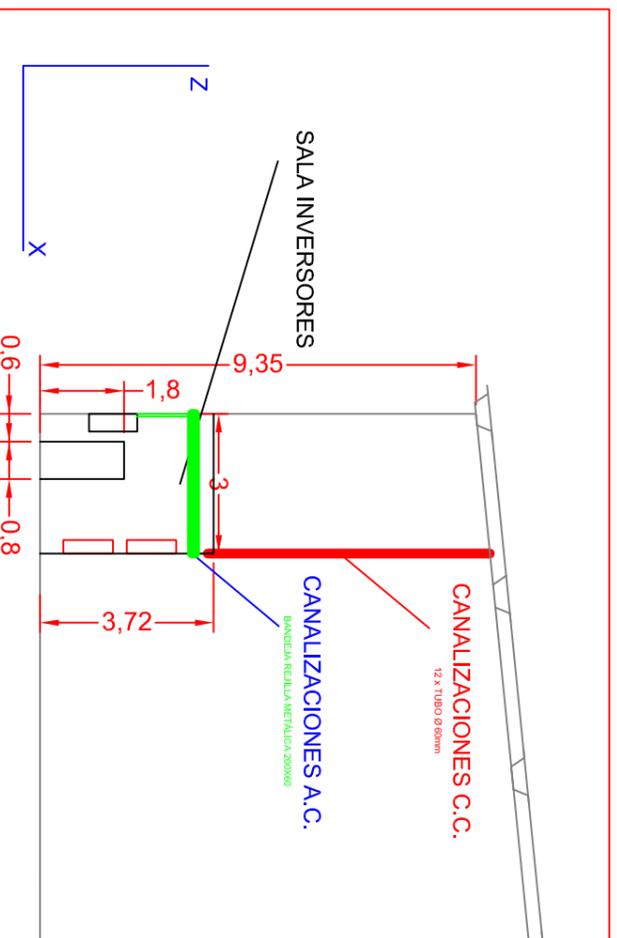
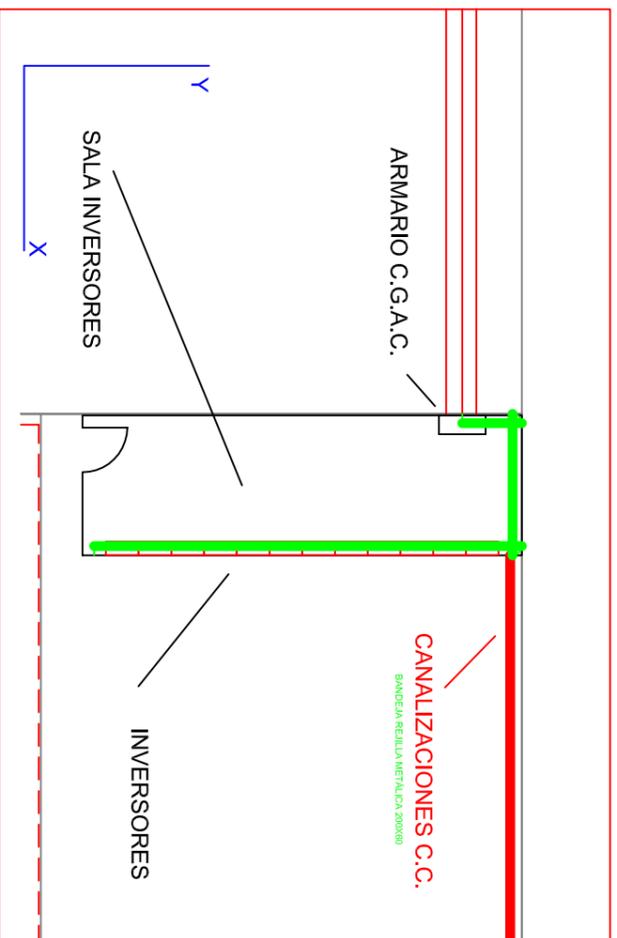
Proyecto  
SFVCR 300 KW COMERCIAL DE GRÁNULOS, Ejea de los Caballeros, Zaragoza

Título  
Geometría de la planta

Tipo de archivo AUTOCAD 2007 Archivo

Dpto. Técnico	Nombre	Fecha	Firma	Escala
Realizado	Ramiro Caballero			VE
Revisado				Edición
Aprobado				Plano nº 3





Proyecto		SfVCR 300 kW COMERCIAL DE GRÁNULOS, Ejea de los Caballeros, Zaragoza	
Tipo de archivo		AUTOCAD 2007	
Titulo		Sala de equipos	
Dpto. Técnico	Realizado	Nombre	Fecha
Revisado	Aprobado	Ramiro Caballero	Firma
Escala		SE	
Edición		Plano nº 4	





Apoyo A--927.496.  
Existente

L.A.M.I.T. "Rivos-Forsdues" de ENDESA

C.T.'S EN PROYECTO

CUADRO BT EXISTENTE

$$S = 3x(3x240+240mm^2) 0,6/11kV AI$$

Proyecto  
SFVCR 300 kW COMERCIAL DE GRÁNULOS. Ejea de los Caballeros, Zaragoza

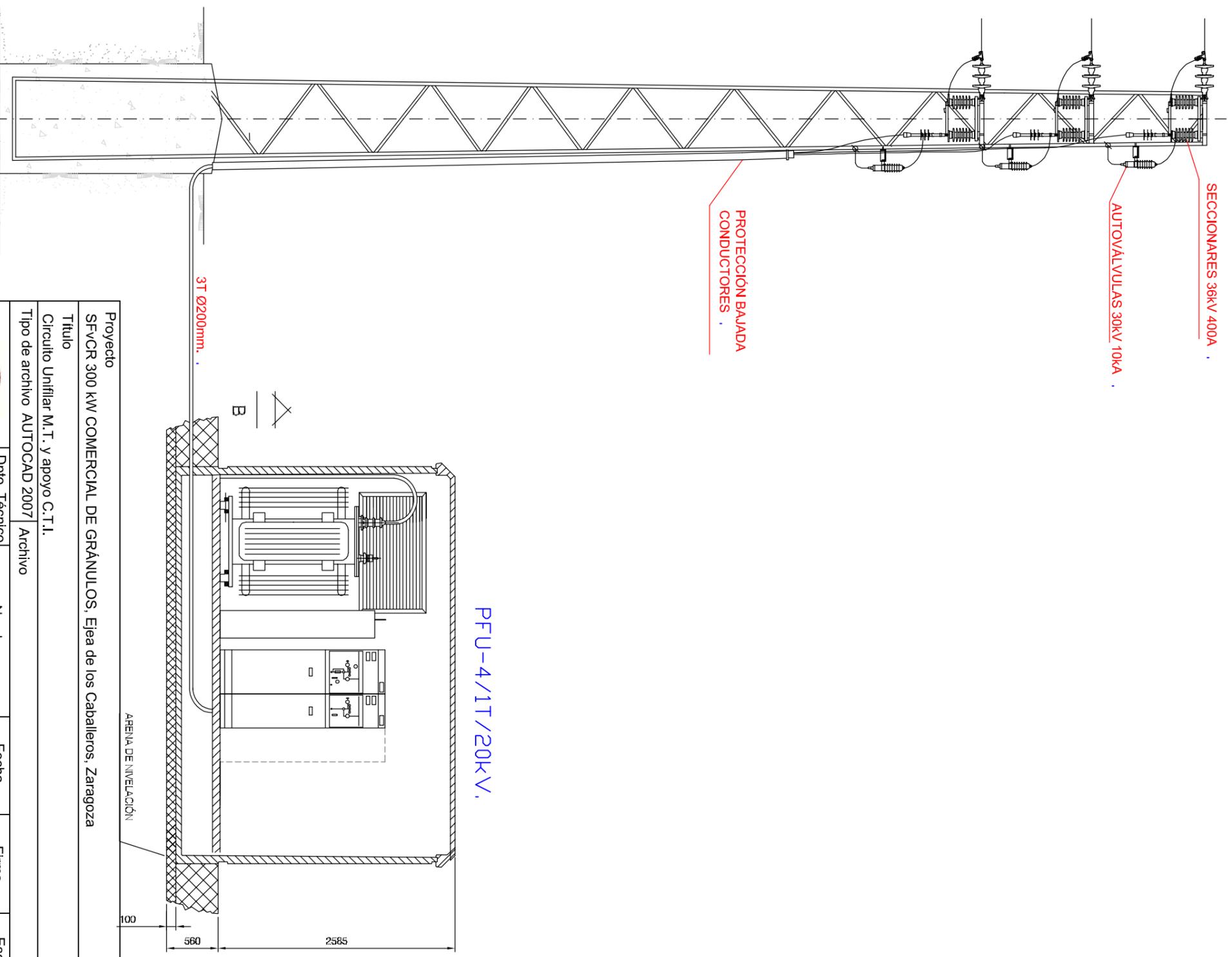
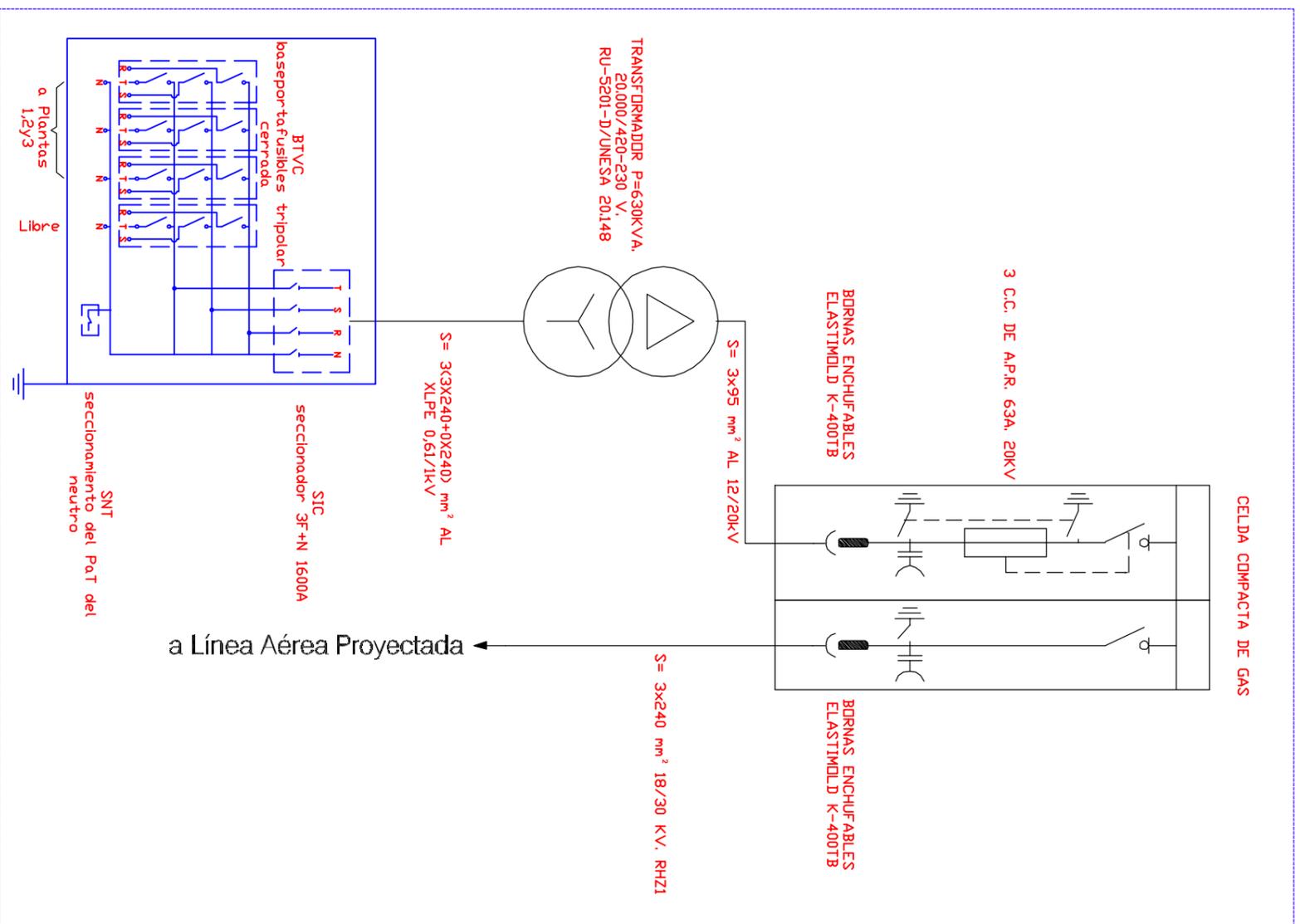
Título  
Planta circuito M.T.

Tipo de archivo AUTOCAD 2007 Archivo

Dpto. Técnico		Nombre	Fecha	Firma	Escala
Realizado		Ramiro Caballero			SE
Revisado					Edición
Aprobado					Plano nº MT1

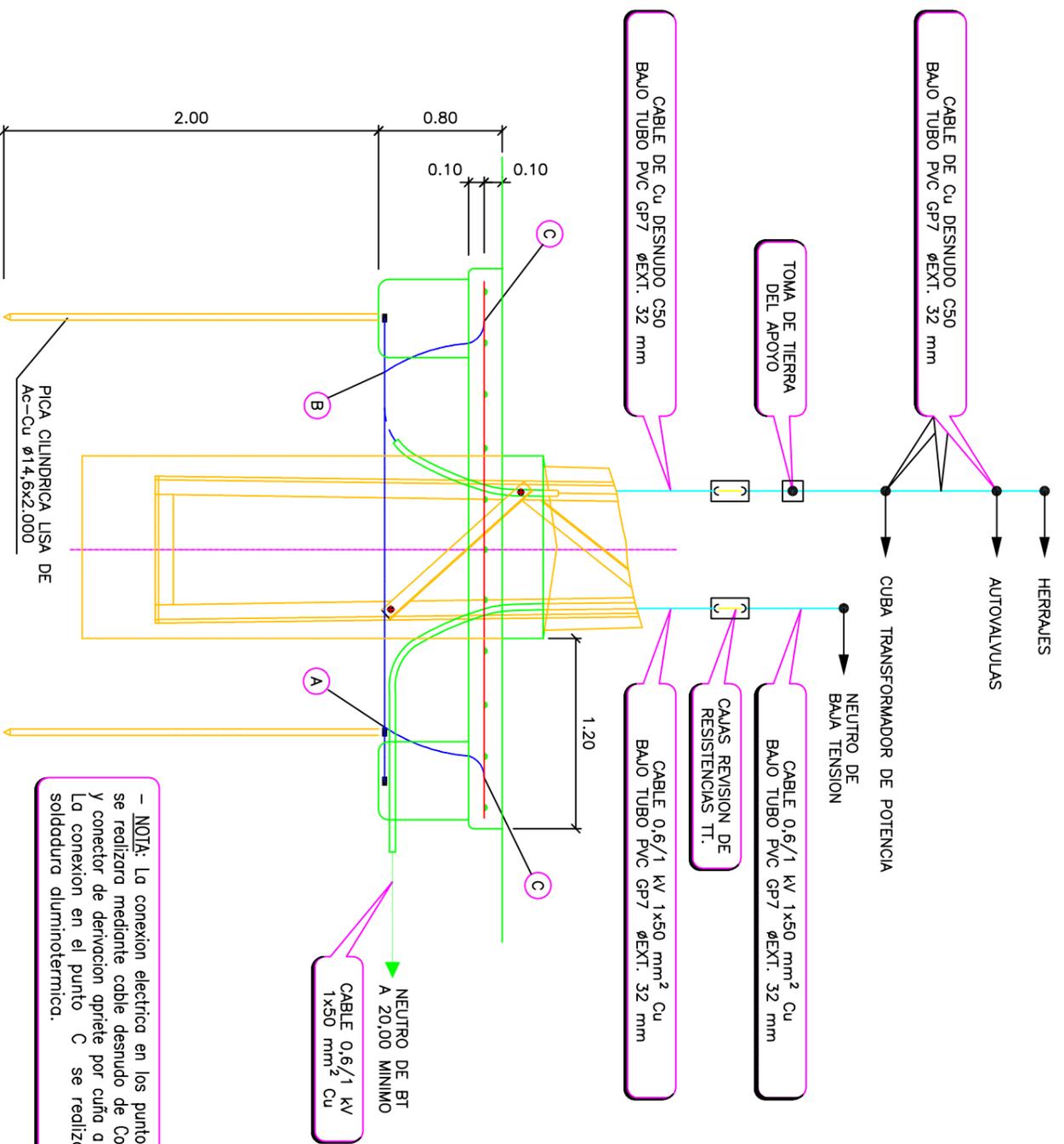


# PFU-4/1T/20kV.

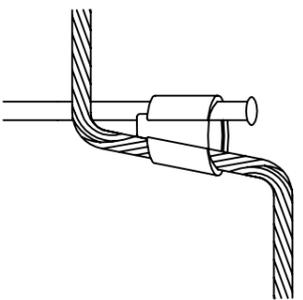


## PFU-4/1T/20kV.

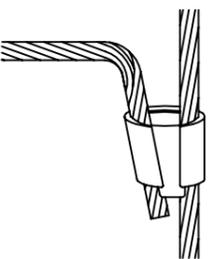
Proyecto		SFVCR 300 kW COMERCIAL DE GRÁNULOS, Ejea de los Caballeros, Zaragoza			
Titulo		Circuito Unifilar M.T. y apoyo C.T.I.			
Tipo de archivo		AUTOCAD 2007 Archivo			
Dpto. Técnico	Nombre	Fecha	Firma	Escala	
Realizado	Ramiro Caballero			SE	
Revisado				Edición	
Aprobado				Plano nº MT2	



CONEXION PICA/CABLE C50

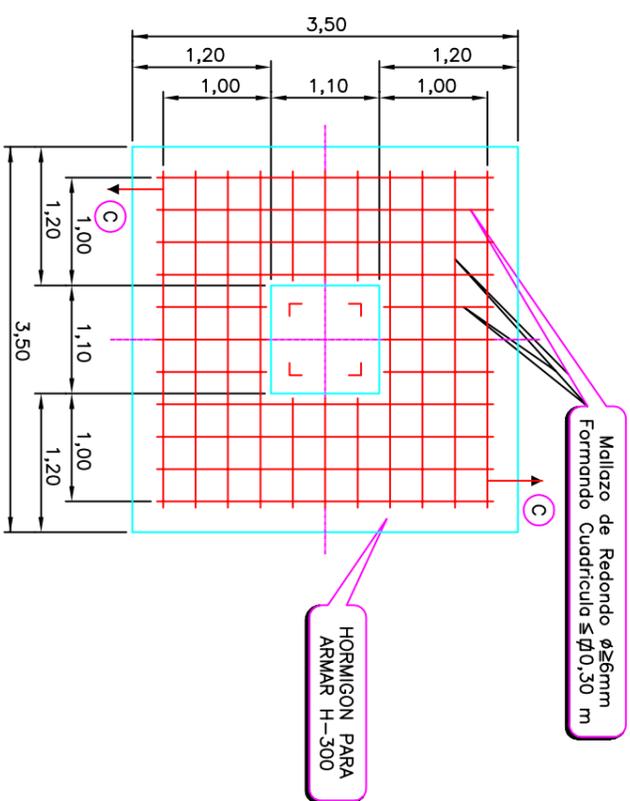


CONEXION CABLES C50

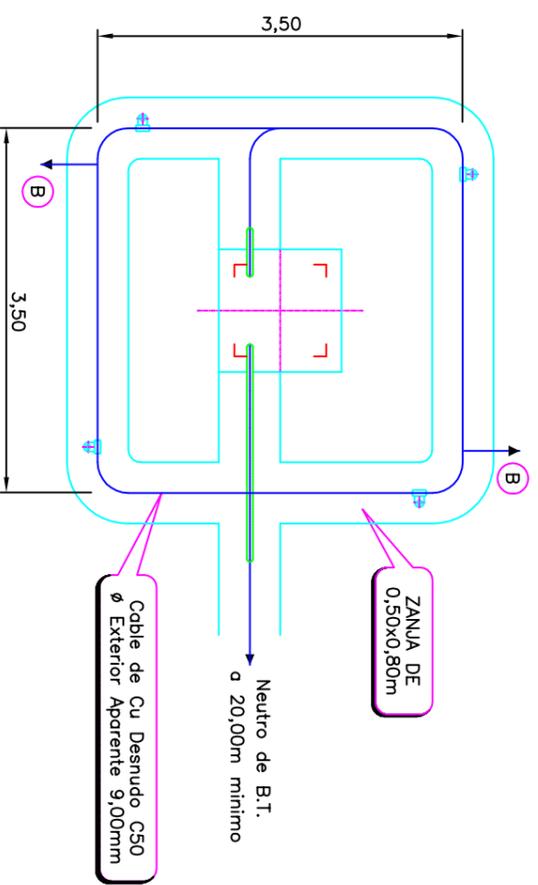


- **NOTA:** La conexion electrica en los puntos A y B se realizara mediante cable desnudo de Cobre C50 y conector de derivacion apriete por cuña a presion. La conexion en el punto C se realizara con soldadura aluminotermica.

MALLA EQUIPOTENCIAL PLANITA



ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA CONFIGURACION 30-30/8/42



Proyecto  
SFVCR 300 kW COMERCIAL DE GRÁNULOS, Ejea de los Caballeros, Zaragoza

Título  
Red de Tierras (R.D.T.)

Tipo de archivo AUTOCAD 2007 Archivo

Dpto. Técnico		Nombre		Fecha		Firma		Escala	
Realizado		Realizado	Ramiro Caballero					SE	
Revisado		Revisado						Edición	
Aprobado		Aprobado						Plano nº	MT3

