

Universidad de Cádiz

Proyectos fin de carrera de Ingeniería Técnica Industrial.

Electrónica Industrial.

Centro: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad en Electrónica Industrial

Título: PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5.80 MWp .
San Roque-Parque tecnológico

Autor: Alberto Carlos Fernández Espinar

Fecha: Febrero 2012

PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5.80 MW_p San Roque-Parque tecnológico



TOMO I: Memoria Descriptiva

Alumno: Alberto Carlos Fernández Espinar

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad en Electrónica Industrial

Tutor: Carlos Andrés García Vázquez

Convocatoria: Febrero 2012

INDICE

Contenido

1) Antecedentes.....	5
1.1) Finalidad	5
1.2) Objetivos del proyecto	5
1.3) Emplazamiento	6
1.4) Descripción general.....	6
1.5) Reglamentación y normativa general	7
1.6) Procedimiento legal para la conexión a red y la puesta en marcha de la instalación fotovoltaica.....	7
2) Descripción de la Planta Solar Fovovoltaica	9
2.1) Módulo solar fotovoltaico.....	9
2.1.1) Descripción.....	9
2.1.2) Elección del módulo.....	13
2.2) Seguidor solar	17
2.2.1) Descripción.....	17
2.2.2) Rentabilidad del seguimiento solar.....	17
2.2.3) Comparativa entre diferentes modelos	18
2.2.4) Elección del seguidor	20
2.3) Cuadro de interconexión.....	25
2.4) Inversor.....	25
2.4.1) Descripción general.....	25
2.4.2) Seguimiento del punto de máxima potencia.....	26
2.4.2) Protecciones.....	27
2.4.3) Elección.....	27
2.5) Producción estimada.....	31
2.6) Instalación eléctrica de Baja Tensión de C.C.....	34
2.6.1) Sistemas de tensiones de la planta	34
2.6.2) Programa de necesidades.....	34
2.6.3) Características de la instalación.....	35
3) Línea subterránea de Baja Tensión	37
3.1) Conductores	38

3.2) Conexión del neutro	38
3.3) Cruzamientos y paralelismos	39
3.3.1) Cruzamientos.....	39
3.3.2) Paralelismos	39
3.4) Seguridad en la instalación de los cables	40
3.5) Caja de seccionamiento.....	41
3.6) Caja General de Protección	41
3.7) Empalmes, terminales y derivaciones.....	41
3.7.1) Empalmes	41
3.7.2) Terminales.....	42
3.7.3) Derivaciones	42
4) Centro de Transformación	43
4.1) Requisitos básicos.....	44
4.2) Características generales del Centro de Transformación.....	44
4.2.1) Características Celdas CAS 36 kV	45
4.2.2) Características Celdas SM 36 kV	45
4.3) Características generales del Centro de Transformación.....	45
4.3.1) Obra Civil.....	45
4.3.2) Instalación Eléctrica.....	48
4.3.3) Medida de la Energía Eléctrica.	54
4.3.4) Puesta a tierra.....	55
4.3.5) Instalaciones Secundarias.....	55
5) Línea subterránea y aérea de Media Tensión.....	58
5.1) Línea subterránea desde el Centro de Transformación al Centro de Entrega.....	58
5.1.1) Generalidades de la línea subterránea de Media Tensión	59
5.1.2) Nivel de aislamiento	59
5.1.3) Conductor empleado.....	59
5.1.4) Aislamiento	59
5.1.5) Capa semiconductor interna.....	60
5.1.6) Capa semiconductor externa	60
5.1.7) Pantalla metálica.....	60
5.1.8) Cubierta	60
5.1.9) Empalmes	61

5.1.10) Señalización de conductores	61
5.1.11) Puesta a tierra	61
5.1.12) Obra Civil	61
5.2) Línea subterránea y aérea desde el Centro de Entrega a los Apoyos.	62
5.2.1) Características generales.....	62
5.2.2) Aislamiento	63
5.2.3) Apoyos.....	63
5.2.4) Herrajes y grapas	63
5.2.5) Botellas terminales	64
5.2.6) Puesta a tierra	64
5.2.7) Armado.....	66
6) Centro de Entrega	67
6.1) Descripción general.....	67
6.2) Recinto de Seccionamiento.....	69
6.3) Recinto de protección y medida.	70
6.3.1) Características generales celdas SM6 36kV	70
6.3.2) Celdas.....	70
7) Análisis de sostenibilidad de la instalación	73
7.1) Impacto económico.....	73
7.1.1) Tarifa de venta de la energía generada.....	73
7.1.2) Balance económico y periodo de retorno de la inversión.....	75
7.2) Impacto ambiental	77
7.3) Impacto social.....	78
8) Bibliografía	80
8.1) Libros.....	80
8.2) Páginas webs.....	80

Memoria Descriptiva

1) Antecedentes

1.1) Finalidad

La finalidad de este proyecto es la de finalizar los estudios de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, en la especialidad de Electrónica Industrial, cursada en la Escuela Politécnica Superior de Algeciras.

El presente proyecto consta de los siguientes apartados:

- Memoria descriptiva
- Estudio de seguridad y salud
- Pliego de condiciones
- Memoria de cálculo
- Presupuesto
- Planos

1.2) Objetivos del proyecto

El objetivo del presente proyecto es el de describir las características técnicas, constructivas y de seguridad de la instalación eléctrica de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red, de una potencia instalada de **5.8 MWp**.

El estudio del proyecto se centrará principalmente en lo siguiente:

- Incidencia e irradiación solar en la zona.
- Elección e instalación de los seguidores solares y de los módulos solares fotovoltaicos.
- Redes de Baja Tensión.
- Línea subterránea de media tensión.
- Centro de transformación.
- Conexión a la Red General Eléctrica.
- Mantenimiento de la instalación.
- Estudio de viabilidad del proyecto, donde además se incluirá el estudio de impacto ambiental y social.

Según el **Art. 45 del Real Decreto 1955/2000 del 1 de Diciembre**, todas las instalaciones de Media Tensión, así como los centros de distribución contemplados en este proyecto se cederán a **Endesa Distribución Eléctrica S.L.**

1.3) Emplazamiento

Nuestra planta solar fotovoltaica está ubicada en el término municipal de **San Roque**, justo enfrente de la refinería de San Roque, en la carretera entre San Roque y Puente Mayorga. La extensión aproximada del terreno es de 30 hectáreas, y las coordenadas exactas del emplazamiento, obtenidas con el software **Google Earth** son las siguientes:

Latitud: 36°11'31.68"N

Longitud: 5°23'2.54"O

En la siguiente imagen podemos ver una vista aérea del emplazamiento:

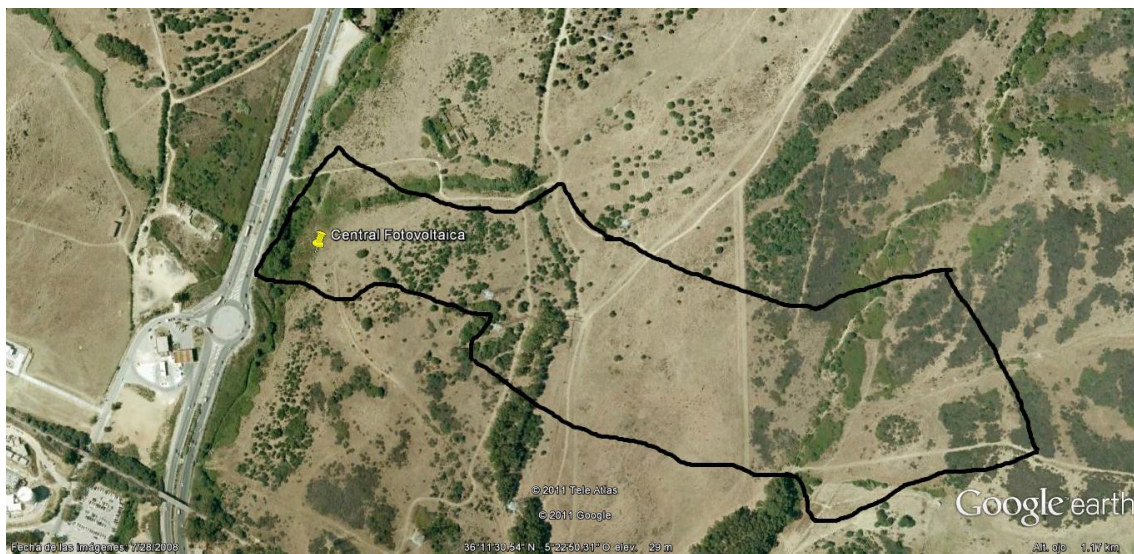


Figura 1.1: Emplazamiento de la central

1.4) Descripción general

El esquema general de una central fotovoltaica conectada a la red consta de los siguientes elementos:

- **Módulos solares fotovoltaicos**, a modo de generadores.
- **Inversores**, para convertir la tensión continua de los módulos solares en tensión alterna sinusoidal.
- **Centros de transformación**, para elevar los niveles de tensión.

El funcionamiento general consiste en transformar una parte de la irradiación solar en energía eléctrica mediante los módulos solares fotovoltaicos. Esta energía es llevada a los inversores donde se pasa a corriente alterna sinusoidal a **400V**. Con este nivel de tensión se va hasta el centro de transformación, el cual se encarga de subir el nivel de tensión al nivel necesario para poder conseguir el conexionado a la red eléctrica. Dicha conexión se debe hacer según la normativa vigente sobre tolerancias y distorsión máxima permitida.

Una vez conectada a la red eléctrica de la empresa distribuidora **SEVILLANA-ENDESA**, se le venderá toda la energía producida ante previo contrato con la misma y según las condiciones establecidas en el **Real Decreto 661/2007**.

1.5) Reglamentación y normativa general

Para la correcta ejecución del proyecto, se han tenido en cuenta las siguientes normativas y reglamentaciones.

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión del 18/09/2002 e instrucciones técnicas complementarias.
- Reglamento de líneas aéreas de Alta Tensión aprobado por el Real Decreto 233/2008, del 15 de febrero.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, aprobado por el Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, B.O.E. nº 288 de 1 de Diciembre de 1982, e Instrucciones Técnicas complementarias.
- Reglamento de verificaciones eléctricas.
- Normas UNE.
- Recomendaciones UNESA.
- Normas particulares de la compañía suministradora para instalaciones de enlace en el suministro de energía eléctrica en Baja Tensión.
- Pliego de condiciones técnicas del IDAE (Ministerio de Ciencia y Tecnología) de instalaciones eléctricas conectadas a la Red.
- Real decreto 661/2007, del 25 de Mayo del 2007 por el que se regula la actividad de producción de energía en régimen especial.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre del 2000, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1663/2000, del 29 de Septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1578/2008, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 29 de Septiembre de 2008.

1.6) Procedimiento legal para la conexión a red y la puesta en marcha de la instalación fotovoltaica.

A continuación exponemos punto por punto el procedimiento legal necesario que será necesario llevar a cabo para la puesta en marcha de la instalación fotovoltaica.

- Predefinición del proyecto.
- Información sobre Zonas Eléctricas de Evacuación (ZEDE), así como de la conexión a la red en la Distribución provincial de la Consejería de Innovación Ciencia y Empresa (DP CICE) y en la compañía eléctrica correspondiente.
- Definición exacta del proyecto.
- Aval: Será necesario efectuar el depósito en la Caja Provincial de Depósitos y presentar el resguardo en la DP CICE.
- Solicitar punto de acceso y condiciones de conexión a la compañía eléctrica (RD 1663/2000 y Título IV del RD 1955/2000).

- Solicitud de inclusión en el régimen especial en la Delegación Provincial de la Consejería competente en materia de energía (DP CICE). Junto con la solicitud deberá incluirse:
 - o Resguardo original acreditativo de haber depositado en la Caja Provincial de Depósitos de la DP CICE el aval.
 - o Fotocopias compulsadas de:
 - Contrato de suministro de los módulos FV.
 - Documentos que acredite la disponibilidad de los terrenos donde va a realizarse la instalación (contrato de arrendamiento, derecho de la superficie... etc).
- Autorización Ambiental. En nuestro caso, dado que tenemos una superficie superior a 2 hectáreas, será necesaria la **autorización ambiental unificada** (AAU), a emitir la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente.
- Solicitud de informe sobre la compatibilidad urbanística y presentación de proyecto de actuación para el caso de instalaciones en terrenos no urbanizables y que se exige por parte del Ayuntamiento.
- Solicitud de Autorización Administrativa y aprobación de proyecto o memoria técnica de diseño en la DP CICE. Se deberá adjuntar:
 - o El proyecto, que incluirá las instalaciones de conexión.
 - o Punto de conexión otorgado por la empresa distribuidora.
 - o Autorización o informe favorable del órgano ambiental competente (AAU).
 - o Relación de administraciones públicas, organismos, empresas de servicio público o de servicios de interés general con bienes o servicios afectados por la instalación generadora.
 - o Conformidad u oposición a la ejecución de la instalación de las entidades y empresas relaciones anteriormente, y alegaciones que considere en defensa de sus derechos el propio solicitante.
 - o Informe sobre compatibilidad urbanística emitida por el Ayuntamiento.
- Obtención de la licencia de obras del proyecto de instalación al órgano competente.
- Solicitud de Inscripción en el Registro de Pre asignación de Retribución, para un proyecto de instalación (ANEXO I del RD 1578/2008).
- Contrato (técnico/tipo) con la compañía distribuidora.
- Solicitud de Puesta en Servicio y Acta de puesta en servicio provisional para pruebas de la instalación ante la DP CICE.
- Solicitud de Inscripción previa y Acta de puesta en servicio de la instalación en la DP CICE.
- Certificado del encargado de lectura.
- Inscripción definitiva en el registro de instalaciones de régimen especial en la DP CICE. La solicitud puede solicitarse simultáneamente con la puesta en servicio de la instalación.
- Facturación a tarifa FV (desde el primer día del mes siguiente a la fecha del Acta de puesta en servicio, pero debe esperarse a tener la Inscripción definitiva).

2) Descripción de la Planta Solar Fotovoltaica

A continuación, se describirán todos los elementos constituyentes de la instalación, contemplándose principalmente los siguientes apartados:

- Módulo solar fotovoltaico.
- Seguidor solar.
- Cuadro de interconexión.
- Inversor.
- Producción estimada.
- Instalación eléctrica de Baja Tensión de CC.
- Línea subterránea de Baja Tensión.
- Centro de transformación.
- Línea subterránea de Media Tensión.
- Conexión a la Red General Eléctrica.

2.1) Módulo solar fotovoltaico

2.1.1) Descripción

Cada módulo solar fotovoltaico tiene forma y aspectos diferentes, según sea su tipo y aplicación específica. Pero, en cualquier caso, se puede afirmar que con independencia de esto, en general, un módulo solar fotovoltaico debe estar dotado con los siguientes elementos y generalidades, descritos a continuación:

- **Células fotovoltaicas:** Dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) mediante el efecto fotovoltaico. Son los elementos básicos que permiten la generación de energía eléctrica.
- **Encapsulado de las células:** El medio protector y de estabilidad para las células.
- **Recubrimiento posterior:** Para el aumento de la protección y el cerramiento del módulo.
- **Cubierta transparente:** Actúa como aislador del módulo solar, permitiendo el paso de la irradiación solar.
- **Enmarcado y sistema de fijación:** Permite la colocación del módulo en la estructura soporte (en este caso, los seguidores).
- **Conexiones eléctricas:** Generalmente accesibles en una o dos cajas de conexiones situadas en la parte posterior del módulo, de donde parten los terminales positivo y negativo del mismo. Estas cajas deben ser aptas para la intemperie y disponer de prensaestopas para el cableado de interconexión del módulo.



Figura 2.1: Proceso de fabricación de un módulo solar fotovoltaico

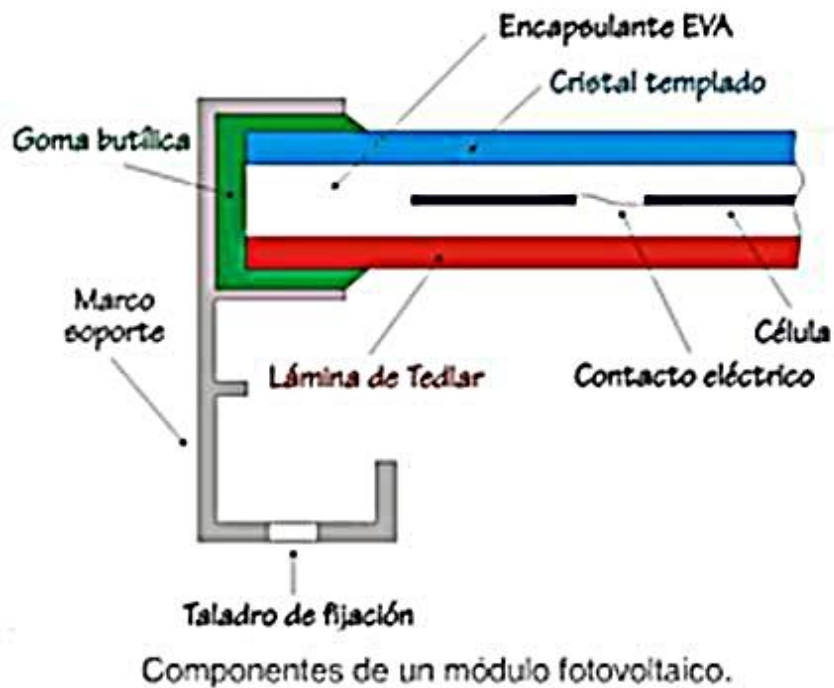


Figura 2.2: Sección de un módulo solar fotovoltaico

El comportamiento eléctrico se derivará de las células solares fotovoltaicas que lo compongan, destacando las siguientes generalidades:

- Para que una célula fotovoltaica genera energía eléctrica, es necesario que incida un cierto nivel de irradiación solar sobre ella.
- A partir de un nivel mínimo de irradiación, (normalmente, unos 250 W/m^2), la tensión a circuito abierto en bornes de la célula, se puede considerar constante (unos 0.6-0.7 V en células de silicio).
- La intensidad que circula por una célula solar cuando sus extremos están cortocircuitados varía en proporción de la irradiancia recibida.
- Cuando la célula está conectada a algún tipo de carga o batería, los valores de tensión e intensidad dependen de las características eléctricas de dicho aparato, y de la propia célula.
- Un módulo solar fotovoltaico está formado por la asociación serie-paralelo de un cierto número de células. A partir de esto, se definen un par de parámetros fundamentales
 - La tensión a circuito abierto del módulo es igual al valor de la tensión de circuito abierto de una célula (0.6-0.7 V) multiplicada por el número de células que estén conectadas en serie.
 - La corriente de cortocircuito del módulo es igual al valor de corriente de cortocircuito de una célula multiplicada por el número de células que estén conectadas en paralelo.
- Existe un único par de valores de tensión e intensidad para los cuales el módulo produce la máxima potencia.
- Los parámetros ambientales que afectan, en mayor medida, al comportamiento eléctrico de una célula son, fundamentalmente, los siguientes:
 - **Irradiación solar:** Afecta de forma directamente proporcional a la intensidad de cortocircuito, aumentando o disminuyendo según aumente o disminuya.

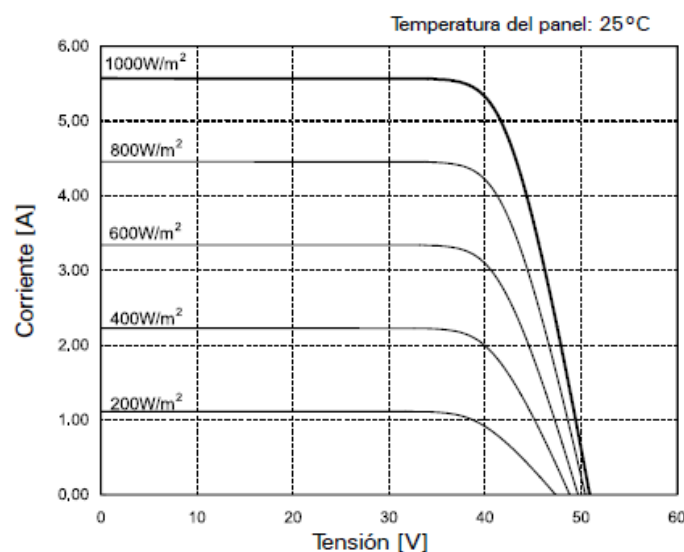


Figura 2.3: Dependencia de la irradiación de un módulo solar.

- **Temperatura ambiente:** Afecta de forma inversamente proporcional a la tensión en circuito abierto. A mayor temperatura, menor tensión en circuito abierto.

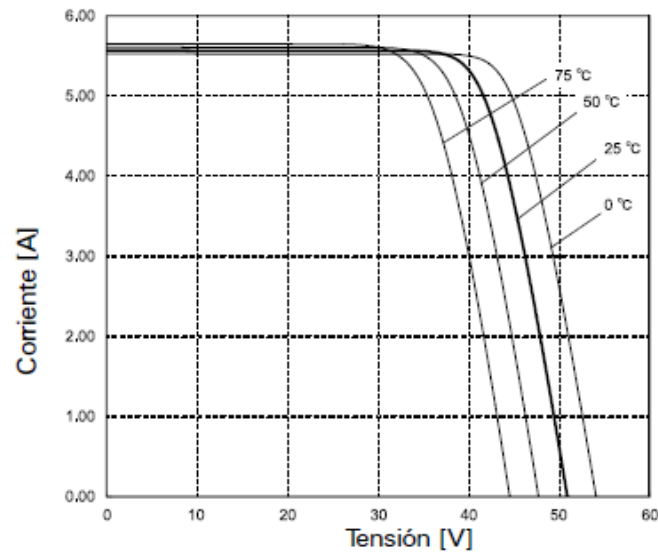


Figura 2.4: Dependencia de la temperatura ambiente de un módulo solar.

- Las características eléctricas presentadas por el fabricante en la hoja de características se obtienen en una determinadas condiciones, que son las siguientes:
 - Irradiancia incidente: 1000 W/m²
 - Incidencia normal
 - Masa del aire: 1.5
 - Temperatura de la célula: 25°C
- Existe una pérdida de potencia por cada grado centígrado de aumento por encima de 25°C. Este valor viene indicado en la hoja de características.
- La temperatura de trabajo de las células que forman un módulo solar fotovoltaico es de unos 20°C por encima de la temperatura ambiente.
- Comercialmente, los módulos solares fotovoltaicos se venden en función de la potencia pico que pueden dar, como parámetro más característico, conjuntamente con la tensión nominal de funcionamiento.
- El modelo matemático de las células solares fotovoltaicas es el siguiente:

$$I = I_{CC} + I_o \cdot \left(1 - e^{\frac{V}{\eta \cdot V_T}} \right)$$

Donde:

- **I_{CC}:** Corriente de cortocircuito.
- **I_o:** Corriente inversa de saturación.
- **V:** Tensión aplicada.
- **η:** Factor de idealización (1 para el germanio, 2 para el silicio).
- **V_T:** Factor de forma de temperatura, se calcula como 11600/T, donde T es la temperatura en K.

2.1.2) Elección del módulo

El módulo solar fotovoltaico elegido es **HIP-210NKHE5**, fabricado por la empresa **Sanyo**.

El panel solar **SANYO HIT** (Heterojunction with Intrinsic Thin layer) está formado por obleas de silicio monocristalino, recubiertas por una capa muy delgada de silicio amorfo. Esta célula es producida con las técnicas de fabricación más modernas y proporciona el rendimiento más elevado en el sector.

- **Alto rendimiento a altas temperaturas:** Una de las características más importantes de este panel es la poca bajada de rendimiento a altas temperaturas. En general, la bajada de rendimiento de los paneles HIT es muy inferior a la de un panel convencional.

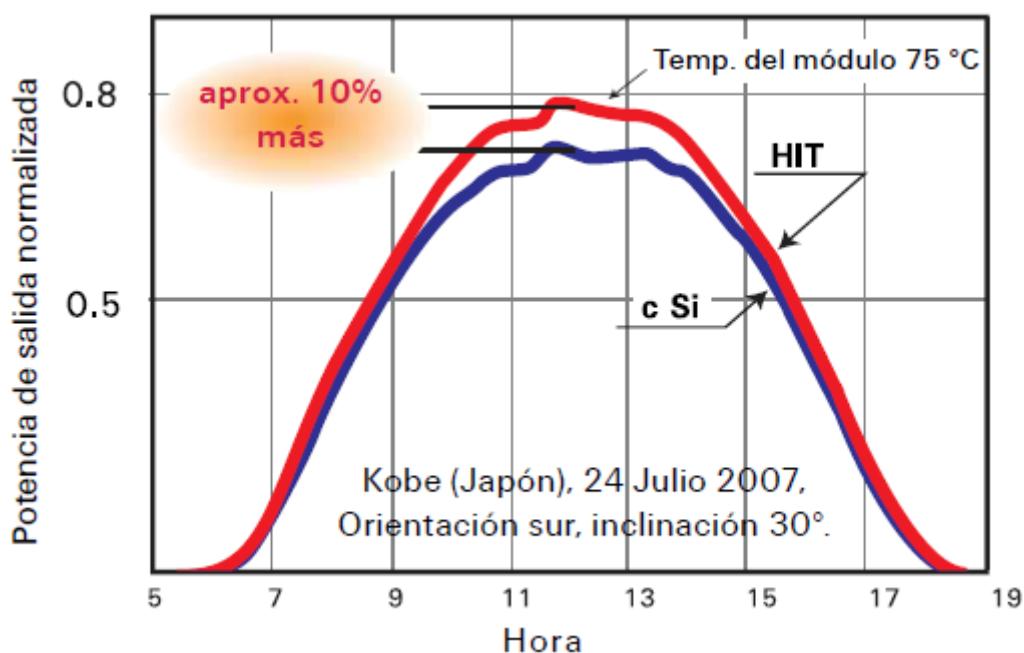


Figura 2.5: Cambios relativos en la potencia normalizada frente a un panel convencional de Silicio.

- **Más energía limpia:** Los paneles solares HIT generan más energía limpia que los paneles cristalinos convencionales.
- **Características Especiales:** Los paneles solares HIT no producen contaminación, no tienen elementos móviles ni generan ruido. Las dimensiones de los paneles HIT permiten ganar espacio en la instalación y así conseguir la mayor potencia de una superficie dada.
- **Estructura de las células solares HIT:** El desarrollo de las células solares HIT fue realizado en parte en cooperación con la NEDO (Organización para las nuevas energías y el desarrollo tecnológico industrial).

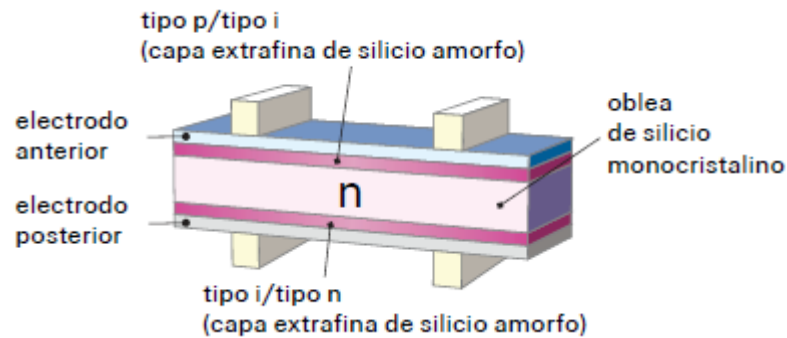


Figura 2.6: Estructura de las células solares HIT.

A continuación mostramos las características eléctricas y mecánicas de nuestro panel solar:

- **RENDIMIENTO**

Eficiencia de la célula	18.9%
Eficiencia de la placa	16.7%

- **CARÁCTERÍSTICAS ELÉCTRICAS**

Potencia máxima [W]	210
Tensión para máxima potencia [V]	41.3
Corriente para máxima potencia [A]	5.09
Tensión en circuito abierto [V]	50.9
Corriente de cortocircuito [A]	5.57
Potencia mínima garantizada [W]	199.5
Protección contra sobrecorriente máxima [A]	15
Tolerancia de potencia a la salida [%]	+10/-5
Voltaje máximo del sistema [V]	1000
Coefficiente de temperatura de potencia máxima [%/°C]	-0.30
Coefficiente de temperatura de circuito abierto [V/°C]	-0.127
Coefficiente de temperatura de corriente de cortocircuito [A/°C]	1.67

- Nota 1: Condiciones estándar: masa del aire; radiación = 1000 W/m²; temperatura del panel = 25°C.
- Nota 2: Los valores de la tabla son nominales.

- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS**

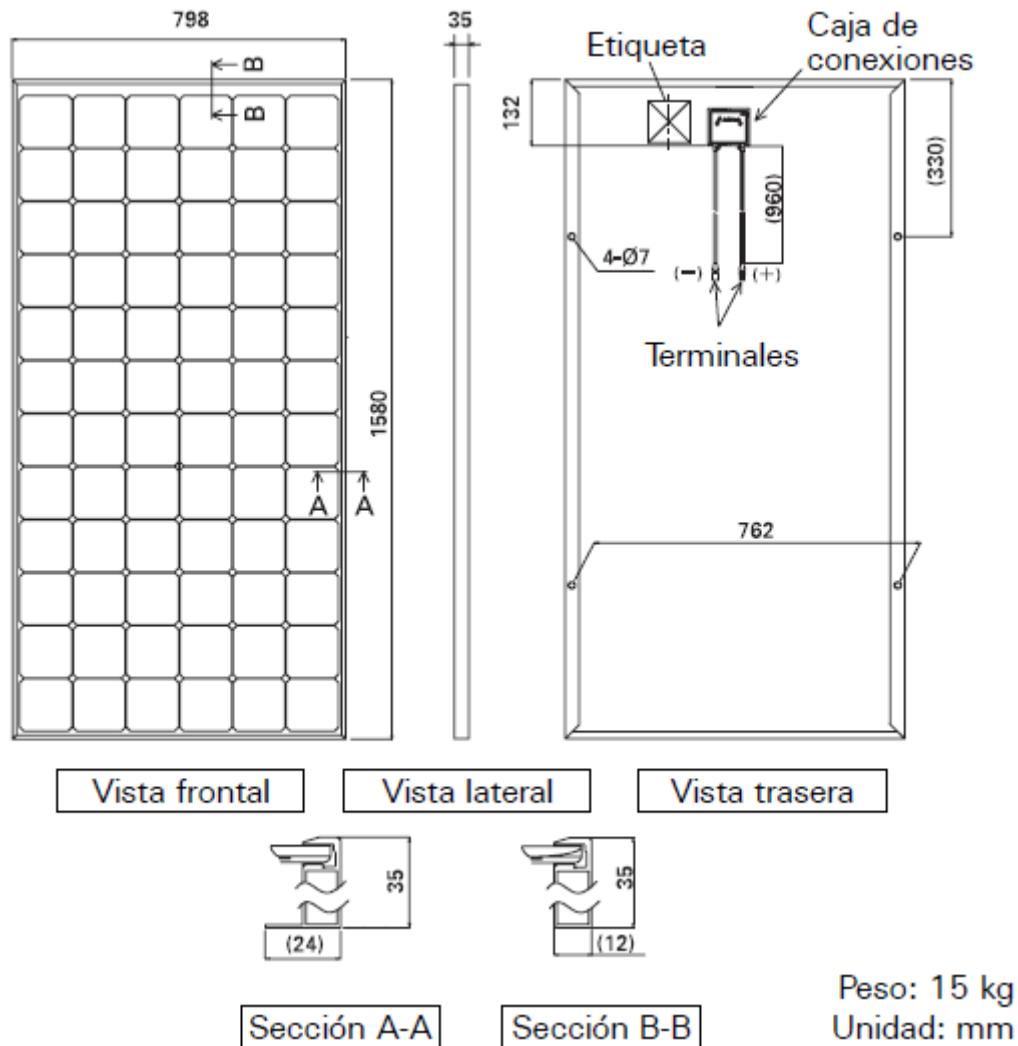


Figura 2.7: Dimensiones del panel.

Células por panel	72
Dimensión de la célula	125x125mm
Tipo de conexión	Conector MC3, cable cada uno 960 mm (+ / -)
Marco de montaje	Aluminio anodizado
Peso	15Kg
Carga máxima	2400N/m ²
Normas	IEC 61730, IEC 61215, marca CE, clase de protección 2, TÜVdotCOM-ID: 0000022408

- DEPENDENCIA CON LA RADIACIÓN SOLAR

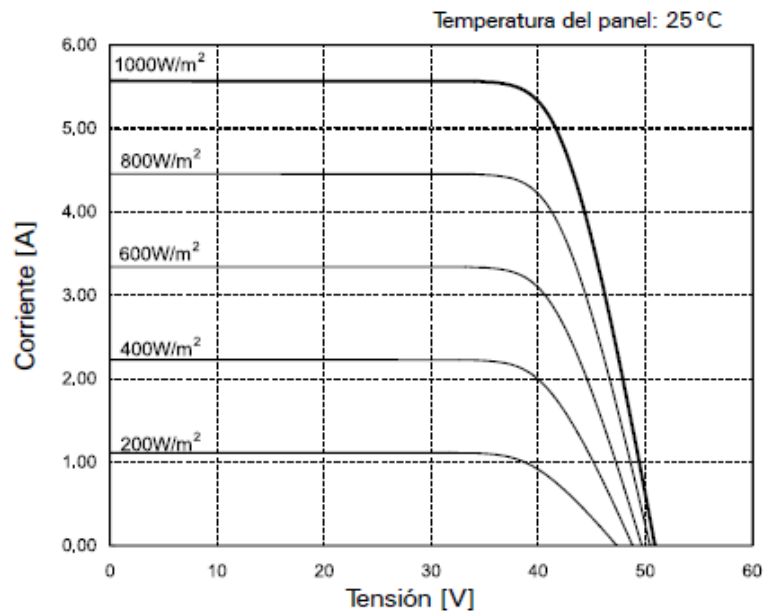


Figura 2.8: Característica I-V, dependencia de la irradiación solar

- DEPENDENCIA CON LA TEMPERATURA

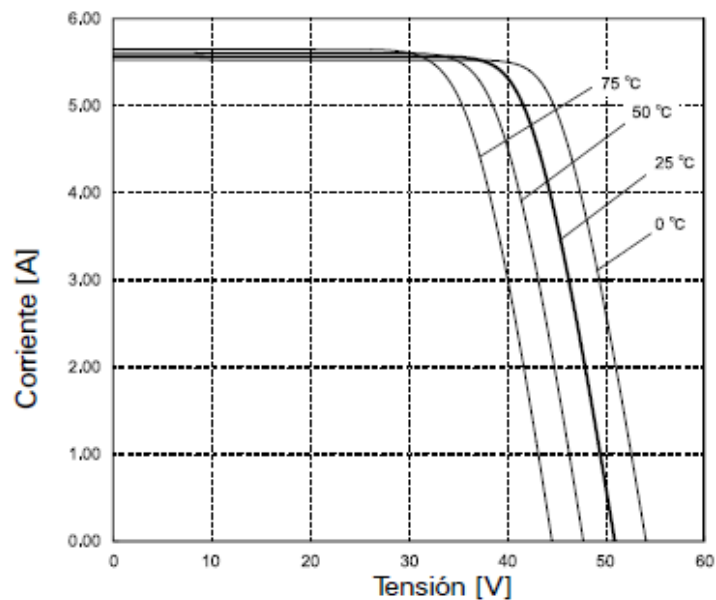


Figura 2.9: Característica I-V, dependencia de la temperatura.

2.2) Seguidor solar

2.2.1) Descripción

Un **seguidor solar** es un dispositivo mecánico capaz de orientar los paneles solares de forma que éstos permanezcan aproximadamente perpendiculares a los rayos solares, siguiendo al sol desde el este en la alborada hasta el oeste en la puesta. Los seguidores solares son usados en todas las tecnologías de seguimiento solar: FPV, CPV y CSP.

Existen de varios tipos:

- **En dos ejes (2x):** La superficie se mantiene siempre perpendicular al sol. Existen de dos tipos:
 - **Monoposte:** un único apoyo central.
 - **Carousel:** varios apoyos distribuidos a lo largo de una superficie circular.
- **En un eje polar (1xp):** La superficie gira sobre un eje orientado al sur e inclinado un ángulo igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol. La velocidad de giro es de 15° por hora, como la del reloj.
- **En un eje azimutal (1xa):** La superficie gira sobre un eje vertical, el ángulo de la superficie es constante e igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano local que contiene al Sol. La velocidad de giro es variable a lo largo del día.
- **En un eje horizontal (1xh):** La superficie gira en un eje horizontal y orientado en dirección norte-sur. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol.

2.2.2) Rentabilidad del seguimiento solar

El coste y la energía generada dependen del tipo de seguidor.

De forma general, se suele admitir que el seguimiento azimutal recoge de un 10% a un 20% más que las estructuras fijas.

Los seguidores azimutales pueden llegar hasta el 25%.

Entre los distintos seguidores a dos ejes existen variaciones de entre el 30% y el 45% de incremento de producción frente a las instalaciones fijas, así como variaciones importantes en el coste de los equipos y de las cimentaciones.

Asimismo, se suele admitir que el seguimiento acimutal colecta un 7% menos de irradiación solar que el seguimiento de dos ejes, y un 4% menos que el seguimiento solar. No obstante, al tener un solo eje de giro y que este sea vertical hacen que la mecánica de los seguidores azimutales sea particularmente sencilla y robusta. Para muchos, esta ventaja compensa la menor obtención de irradiación, por lo que son los más utilizados en la práctica.

Si tenemos en cuenta que el coste de instalar este tipo de seguidores puede suponer un incremento del 20% del valor del proyecto, que supondría un incremento en los ingresos del 40%, y un coste en mantenimiento prácticamente nulo, parece innegable que instalar seguidores solares resulta rentable, por lo menos en países con gran radiación solar, como España.

En el caso de este proyecto nos decantamos por los seguidores a dos ejes, ya que la instalación tiene una vida útil de bastantes años y a la larga nos aportaría mayores ingresos, siendo mucho más rentable.

2.2.3) Comparativa entre diferentes modelos

Debido al escaso tiempo de desarrollo, todavía no hay una cultura de comparativa potente entre los compradores y muchos de los datos relativos a la producción y los costes asociados son desconocidos, así como los posibles fallos. Apenas hay fabricantes internacionales en el mercado español, debido principalmente a que en Alemania se potenció la instalación integrada sobre edificios, y en su menor rentabilidad técnica en aquellas latitudes.

La durabilidad del seguidor a largo plazo es fundamental, en una instalación que puede durar 25 años o más. Existen sistemas mecánicos capaces de soportar esos periodos de duración con un correcto mantenimiento.

Uno de los puntos críticos de diseño es el aguante del seguidor ante vientos. La mayoría de los seguidores a dos ejes, al detectar vientos que comienzan a ser elevados alrededor de 50km/h, se colocan en “posición de bandera” (horizontales y paralelos al suelo), para reducir la fuerza del viento. Pero se siguen diseñando para velocidades mayores ya que el motor o la detección del viento pueden fallar.

2.2.3.1) Criterios para la elección del modelo del Seguidor Solar.

Para ello se han tenido en cuenta las principales características de los seguidores del mercado español, estudiándose las siguientes variables:

- **Control de seguimiento:** astronómico (programado) / analógico (sensor “punto caliente”). PLC o chip. Comunicación y control. Un seguimiento solar por sensores nos conducirá a tener que adquirir estos sensores al fabricante en todo momento ya que es algo específico que no se puede adquirir alternativamente. Además, conduce a un mayor consumo en los motores de posicionamiento ya que requiere estar buscando el punto óptimo de seguimiento por medio del movimiento. También está sujeto a posibles averías de los mismos.
- **Posibilidad de re-programación** para evitar sombras y añadir funcionalidades futuras.
- **Capacidad de parrilla:** una buena capacidad de parrilla, hará que sea necesario la instalación de un menor número de seguidores, por tanto se ahorrará en mantenimiento, en cableado, zanjás, tubos, etc.
- **Estructura:** esquema de transmisión de esfuerzos y robustez. Puntos de concentración de esfuerzos.
- **Control de viento** para posición de bandera.
- **Tipo de accionamiento:** eléctrico/hidráulico. El eléctrico ofrece mayores ventajas ya que su mantenimiento es mucho menor frente al hidráulico.
- **Rapidez de montaje.**
- **Modularidad de las piezas.** Proporciona facilidad de transporte y montaje.

2.2.3.2) Seguidores estudiados para el proyecto.

Los seguidores estudiados son los siguientes:

- Cabanillas Ingenieros “Titan Tracker”.
- Solener (seguimiento de “punto caliente”).
- Soltec.
- Ades.
- Feina.
- Meca solar.
- Pairan Elektronik.
- Deger.

Otros seguidores han sido descartados por no ofrecer seguridad en cuanto a la durabilidad en el tiempo o por no ofertar sus seguidores abiertamente.

	Titan Tracker	Solener	Soltec	Ades
Control seguimiento	PLC	Punto caliente	RS485 a SCADA	PLC
Reprogramable	No	No	No	No
Estructura	Alta rigidez	Monoposte	Rígida	No ofrece buena rigidez
Posición bandera ajustable	Sí	Sí	Sí	No
Tipo de accionamiento	Eléctrico	Hidráulico	Eléctrico	Hidráulico
Capacidad de parrilla	Muy alta	2-10kW	39 módulos	Muy alta
Rapidez de montaje	Sí	No	No	Sí
Modularidad de las piezas	Sí	No	Sí	No

	Feina	Mecasolar	P. Elektronik	Deger
Control seguimiento	RS485	PLC	RS485	Índice de claridad
Reprogramable	No	No	Sí	No
Estructura	Monoposte	Robusta	No ofrece alta rigidez	No ofrece alta rigidez
Posición bandera ajustable	Sí	Sí	Sí	Sí
Tipo de accionamiento	Eléctrico	Eléctrico	Eléctrico	Hidráulico
Capacidad de parrilla	70 m ²	56 módulos	85 m ²	60 m ²
Rapidez de montaje	No	Sí	No	No
Modularidad de las piezas	Sí	No	No	No

2.2.4) Elección del seguidor

A la vista de la comparativa anterior, se ha decidido que para nuestra planta solar fotovoltaica el seguidor más idóneo y que cumple mejor con nuestros requisitos es el modelo **TITAN TRACKER 125-120 ATR**. A continuación mostramos, más detalladamente, el motivo de esta decisión.

2.2.4.1) Generalidades

TITAN TRACKER es una empresa de base tecnológica especializada en el diseño y la fabricación de seguidores solares de doble eje. Rompe con la tendencia generalizada basada en sistemas monoposte y aporta, respecto a estos, ventajas objetivas fundamentales en todo el ciclo de vida de la instalación, las cuales, algunas se comentan a continuación:

- Alta capacidad, 211 m² panelables.
- Más rigidez, 5 apoyos, viento de hasta 125 km/h en cualquier posición.
- Mayor producción, cenital completo con arranque desde 10 grados.
- Cimentación reducida, ahorro de material.
- Fiabilidad, estructura 3D atornillada y galvanizada.
- Independencia entre accionamiento y estructura.
- Instalación rápida y sencilla, módulos sin atornillado (FV plana).
- Mantenimiento mínimo.

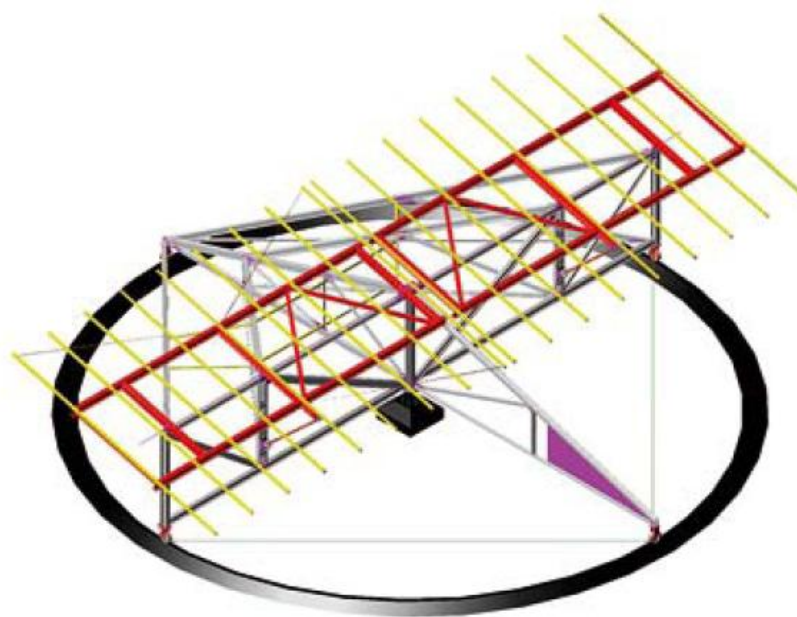


Figura 2.10: Seguidor solar TITAN TRACKER 125-120 ATR.

2.2.4.2) Análisis comparativo

CARACTERÍSTICAS	TITAN TRACKER	Un solo apoyo (monopostes)
APOYOS	5	1
ANGULO CENTAL MIN.	10°	≈ 30°/35°
SEGUIMIENTO 2 EJES	COMPLETO	PARCIAL
HIDRAULICA	NO	SI
INDEPENDENCIA estructura accionamiento	SI	NO
CIMENTACION (hormigón)	60 litros/m ² PV	≈ 95 litros/m ² PV
CIMENTACION (acero)	1 Kg/m ² PV	≈ 5,5 Kg/m ² PV
VIENTO MAXIMO cualquier posición	125 Km/h	Consultar
MONTAJE PANELES	SIN TORNILLOS	ATORNILLADO
ESTRUCTURA	ATORNILLADA	SOLDADA
DEFORMACIONES	-l ²	-l ³
PRECISION para CPV	> 0,01 °	< 0,1°
MOVIMIENTO para CPV	CONTINUO	DISCONTINUO

Nuevo y exclusivo diseño basado en cinco apoyos, uno central fijo y cuatro rodantes con dos tableros simétricos de 109,5 m². La localización de los accionamientos aporta ventajas muy relevantes materializables en CPV.

La estructura está constituida por una celosía espacial (3D) y **está calculada para vientos desequilibrados de hasta 125 km/h con el tablero en cualquier posición**. El viento se considera en los cálculos como una carga estática y se aplica con los coeficientes eólicos y desequilibrios establecidos por la normativa española NBE-EA-95.

Los proyectos de cálculo estructural del seguidor solar TITAN TRACKER son regularmente visados por el Colegio Nacional de Ingenieros Industriales de ICAI.

2.2.4.3) Obra civil

La cimentación es muy reducida al no trabajar con momentos flectores (presentes en sistemas monoposte) por lo que se tienen importantes ahorros de material (35% en hormigón y 85% en acero).

No se requieren encofrados y, por lo tanto, personal especializado. La pista de rodadura no requiere excavación y se ejecuta directamente sobre el terreno sin necesidad de moldes.

El seguidor dispone de un mecanismo patentado que permite ciertas irregularidades en la pista.

Para terrenos de 1,5 Kg/cm² tendremos en el siguiente consumo de materiales:

	Hormigón	Acero
<i>Pista</i>	<i>9'60 m³</i>	<i>147 kg</i>
<i>Zapata</i>	<i>3'90 m³</i>	<i>50 kg</i>
<i>Total</i>	<i>13'50 m³</i>	<i>197 kg</i>

2.2.4.4) Fabricación

El seguidor está concebido para ser fabricado, en su mayor parte por máquinas de control numérico. Por este motivo, se tiene una gran capacidad de producción y se reducen las posibilidades de fallo en la fabricación, aportando gran precisión, acabado y trazabilidad.

La estructura se compone de perfiles conformados en frío y laminados, galvanizados y atornillados según UNE ISO 1461 y UNE 10142. Se minimizan los problemas típicos de la soldadura como la corrosión prematura, tensiones residuales y necesidad de personal especializado.

Todos los componentes han sido diseñados y probados de acuerdo con los estándares de calidad internacionales más exigentes. TITAN TRACKER siempre fabrica bajo ISO 9000.

2.2.4.5) Instalación

El seguidor puede servirse pre-montado (cartelas de unión atornilladas de fábrica) lo cual facilita el transporte y reduce los tiempos de montaje. La instalación de la estructura y módulos no requiere personal especializado ni medios especiales (grandes grúas)

El montaje de paneles en TITAN TRACKER dado su exclusivo sistema que no precisa tornillos es muy económico, fácil, rápido y seguro, no necesitando de medios especiales.

Cada seguidor solar requiere entre 1200 y 1300 metros cuadrados de terreno teniendo en cuenta un criterio de ángulo con sombras a 11,5° (Este-Oeste) y 16,5° (Norte-Sur) para un seguimiento a dos ejes óptimo. Así se requieren entre 4 y 4,5 Ha para completar 1 MW, dependiendo de las características del módulo seleccionado.

2.2.4.6) Operación

El diseño de TITAN TRACKER permite un seguimiento completo a dos ejes, es decir, desde 10° (modelo para fotovoltaica plana) y 1° (modelo para fotovoltaica de concentración) en elevación. De esta forma, se puede aprovechar al máximo la radiación directa con bajos ángulos de incidencia (atardecer; amanecer, invierno) con **rendimientos hasta del 45% superiores con respecto a las instalaciones fijas en 40° de latitud (España)**

El accionamiento es todo eléctrico sin elementos hidráulicos, únicamente por medio de moto-reductores eléctricos, utilizando como elemento de transmisión, un sistema de piñón corona en azimut y piñón corona con husillo en elevación. De esta manera, se evitan problemas típicos de los elementos hidráulicos como pérdida de presión, pérdidas de aceite, sustitución de componentes, mantenimiento continuo, manguitos y el efecto negativo de las bajas temperaturas.

TITAN TRACKER ha desarrollado un software de seguimiento específico, que permite el fácil acceso y la modificación de los principales parámetros, como el ángulo máximo de error permitido, entre otros.

2.2.4.7) Mantenimiento

TITAN TRACKER ha sido diseñado para reducir las operaciones de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo. Todos los componentes son estándar, y por lo tanto, de bajo coste y fácilmente disponibles en el mercado local. Además, todos los componentes son fácilmente accesibles y se pueden sustituir con herramientas estándar sin personal especializado. Los moto-reductores se pueden sustituir en menos de 5 minutos.

2.2.4.8) Características técnicas

- **ASPECTOS GENERALES**

Modelo	TITAN TRACKER 125-120 ATR
Seguimiento	Dos ejes con inicio cenital < 10°
Potencia máx.	Variable con el rendimiento del módulo empleado
Capacidad nominal	120 m2 (con viento de 125 km/h)
Capacidad máxima	124 m2
Altura del eje a pista	3.500 mm.
Altura máxima a pista	Ajustable hasta 6.000 mm.
Diámetro de giro	15.520 mm.
Diámetro de giro máx.	19.020 mm.
Tensión de funcionamiento	I/III, 50/60 Hz

- ESTRUCTURA**

Material	Acero S275JR / S250GDZ275 / tubo DIN 2458 Grado ST37
Protección	Galvanizado en caliente
Uniones	Tornillería galvanizada
Estándar	NBE-EA-95
Marcado CE	Sí
Viento último considerado (*)	125 km/h en cualquier posición
Viento pos. seguridad	Ajustable
Cimentación (hormigón)	6,5 m3 sin encofrado
Cimentación (acero)	150 Kg
Desnivel max pista	+/- 20 mm.
Peso (sin módulos)	4.230 Kg
Instalación	Instalable por el cliente. Se puede servir pre-montado
Garantías	10 años (estructura)

- ACCIONAMIENTO**

Tipo	Moto-reductores eléctricos
Transmisión (azimut)	Piñón-corona
Transmisión (elevación)	Piñón-corona con husillo
Potencia	2 x 120 W + 1 x 180 W
Precisión	Ajustable
Rango azimut	360° (desde -180° a +180°)
Rango elevación	75° (desde 10° a +85°)
Garantía	3 años

- SISTEMA DE CONTROL**

Tipo	Controlador PLC (uno por emplazamiento)
Estrategia	Lazo abierto, según algoritmo
Calibración	Ajustable
Comunicaciones	RS 485
Posición nocturna	Ajustable
Cuadro eléctrico	Totalmente cableado. Incluye protecciones. IP65
Instalación	Instalable por el cliente. Se sirve pre-montado

(*) El viento se considera en los cálculos como una carga estática y se aplica con los coeficientes eólicos y desequilibrios establecidos por la normativa española NBE-EA-95. Se calcula bajo esa acción del viento para soportarlo incluso en posiciones de trabajo.

2.3) Cuadro de interconexión

Cada seguidor solar viene con su cuadro de interconexión de serie, del cual se sirve la alimentación de los motores para su movimiento de inclinación y azimut.

Estos cuadros de interconexión llevan incorporados dos diodos de derivación, que evitan la posibilidad de avería de las células y su circuito, por sombreados parciales de uno o varios módulos dentro del conjunto.

Además se incorpora una serie de protecciones como el interruptor magnetotérmico general, de un interruptor diferencial general de continua, de un fusible para cada uno de los positivos de cada rama de 10 A y de un limitador de sobretensiones.

Cada uno de los huertos solares dispondrá de 4 cuadros de conexión. Cada cuadro de conexión le corresponderá un seguidor solar.

2.4) Inversor

2.4.1) Descripción general

La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador.

Un inversor simple consta de un oscilador que controla a un transistor, el cual se utiliza para interrumpir la corriente entrante y generar una onda cuadrada. Esta onda cuadrada alimenta a un transformador que suaviza su forma, haciéndola parecer un poco más una onda senoidal y produciendo el voltaje de salida necesario. Las formas de onda de salida del voltaje de un inversor ideal deberían ser sinusoidales. Una buena técnica para lograr esto es utilizar la técnica de **PWM** logrando que la componente principal senoidal sea mucho más grande que las armónicas superiores.

Los inversores más modernos han comenzado a utilizar formas más avanzadas de transistores o dispositivos similares, como los tiristores, los triac's o los IGBT's.

Para las potencias que vamos a usar, la normativa obliga a utilizar inversores trifásicos.

Puesto que la salida de los inversores está conectada a la red eléctrica, el sincronismo con esta es un aspecto fundamental en el funcionamiento del inversor. El control principal lo trata de forma prioritaria, realizando un seguimiento muy sensible a cualquier cambio en la red. Ello permite introducir las correcciones necesarias cada 10 milisegundos. El control de la red se realiza mediante un circuito analógico, que permite ajustes del sistema, mediciones de tensión, corriente y factor de potencia.

2.4.2) Seguimiento del punto de máxima potencia.

Con el fin de suministrar el máximo de potencia inyectada a la red de distribución de la compañía, el inversor debe hacer que el generador fotovoltaico trabaje en el punto de máxima potencia. El punto de máxima potencia esta variando constantemente a lo largo del día y de los días dependiendo de las condiciones climatológicas. El inversor consigue que el generador funcione en el punto de máxima potencia porque lleva incorporado un seguidor de máxima potencia o MPPT. Este dispositivo consiste básicamente en un convertidor DC-DC que se conecta delante del propio inversor y ajusta la tensión de entrada del inversor a la tensión del punto de máxima potencia del generador.

La potencia DC que el inversor puede obtener de un generador fotovoltaico depende del punto de trabajo en la curva I-V. La potencia máxima depende de las condiciones ambientales, irradiancia y temperatura. El inversor debería operar idealmente en todo momento en el punto de máxima potencia del generador fotovoltaico. Debido a que es necesario un algoritmo de búsqueda del punto de máxima potencia, se puede definir un rendimiento de seguimiento del punto de máxima potencia como el cociente entre la energía DC obtenida realmente y la energía DC que se obtendría en un seguimiento ideal. De forma matemática, podemos expresarlo como sigue:

$$PMP = \frac{\int_0^t P_{REAL} \cdot dt}{\int_0^t P_{MAX} \cdot dt}$$

Donde P_{real} es la potencia en un instante determinado y P_m es la potencia máxima del generador fotovoltaico para unas determinadas condiciones de irradiancia y temperatura de operación. Hay un único punto en una curva I-V, el punto de máxima potencia, PMP, en el que el generador produce la máxima potencia.

Para que el inversor opere en el PMP es necesario un algoritmo en el que se controla la tensión de operación del generador FV. Existen diferentes algoritmos, pero los más usados en inversores de conexión a red son el de **perturbación y observación** y el de **conductancia incremental**.

Resumidamente, pues no es objeto de este proyecto el estudio de los diferentes métodos y algoritmos para la obtención del PMP, en el método de la perturbación y observación se modifica la tensión de operación, ΔV , y se mide el incremento de potencia, ΔP . En caso de un incremento positivo se continúa con el sentido de incremento de tensión y viceversa. El método de conductancia incremental consiste en la medida del valor de $\Delta P/\Delta V$. Si esta deriva es positiva, entonces es necesario incrementar el valor de la tensión, Si la deriva es negativa, se disminuye el valor de la tensión. Estos algoritmos, tienen algunas dificultades que pueden hacer que el rendimiento de seguimiento disminuya en determinadas condiciones. A muy bajos niveles de irradiancia la curva de potencia se hace muy plana y hace más difícil discernir la localización del PMP.

2.4.2) Protecciones

Los inversores de conexión a red disponen de unas protecciones adecuadas al trabajo que deben realizar, contando en consecuencia con un nivel elevado de seguridad. Aparte de la normativa genérica de protección contra daños a las personas y compatibilidad electromagnética, que deben de llevar todos los dispositivos eléctricos fabricados y/o comercializados en Europa según normativa de mercado CE, estos equipos suelen incorporar como mínimo las siguientes protecciones:

- **Fallo en la red eléctrica:** En el caso de que se interrumpa el suministro en la red eléctrica, el inversor se encuentra en situación de circuito abierto, en este caso el inversor se desconecta por completo y espera que se restablezca la tensión en la red para iniciar de nuevo su funcionamiento.
- **Tensión fuera de rango:** Si la tensión de red se encuentra fuera del rango de trabajo aceptable, tanto si es superior como si es inferior, el inversor interrumpe su funcionamiento hasta que dicha tensión vuelva a encontrarse dentro del rango admisible.
- **Frecuencia fuera de límites:** Si la frecuencia de la red está fuera de los límites de trabajo el inversor se para inmediatamente pues esto indicaría que la red es inestable o está en modo isla.
- **Temperatura elevada:** El inversor dispone de un sistema de refrigeración por convección. Está calculado para un rango de temperaturas similar al que puede haber en el interior de una vivienda.
- **Tensión del generador fotovoltaico baja:** En este caso, el inversor no puede funcionar. Es la situación en la que se encuentra durante la noche, en días muy nublados o si se desconecta el generador solar. El led de paneles estará fijo apagado.
- **Intensidad de generador fotovoltaico insuficiente:** Los generadores fotovoltaicos alcanzan el nivel de tensión de trabajo a partir de un valor de radiación solar muy bajo (de 2 a 8mW/cm²). Cuando el inversor detecta que se dispone de tensión suficiente para iniciar el funcionamiento, el sistema se pone en marcha solicitando potencia del generador fotovoltaico. Si el generador no dispone de suficiente potencia debido a que la radiación solar es muy baja, el valor de intensidad mínima de funcionamiento no se verifica, lo que genera una orden de parada del equipo. Y posteriormente se inicia un nuevo intento de conexión. El intervalo entre intentos es aproximadamente de 3 minutos.

2.4.3) Elección

Para nuestra planta solar fotovoltaica, hemos decidido escoger el inversor **FreeSun FS0080** de la compañía **Power Electronics**. A continuación hablaremos de las características específicas de este inversor, para justificar su elección.

2.4.3.1) Generalidades

La serie **FREESUN** ofrece prestaciones excepcionales, como altos rendimientos, monitorización de los Strings, un display con pantalla táctil, el montaje en intemperie, monitorización Freesun Data Center, envío de mensajes por e-mail... además de una garantía de 5 años, ampliable hasta 20. Cualquiera de sus modelos desde 10kW hasta 1MW le garantiza el máximo rendimiento posible, haciendo que la rentabilidad se maximice a su vez.

2.4.3.2) Diseño y prestaciones

- Construcción y diseño:** El exclusivo y optimizado diseño mecánico, con radiadores de alto rendimiento y control constante de la temperatura, ha sido desarrollado en nuestro laboratorio, que incluye cámara climática, lo que nos ha permitido alcanzar temperaturas de -20°C hasta 50°C sin necesidad de derating. El más avanzado control del Punto de Máxima Potencia gracias a nuestro algoritmo **PMTA** (Power Multiple Trucking Alorythim), junto con el diseño de la potencia y del transformador nos permite alcanzar los rendimientos europeos más altos.
- Montaje en intemperie:** Los inversores solares tienen una carcasa apta para instalarse a la intemperie, por lo que pueden ser ubicados en el lugar más apropiado de la instalación. Así, se logra disminuir las distancias de cableado y las pérdidas en el mismo
- Diagrama funcional:**

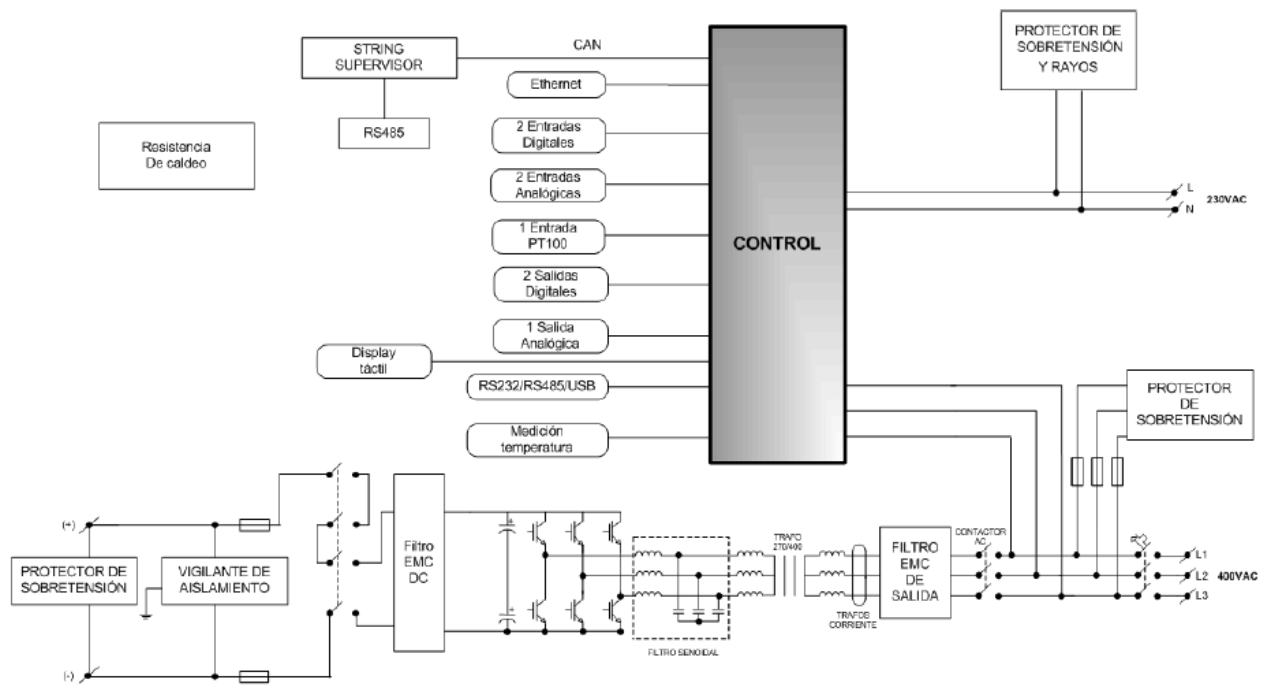


Figura 2.11: Diagrama funcional del inversor.

- **Display gráfico con pantalla táctil:** El concepto Easy to drive de Power Electronics se refleja en su fácil manejo y puesta en marcha, mediante un display gráfico táctil de 3.5 pulgadas podrá obtener toda la información de su instalación de forma ágil e intuitiva, almacenando los datos de producción.
La navegación a través de los menús de configuración y programación es muy intuitiva, facilitando al usuario su manejo y puesta en marcha. Un registro del estado de fallos estará accesible al usuario para comprobar la información contenida.
- **String Supervisor:** Considerando que un elevado número de paneles fotovoltaicos se conectan en serio y paralelo en las instalaciones fotovoltaicas, puede resultar difícil detectar fallos en cada una de las series. Con el sistema String Supervisor se solventa este problema, ya que es capaz de monitorizar gran número de series. Cada rama está protegida con un correspondiente fusible DC. En el momento que en una de las series se detecte una deficiente, es posible conocer cuál es, y conocer inmediatamente la causa del fallo.

2.4.3.3) Características técnicas

- **LADO DE ENTRADA (DC)**

Rango de tensiones	450-820 Vdc
Tensión máxima permitida	900/1000Vdc
Corriente máxima permitida	206A _{dc}
Potencia máxima	96kW _p
Número de conexiones	4 por polo
Sección cable recomendada	95

- **LADO DE SALIDA (AC)**

Tensión de red ($\pm 10\%$)	400V _{ac}
Corriente nominal	116A _{ac}
Potencia nominal	80kW
Rango de frecuencia de red	50-60Hz
Rizado de tensión, Tensión PV	<3%
Distorsión armónica de red en corriente	<3% a potencia nominal
Factor de potencia ($\cos\phi$)	≥ 0.99 a potencia nominal

- EFICIENCIAS Y CONSUMOS

Eficiencia máxima Pac nominal	97.1%
Rendimiento europeo	96.5%
Consumo en StandBy	<40W

- CONDICIONES AMBIENTALES

Grado de protección según EN 60529	IP54 (Outdoor) IP21 (Indoor)
Temperatura ambiente admisible	-20 a 50°C
Humedad relativa, sin condensación	10 a 95%
Altitud máxima (sobre el nivel del mar)	1000m
Flujo de aire	Entrada por laterales y trasera – Salida superior (Outdoor) Entrada parte trasera inferior – Salida parte superior (Indoor)
Dimensiones [WxHxD]	1440x1700x1040mm
Peso	1125Kg

- INTERFAZ DE CONTROL

Comunicación	Modbus, CAN, Ethernet, GSM/GPRS
Entradas digitales	2 entradas programables aisladas galvánicamente
Entradas analógicas	2 entradas programables y diferenciales Señal de corriente: 0-20mA Señal de tensión: Escala configurable (± 10 mV a ± 10 V)
Entrada PT100	1 entrada
Interfaz para monitorización de String	CANopen/Modbus
Interfaz para PC o PLC	RS232/RS485/USB/Ethernet Protocolo Modbus, Modbus TCP
Salidas digitales	2 Relés aislados eléctricamente conmutados programables
Salidas analógicas	1 salida, aislada galvánicamente

2.5) Producción estimada

Haremos la estimación utilizando un software online de la web de la Unión Europea, llamado **PVGIS** (Photovoltaic Geographical Information System). Dicho software tiene una base de datos con los datos de las irradiaciones en toda Europa. También nos hace una estimación de las pérdidas por sombras y por la temperatura ambiente de la zona, además de proporcionarnos alguna información adicional del emplazamiento, como su altura sobre el nivel del mar. Los datos de nuestro emplazamiento son los siguientes:

Emplazamiento	San Roque (Cádiz)
Localización	Latitud: 36°11'31.68"N Longitud: 5°23'2.54"O
Elevación	7 metros sobre el nivel del mar
Tipo de célula	Silicio cristalino
Inclinación de los módulos	Óptima
Orientación de los módulos	Óptima
Pérdidas por temperatura	12% (usando temperatura ambiente)
Pérdidas debido a efectos angulares de reflectancia	2.7%
Otras pérdidas (Cables, inversor...)	5% (estimada)
Pérdidas totales	19.7%

A continuación haremos una comparativa entre usar un sistema de seguimiento a dos ejes o un sistema con ángulo óptimo fijo. En función de los resultados decidiremos si usar los seguidores o no. Para el cálculo de las de las retribuciones económicas, más adelante se profundizará más en él, pero podemos adelantar que el precio del kWh será de **32 c€/kWh**. Se obtiene lo siguiente:

- Producción y retribuciones bajo ángulo óptimo (32°):

Sistema con inclinación bajo ángulo óptimo (32°)		
Mes	Estimación mensual de potencia (kWh)	Retribuciones económicas (€)
Enero	604000	193.280,00
Febrero	582000	186.240,00
Marzo	795000	254.400,00
Abril	780000	249.600,00
Mayo	901000	288.320,00
Junio	896000	286.720,00
Julio	910000	291.200,00
Agosto	898000	287.360,00
Septiembre	792000	253.440,00
Octubre	746000	238.720,00
Noviembre	522000	167.040,00
Diciembre	510000	163.200,00
Total del año	8.936.000,00	2.859.520,00

- Producción y retribuciones con un seguidor de dos ejes:

Sistema con seguimiento a dos ejes		
Mes	Estimación mensual de potencia (kWh)	Retribuciones económicas (€)
Enero	762000	243.840,00
Febrero	721000	230.720,00
Marzo	1030000	329.600,00
Abril	1030000	329.600,00
Mayo	1300000	416.000,00
Junio	1350000	432.000,00
Julio	1330000	425.600,00
Agosto	1260000	403.200,00
Septiembre	1040000	332.800,00
Octubre	947000	303.040,00
Noviembre	641000	205.120,00
Diciembre	630000	201.600,00
Total del año	12.041.000,00	3.853.120,00

Se ve que supone un aumento de beneficios de **casi 1 millón de €**. A continuación mostramos unas gráficas a modo de comparativa visual.

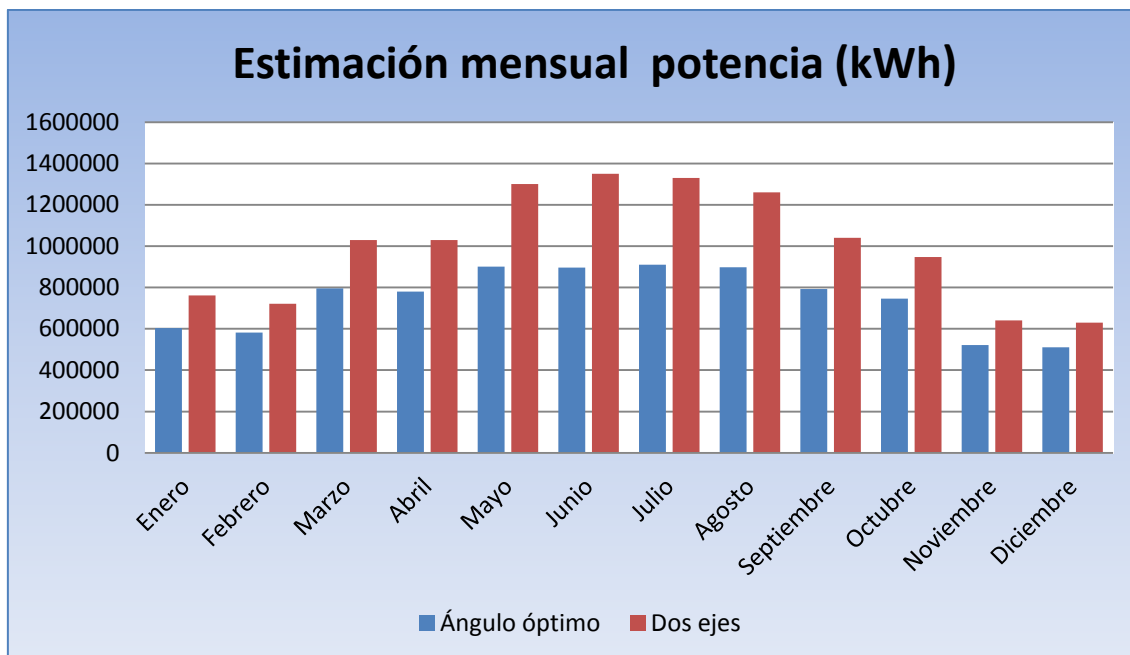


Figura 2.12: Comparativa de la estimación mensual de potencia.

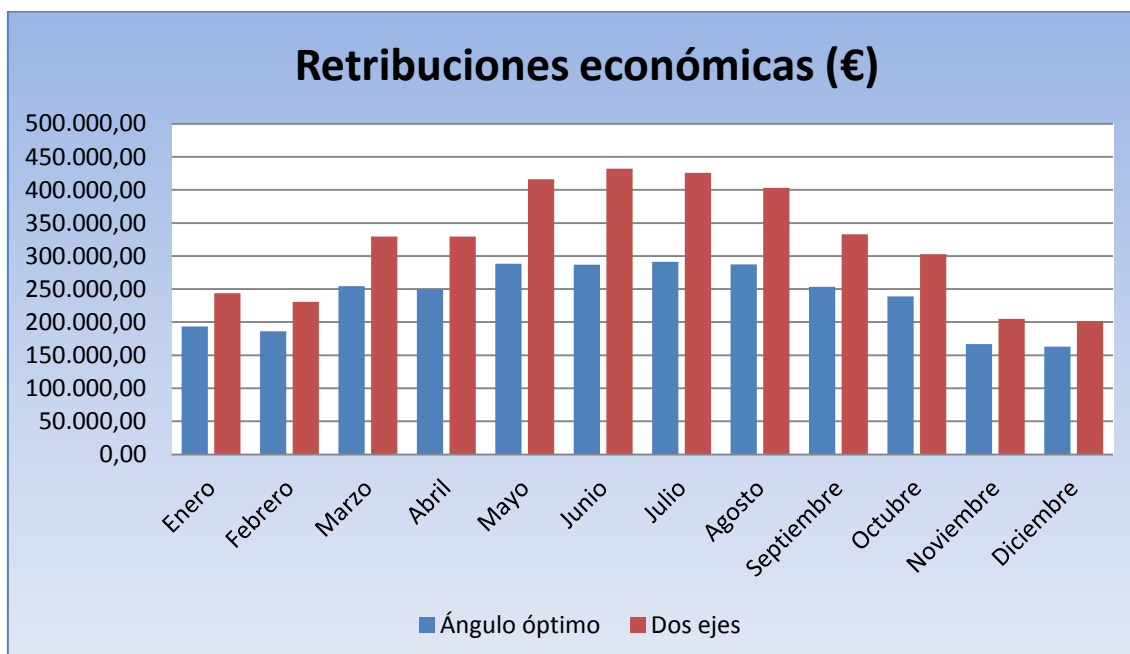


Figura 2.13: Comparativa de las retribuciones económicas.

De esta manera, queda justificada la elección de un seguidor de dos ejes.

2.6) Instalación eléctrica de Baja Tensión de C.C.

La instalación eléctrica de Baja Tensión de C.C. estará compuesta por el cableado que une los módulos fotovoltaicos con las cajas de conexión, y éstas con el inversor en cada uno de los huertos. En ambos casos el conductor que utilizaremos será:

2x10 mm², RV 0.6/1kV, Cu

La justificación de esta elección se hace en la Memoria de Cálculo.

2.6.1) Sistemas de tensiones de la planta

Como hemos mencionado, en la zona de Baja Tensión de la planta tenemos una parte de **corriente continua**, y otra de **corriente alterna**.

La parte de la instalación que funciona con corriente continua será la parte de la instalación eléctrica en la zona de paneles solares y la línea de distribución hasta la entrada del inversor. La tensión máxima de continua en esta parte de la instalación será de **610.8 V**.

La parte de la instalación de tensión alterna consiste en el propio inversor, la línea que conecta la salida del inversor con el cuadro de protección y medida, y el lado de baja tensión del transformador. El sistema de tensiones de esta zona será trifásico de **400 V** de línea.

2.6.2) Programa de necesidades

El inversor tiene una potencia nominal de **80 kW**, y ofrece un factor de potencia de prácticamente la unidad.

- ***Clasificación, según riesgo, de las dependencias de la industria (de acuerdo a la ITC-BT correspondiente), delimitando cada zona y justificando la clasificación adoptada.***

Locales mojados (ITC-BT-30), Instalación intemperie: Se utilizarán conductores doblemente aislados **RV-K 0.6/1 kV** bajo tubos o bandejas de acero galvanizado o de PVC XX7, entrando a los diferentes equipos mediante prensaestopas de diámetro adecuado al cable utilizado. En la instalación de la parte trasera de los paneles se utilizarán conductores de doble aislamiento en intemperie, siendo el sistema de instalación del tipo americano.

El resto de la instalación es de tipo interior o enterrada bajo tubo.

2.6.3) Características de la instalación

2.6.3.1) Instalación eléctrica en la zona de paneles

Los paneles estarán conectados en serie mediante cables de **10 mm²** de sección. La forma del conexionado de nuestro modulo será de 12 módulos conectados en serie, y formando 8 ramas en paralelo, haciendo un total de **96** módulos. Estas 8 ramas se conectarán en paralelo al cuadro de conexiones de intemperie, situado en el propio eje del seguidor solar, tal como se nos muestra en su ficha técnica.

Desde el cuadro de conexiones hasta el cuadro del inversor, se instalará una línea, de sección indicada en el apartado de cálculos.

Tanto en el cuadro del inversor como en el de intemperie se instalan las protecciones contra sobrecargas, cortocircuitos, contactos indirectos y sobretensiones.

2.6.3.2) Cuadro de conexiones de intemperie

Se trata de un armario de intemperie, de poliéster con doble aislamiento clase II, situado en la zona de paneles. A este cuadro se llevan todas y cada una de los circuitos bipolares de cada rama. Se instalarán dos pletinas separadas a modo de embarrado, una para la conexión de todos los positivos y otra para la conexión de todos los negativos. Antes de conectar los positivos a su embarrado, se insertarán fusibles para la protección de cada una de las ramas. En este cuadro se instalará un interruptor magnetotérmico general y un interruptor diferencial especial para corriente continua. También se instalará un supresor de sobretensiones conectado a la tierra a la cual se conectan todas las masas de los soportes de los paneles.

2.6.3.3) Cuadro del inversor

El propio inversor incorpora la protección magneto-térmica de la entrada de continua, y la protección magneto-térmica y diferencial de la salida trifásica alterna, permitiendo el seccionamiento visible en ambos extremos. Las protecciones se indican en el esquema unifilar correspondientes.

2.6.3.4) Cuadro de protección y medida

Compuesto por equipo de medida indirecta, cumpliendo la normativa de la compañía eléctrica, y protegido por fusibles aguas arriba y aguas abajo del mismo.

2.6.3.5) Protección contra sobretensiones

Entre el equipo de medida y el cuadro del inversor se instalará un limitador de sobretensiones, conectado a tierra. Mediante esta protección y la instalada en el cuadro intemperie, se protege el inversor frente a sobretensiones.

2.6.3.6) Red de tierras de las masas metálicas de los paneles fotovoltaicos

Por dentro de las bandejas se establece un conductor de protección que derivará a cada uno de los bornes de tierra de cada soporte metálico. El cable de protección se colocará al borne de tierra mediante un seccionador.

2.6.3.7) Red de tierras de la parte de alterna

La masa metálica del inversor se conectará a la tierra de protección del centro de transformación. Las puestas a tierra de las masas del generador fotovoltaico y las de protección y servicio del centro de transformación deberán de ser independientes entre sí. El cálculo de las líneas y de sus protecciones, se muestran en el apartado de cálculos.

3) Línea subterránea de Baja Tensión

Nuestra instalación estará formada por 6 sectores, diseñados para tener un centro de transformación en cada sector, como mostraremos más adelante. Cada uno de estos sectores, cuenta con 12 huertos solares. Por diseño, alguno de los sectores son equivalentes en cuanto a su simetría. Todas las redes subterráneas irán de cada inversor hasta su correspondiente Centro de Transformación.

A continuación, mostramos la longitud en metros de los conductores de baja tensión que van desde el inversor hasta el centro de transformación.

	Huerto 1	Huerto 2	Huerto 3	Huerto 4	Huerto 5	Huerto 6
Sector 1	99	83	66	66	83	99
Sector 2	99	83	66	66	83	99
Sector 3	144	160	180	39	22	6
Sector 4	160	141	124	35	17	6
Sector 5	144	160	180	39	22	6
Sector 6	90	75	82	136	118	102
TOTAL	736	702	698	381	345	318

	Huerto 7	Huerto 8	Huerto 9	Huerto 10	Huerto 11	Huerto 12
Sector 1	99	83	66	66	83	99
Sector 2	99	83	66	66	83	99
Sector 3	18	39	56	144	160	180
Sector 4	16	36	54	160	141	124
Sector 5	18	39	56	144	160	180
Sector 6	90	72	78	115	131	148
TOTAL	340	352	376	695	758	830

Dichas redes tienen una estructura de sección uniforme y cerrada sobre el mismo Centro de Transformación, de forma que ante una avería sea posible una alimentación alternativa eficaz, en un tiempo aceptablemente breve. El funcionamiento se hará en red abierta, a cuyo efecto se dispondrán las cajas de seccionamiento y distribución oportunas.

Estas líneas discurrirán por el acerado y zonas comunes de la parcela, enterradas y aisladas bajo **tubo de PVC de 160 mm de diámetro** color rojo capa interior lisa, en zanja a 0,60 metros de profundidad (desde la generatriz superior del tubo); aumentándose las misma a 0,80 m en los cruces de calzada además de proteger el tubo con un recubrimiento de hormigón de **150 kg/m³ de 15 cm de espesor**. Se deberá prever siempre al menos de un de reserva para el caso de que en el futuro se produzca alguna desviación de la realidad con lo previsto. Por cada tubo sólo discurrirá una línea BT, sin que pueda compartirse un mismo tubo con otras líneas, tanto sean eléctricas, de telecomunicaciones, u otras.

El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos de los cables, a respetar en los cambios de dirección.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrable. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes varios.

Igualmente deberán disponerse en los lugares en donde haya de existir una derivación o una acometida. A la entrada los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores.

Además este estará señalizado en todo su recorrido por una cinta de aviso, dispuesta según plano adjunto; será de 240 mm² de aluminio para fases y 150 mm² de aluminio para neutro, de aislamiento **RV 0,6/1 kV Cu**, desde el cuadro de Baja Tensión hasta su final.

Todas las Redes de Baja Tensión finalizan en la C.G.P. correspondiente.

Las arquetas serán prefabricadas de hormigón y debe cumplir lo especificado en la **Norma ONSE 01.01-16**. Se colocarán arquetas tipo **A1** o **A2** en los cruces de calzada y delante de la Caja de Seccionamiento y serán de clase de D400 según norma UNE 41301.

La disposición de las arquetas queda detallada en su correspondiente plano.

3.1) Conductores

Los conductores a utilizar en las redes subterráneas de Baja Tensión serán unipolares, según Norma GE CNL001, tipo RV, tensión nominal 0,6/1 kV, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de PVC, y tipo RZ1, de tensión nominal 0,6/1 kV, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) con cubierta de poliolefina, según Norma UNE 211603-5N1.

Las secciones de los conductores serán de **240 mm²** la terna de cables y de **150 mm²** el neutro. La selección de estas secciones está justificada en la memoria de cálculo.

En zonas húmedas, en las que el nivel freático sobrepase temporal o permanentemente el nivel del lecho de la zanja, deberán utilizarse cables especiales resistentes al agua.

3.2) Conexión del neutro

El conductor neutro se conectará a tierra al final de la línea, utilizando para ello la Caja General de Protección final pertenecientes a la red, según se indica en la **ITC-BT 07 Apartado 2.3**; y realizándose mediante conductor de cobre aislado 1x35 mm² RV 0,6/1 kV, Cu, que conectará con un electrodo de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, como mínimo de acero recubierto de cobre, con borna de igual material, dentro de la arqueta.

En todo momento debe quedar asegurada la continuidad del neutro, para lo cual se aplicará lo dispuesto a continuación.

El conductor neutro no podrá ser interrumpido, salvo que esta interrupción se realice mediante uniones amovibles en el neutro, próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas y que solo puedan ser maniobradas con herramientas adecuadas. En este caso, el neutro no debe ser seccionado sin que previamente lo estén las fases, ni deben conectarse éstas sin haber sido conectado previamente el neutro.

3.3) Cruzamientos y paralelismos

Los cables subterráneos de Baja Tensión cuando estén enterrados directamente en el terreno deberán cumplir los siguientes requisitos, que exponemos a continuación.

Cuando no se puedan respetar las distancias que se señalan para cada uno de los casos que siguen deberá aplicarse el **Decreto 120/92 de 28 de abril**.

3.3.1) Cruzamientos

Las condiciones a las que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de Baja Tensión son las siguientes:

3.3.1.1) Cruzamientos con otros conductores de energía eléctrica

La distancia mínima entre cables de Baja Tensión será de **0,10 m** y entre cables de Baja Tensión y cables de Media Tensión será de **0,25 m**. La distancia del punto de cruce a los empalmes, cuando existan, será superior a **1 m**. En el caso de que no puedan respetarse alguna de estas distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.

3.3.1.2) Cruzamientos con cables de telecomunicación

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica de Baja Tensión y los de telecomunicación será de **0,20 m**. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del de comunicación, será superior a **1 m**. En el caso de que no pueda respetarse alguna de estas distancias, el cable que se tienda en último lugar se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.

3.3.1.3) Cruzamientos con canalizaciones de agua y gas

La separación mínima entre cables de energía y canalizaciones de agua o gas será de **0,20m**. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no pueda respetarse alguna de estas distancias, se dispondrá por parte de la canalización que se tienda en último lugar, una separación mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.

3.3.2) Paralelismos

Se procurará evitar que los cables subterráneos de Baja Tensión queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

3.3.2.1) Paralelismos con otros conductores de energía eléctrica

Los cables de Baja Tensión podrán instalarse paralelamente a otros de Baja Tensión, si mantienen entre ellos una distancia no inferior a **0,10 m**; si estos otros son de Media Tensión la distancia no será inferior a **0,25 m**. Cuando no pueda respetarse alguna de estas distancias, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.

3.3.2.2) Paralelismo con cables de telecomunicación

Se deberá mantener una distancia mínima de **0,20 m** entre los cables de Baja Tensión y cables de telecomunicación. Cuando esta distancia no pueda respetarse, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separadamente mediante tubos conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.

3.3.2.3) Paralelismos con canalizaciones de agua y gas

Se deberá mantener una distancia mínima de **0,20 m**, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de **4 bar**) en que la distancia será **0,40 m**. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua o gas será de **1 m**. Cuando alguna de estas distancias no pueda respetarse, la canalización que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica. Se procurará, también, mantener una distancia de **0,20 m** en proyección horizontal.

Por otro lado, las arterias importantes de agua y gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a **1 m** respecto a los cables eléctricos de Baja Tensión.

En el caso de conducciones de agua se procurará que éstas queden por debajo del cable eléctrico.

Cuando se trate de canalizaciones de gas se tomarán, además, medidas para evitar la posible acumulación de gas, como taponar las bocas de los tubos y conductos, y asegurar la ventilación de las cámaras de registro de la canalización eléctrica o rellenarlas con arena.

3.4) Seguridad en la instalación de los cables

El objetivo en la instalación de un cable subterráneo, es que, después de su manipulación, tendido y protección, el cable no haya recibido daño alguno, y ofrezca seguridad frente a futuras excavaciones hechas por terceros. Para ello:

- El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará exento de aristas vivas, cantos, piedras, restos de escombros, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de río lavada, limpia, suelta y exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, que cubra la anchura total de la zanja con un espesor de **0,05 m**.
- El cable se tenderá sobre esta capa de arena y se cubrirá con otra capa de arena de **0,10 m** de espesor, o sea que la arena llegará hasta **0,20 m** por encima del lecho de la zanja y cubrirá su anchura total, la cual será suficiente para mantener **0,05 m** entre los cables y las paredes laterales.

- Sobre la capa anterior se colocarán placas de polietileno (PE) como protección mecánica.
- A continuación, se extenderá otra capa de tierra de **0,20 m** de espesor, exenta de piedras o cascotes, apisonada por medios manuales. Luego, se irá llenando la zanja por capas de **0,15 m**, apisonada por medios mecánicos. Por encima de ellas, y a unos **0,10 m** del pavimento se colocará una cinta de señalización que advierta la existencia de los cables eléctricos de BT.

3.5) Caja de seccionamiento

En los puntos indicados en los planos, se albergará la Caja de Seccionamiento; estará empotradas en nicho y siendo estas de un tipo normalizado por la compañía suministradora de la zona.

La Caja de Seccionamiento consta básicamente de entrada, salida de red y conexión directa con la C.G.P. del edificio y se instalará bajo la Caja General de Protección del edificio.

Sus características cumplirán las especificaciones de la **Norma ENDESA CNL003**, así como la **Especificación Técnica de ENDESA Referencia 6700034**.

3.6) Caja General de Protección

En los puntos indicados en los planos, se albergará la Caja General de Protección; estará empotradas en nicho y siendo estas de un tipo normalizado por la compañía suministradora de la zona.

La C.G.P. estará construida en material aislante y dispondrá en su interior de tres portafusibles y una borna metálica para la conexión del neutro. La característica más importante de la caja será:

3P + N, 400 A, tipo esquema 7

Dicha caja se colocará de forma que la parte inferior de la misma quede por encima de **50cm** del suelo, cumpliendo las normas particulares de la Empresa distribuidora y la **ITC-BT-13** y dispondrán de puerta metálica normalizada según indicaciones de la Compañía Suministradora.

3.7) Empalmes, terminales y derivaciones

El montaje y confección de los conectores, manguitos de unión y terminales se realizarán de acuerdo con las instrucciones recogidas en el documento **ENDESA BDZ004**.

3.7.1) Empalmes

Para la confección de empalmes se usarán manguitos de empalme adecuados para la sección de los cables a conectar. Se utilizará la compresión por punzonado profundo.

Se aislarán mediante un recubrimiento que aporte un nivel de aislamiento como mínimo igual al del cable.

En general, la reconstrucción de aislamiento se efectuará mediante manguitos termorretráctiles. Cuando se esté en presencia de canalizaciones de gas se utilizará la tecnología de contráctil en frío.

Los manguitos cumplirán lo indicado en la **Norma ENDESA NNZ036**, así como las Especificaciones técnicas de **ENDESA Referencias 6700080 a 6700085 a 6700087, y 6700092 a 6700094**, según corresponda en su caso.

El restablecimiento del aislamiento se realizará con manguitos termo-retráctiles, que debe cumplir las **Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias 6700123 y 6700124**, según corresponda.

3.7.2) Terminales

Se utilizarán terminales de aluminio homogéneo para conexión bimetálica adecuados a la sección de los cables a conectar.

La conexión al cable se hará por punzonado profundo. Luego, se aislará mediante un recubrimiento que aporte un nivel de aislamiento como mínimo igual al del cable.

La conexión del terminal a la instalación fija se efectuará a presión por tornillería.

Cumplirán lo indicado en la **Norma ENDESA NNZ014**, así como las **Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias 6700010 a 670013**, según corresponda en cada caso.

3.7.3) Derivaciones

Las derivaciones se realizarán mediante conectores de derivación por compresión. Estos conectores cumplirán las **Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias 6702175 a 6702187**, según corresponda en cada caso.

La reconstrucción del aislamiento se realizará con recubrimiento mediante elementos prefabricados termo-retráctiles o retráctiles en frío, que cumplirán las **Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias 6700078, 670079 y 6702241**, según corresponda en cada caso.

4) Centro de Transformación

Nuestra instalación consta de 6 centros de transformación, los cuales están conectados en paralelo a través de la línea subterránea de Media Tensión, que terminará en el Centro de Entrega, para conectarlo a la línea aérea de que pasa por la finca de la red eléctrica de Sevillana-Endesa.

La disposición de los Centro de Transformación se hará en forma de anillo, es decir, mediante dos tramos separados que irán conectando los CT en paralelo, de esta manera, en caso de avería, nos aseguramos que uno de los dos tramos estará en funcionamiento, como mínimo.

El esquema que usaremos para nuestro Centro de Transformación, según se puede ver en la **sección 2.1 del capítulo IV de las normas particulares de Sevillana-Endesa**, es el siguiente:

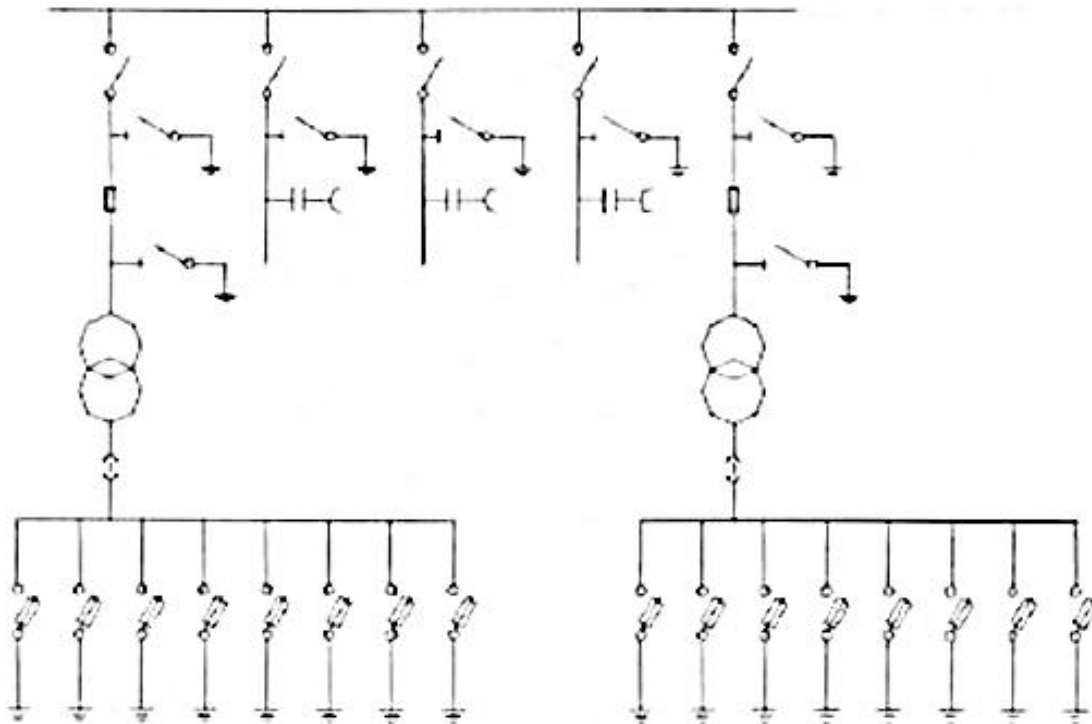


Figura 4.1: Esquema de un CT con dos entradas/salidas ampliable a una más, con dos transformadores.

4.1) Requisitos básicos

A continuación exponemos los requisitos básicos a aplicar a todos aquellos nuevos suministros en Media Tensión destinados a clientes que se conecten a las redes de distribución de Media Tensión de Endesa en Andalucía:

- Que las cargas en Media Tensión sean transformadores de Media/Baja Tensión (MT/BT).
- Que la máxima potencia unitaria del transformador sea de **1000 kVA**.
- Que la potencia instalada por el suministro no supere los **2000 kVA**.

4.2) Características generales del Centro de Transformación

Los Centros de Transformación de nuestro proyecto serán de **2000 kVA** de potencia, ya que según el **apartado 2 del capítulo VIII de las normas particulares de Sevillana Endesa**, *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. Si el punto de conexión está en un centro de transformación, la suma de las potencias conectadas a ese centro no podrá superar la mitad de la capacidad de transformación.*

Hemos diseñado los sectores con una potencia pico de **967.68 kWp**, por lo que en cada sector habrá un Centro de Transformación del doble de esa potencia, es decir, **2000 kVA** aproximadamente (considerando el factor de potencia muy cercano a la unidad, ya que este valor es regulable en el inversor).

El Centro de Transformación, por tanto constará con dos transformadores de **1000 kVA** de potencia unitaria, de acuerdo con los valores normalizados que se ofertan, y considerando que ese es el valor máximo de potencia unitaria por normativa.

Aunque no se ha dado el caso, si el suministro contemplara potencias superiores a 2000kVA, o cargas distintas a transformadores MT/BT, se deberá realizar un diseño específico de común acuerdo entre el promotor y Endesa, siendo considerado un suministro no estándar.

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica según norma **UNE-EN 60298**.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de **25 kV** y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora Endesa Distribución (Compañía Sevillana de Electricidad - C.S.E.).

4.2.1) Características Celdas CAS 36 kV

Las celdas a emplear serán de la serie CAS-36 de Merlin Gerin, un conjunto de celdas compactas equipadas con apartamento de alta tensión, bajo envolvente única metálica con aislamiento integral, para una tensión admisible hasta 36 kV, acorde a las siguientes normativas:

- UNE 20-090, 21-139.
- UNE-EN 60129, 60265-1.
- CEI 60298, 60129, 60265, 60694.
- UNESA Recomendación 6407 B.

Toda la apartamento estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre con una presión relativa de 0.3 bar (sobre la presión atmosférica), sellada de por vida y acorde a la norma CEI 62271-1 (Anexo EE)

4.2.2) Características Celdas SM 36 kV

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Merlin Gerin, celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de apartamento bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 60298.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

- a) Compartimento de aparellaje.
- b) Compartimento del juego de barras.
- c) Compartimento de conexión de cables.
- d) Compartimento de mando.
- e) Compartimento de control.

4.3) Características generales del Centro de Transformación

4.3.1) Obra Civil

4.3.1.1) Local

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

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo EHM36-5T2D con una puerta peatonal de Merlin Gerin, de dimensiones 9.600 x 3.000 y altura vista 3.130 mm., cuyas características se describen en esta memoria.

El acceso al C.T. 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 a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Cía Eléctrica.

4.3.1.2) Características del local

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón modelo EHM36 de Merlin Gerin. Las características más destacadas del prefabricado de la serie EHM36 serán:

- **FACILIDAD DE INSTALACIÓN.**

La sencilla unión entre los diferentes elementos prefabricados permitirán un montaje cómodo y rápido. Para su ubicación se realizará una excavación, en el fondo de la cual se dispondrá un lecho de arena lavada y nivelada.

- **MATERIAL.**

El material empleado en la fabricación de los prefabricados EHM36 será hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 Kg/cm² a los 28 días de su fabricación) y una perfecta impermeabilización.

- **EQUIPOTENCIALIDAD.**

La propia armadura de mallazo electrosoldado, gracias a un sistema de unión apropiado de los diferentes elementos, garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la RU 1303A, 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.

- **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. En las uniones entre paredes y entre techos se colocarán dobles juntas de neopreno para evitar la filtración de humedad. Además, los techos se sellarán posteriormente con masilla especial para hormigón garantizando así una total estanqueidad.

- **GRADOS DE PROTECCIÓN.**

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

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

- **BASES:** La solera estará formada por una o varias bases atornilladas entre sí. En las bases de la envolvente se dispondrá de los orificios para la entrada de cables de alta y baja tensión. Estos orificios serán partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.
- **PAREDES:** Serán elementos prefabricados de hormigón armado capaces de soportar los esfuerzos verticales de su propio peso, más el de los techos, y sobrecargas de éstos, simultáneamente con una presión horizontal de 100 Kg/m². Las paredes se unen entre sí mediante la tornillería que garantizará la equipotencialidad entre las diferentes placas.
- **TECHOS:** Los techos estarán formados por piezas de hormigón armado y serán diseñados para soportar sobrecargas de 100 Kg/m². La cubierta irá provista de una inclinación del 2% aproximadamente para facilitar el vertido de agua. Los techos se atornillarán entre sí y se apoyarán sobre las paredes sellándose las uniones mediante masilla de caucho garantizándose así su estanqueidad.
- **SUELOS:** Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado. 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. A continuación de los suelos, se establecerá el foso en el que se instalarán las celdas. La parte del foso que no quede cubierta por las celdas o cuadros eléctricos se tapaná con unas placas prefabricadas para tal efecto.
- **CUBA DE RECOGIDA DE ACEITE:** La cuba de recogida de aceite será de hormigón y totalmente estanca. Con una capacidad de 1.000 litros, estará diseñada para recoger en su interior todo el aceite del transformador sin que se derrame por la base. En la parte posterior irá dispuesta una bandeja cortafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava. Unos raíles metálicos situados sobre la cuba permitirán una fácil ubicación del transformador en el interior del prefabricado, que se realizará a nivel del suelo por deslizamiento.
- **MALLAS DE PROTECCIÓN DE TRANSFORMADOR:** Unas rejillas metálicas impedirán el acceso directo a la zona del transformador desde el interior del prefabricado. Opcionalmente esta malla podrá ser sustituida por un tabique separador metálico.
- **MALLA DE SEPARACIÓN INTERIOR:** Cuando haya áreas del centro de transformación con acceso restringido, se podrá instalar una malla de separación metálica con puerta y cierre por llave.

- REJILLAS DE VENTILACIÓN: Las rejillas de ventilación de los edificios prefabricados EHM-36 estarán construidas en chapa de acero galvanizado sobre la que se aplicará una película de pintura epoxy poliéster. El grado de protección para el que estarán diseñadas las rejillas será IP-33. Estas rejillas estarán diseñadas y dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación de aire, provocada por tiro natural, ventile eficazmente la sala de transformadores. Todas las rejillas de ventilación irán provistas de una tela metálica mosquitera.
- PUERTAS DE ACCESO: 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 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico. Todas las puertas del prefabricado permitirán una luz de acceso de **1.250 mm x 2.400 mm** (anchura x altura).

4.3.2) Instalación Eléctrica

4.3.2.1) Instalación Eléctrica

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de **25 kV y 50 Hz** de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de **500 MVA**, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

4.3.2.2) Características de la Aparamenta de Alta Tensión

- **CARACTERÍSTICAS GENERALES CELDAS CAS 36 kV**

- Tensión asignada: **36 kV**.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
 - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: **70 kV ef**.
 - a impulso tipo rayo: **170 kV cresta**.
- Intensidad asignada en funciones de línea: **400 A**.
- Intensidad asignada en funciones de protección: **200 A**.
- Intensidad nominal admisible 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.

El poder de corte de la aparamenta será de **400 A** eficaces en las funciones de línea y de **16 kA** en las funciones de protección (ya se consiga por fusible o por interruptor automático).

El poder de cierre de todos los interruptores será igual a la intensidad dinámica.

Todas las funciones (tanto las de línea como las de protección) incorporarán un seccionador de puesta a tierra de **40 kA** cresta de poder de cierre.

Deberá existir una señalización positiva de la posición de los interruptores y seccionadores de puesta a tierra.

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

- **CARACTERÍSTICAS GENERALES CELDAS SM6 36 kV**

- Tensión asignada: **36 kV**.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
 - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: **70 kV ef**.
 - a impulso tipo rayo: **170 kV cresta**.
- Intensidad asignada en funciones de línea: **400-630 A**.
- Intensidad asignada en interrup. Automat: **400-630 A**.
- Intensidad asignada en ruptofusibles: **200 A**.
- Intensidad nominal admisible 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: **IP3X**.

- Puesta a tierra: El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 60298, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

- Embarrado: El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

- **CELDAS**

- CELDA TRES INTERRUPTORES.

Conjunto Compacto Merlin Gerin, modelo **CAS 410** (3L), equipado con TRES funciones de línea con interruptor preparada para acoplamiento con **SM6**, de dimensiones: 2.250 mm de alto, 1.050 mm de ancho y 1.005 mm de profundidad.

Conjunto compacto CAS estanco en atmósfera de hexafluoruro de azufre SF₆, **36 kV** tensión nominal, para una intensidad nominal de 400 A y poder de corte en cortocircuito de **16 kA** eficaces en las funciones de línea, conteniendo:

El interruptor de la función de línea será un interruptor-seccionador de las siguientes características:

- Poder de corte en cortocircuito: **16 kA** eficaces.
- Poder de cierre: **40 kA** cresta.

El conjunto compacto incorporará:

- Seccionador de puesta a tierra en **SF6**.
- Dispositivos de detección de presencia de tensión incorporados en todas las funciones de línea.
- 3 lámparas de presencia de tensión (para conectar a dichos dispositivos ya incorporados).
- Pasatapas de tipo roscados de 400 A en las funciones de línea.
- Mando manual y palanca de maniobras.

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

- 3 Equipamientos de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16 400A cada uno.

- CELDA DE PASO DE BARRAS.

Celda Merlin Gerin de paso de barras modelo GEM, de la serie **SM6-36**, de dimensiones: 300 mm de anchura, 1.432 mm. de profundidad, 2.250 mm. de altura, para el acoplamiento directo por cable entre celdas CAS y SM6 por unión superior, conteniendo:

- Juego de cables AT tripolar.
- Juego de 3 bornas enchufables.
- Juego de 3 terminales.

- CELDA DE PROTECCIÓN DE INTERRUPTOR AUTOMATICO.

Celda Merlin Gerin de protección con interruptor automático gama **SM6-36**, modelo DM1D, de dimensiones: 750 mm. de anchura, 1.632 mm. de profundidad, 2.250 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares de **400 A** para conexión superior e inferior con celdas adyacentes.
- Seccionador en SF6 de **400 A**, tensión de **36 kV** y **16 kA**.
- Mando CS1 manual.
- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc SF1, tensión de **36 kV**, intensidad de **400 A** y poder de corte de **16 kA**.
- Mando RI manual.
- Unidad de control VIP 300, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador Mitop instalados en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad, montados en la toma inferior del polo.

Sus funciones serán:

- Protección contra sobrecargas, cortocircuitos y defecto homopolar (2 umbrales): 50-51/50N-51N.
- Tipo de curvas: a tiempo constante e inverso.
- Autovigilancia.
- Reset de los indicadores.
- Señalización de apertura mediante indicador mecánico.
- Temporización regulable del umbral alto.
- Conexión inferior por cable lateral.
- Preparada para salida lateral inferior por barrón a derechas.
- 3 captadores de intensidad modelo CRA para la alimentación del relé VIP 300.
- Cajón de Baja Tensión para relé.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra inferior con poder de cierre a través del interruptor automático.

- CELDA DE MEDIDA.

Celda Merlin Gerin de medida de tensión e intensidad con entrada inferior y salida superior laterales por barras gama **SM6**, modelo GBCA, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1.518 mm. de profundidad, 2.250 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolar de **400 A**, tensión de **36 kV** y **16 kA**.
- Entrada lateral inferior izquierda y salida lateral superior derecha.
- 3 Transformadores de intensidad de relación **60/5A, 10VA** CL.0.2S, Ith=80In, gama extendida 150 % y aislamiento **36 kV**.
- 3 Transformadores de tensión unipolares, de relación 27.500:V3/110:V3, 25VA, CL0.2, Ft= 1,9 y aislamiento **36 kV**.

- **CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR-FUSIBLES COMBINADOS.**

Celda Merlin Gerin de protección con interruptor y fusibles combinados gama SM6-36, modelo QM, de dimensiones: 750 mm. de anchura, 1.500 mm. de profundidad y 2.250 mm de altura, conteniendo:

- Juego de barras tripolar de **400 A**.
- Interruptor-seccionador en SF6 de **400 A**, tensión de **36 kV** y **16 kA**., equipado con bobina de apertura a emisión de tensión a **220 V 50 Hz**.
- Mando CI1 manual.
- Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625), de **36 kV**, y calibre **63 A**.
- Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles).
- Con bobina de apertura.
- Señalización mecánica fusión fusible.
- Indicadores de presencia de tensión con lámparas.
- Preparada para conexión inferior de cable unipolar seco.
- Embarrado de puesta a tierra.

- **TRANSFORMADOR:**

Como los dos transformadores de cada Centro de Transformación serán los mismos, se pondrán las características de uno de ellos y asumiremos que son las de ambos transformadores.

El transformador a usar será una máquina trifásica reductora de tensión, referencia JLJ1UN1000KZ, siendo la tensión entre fases a la entrada de **25 kV** y la tensión a la salida en vacío de **420 V** entre fases y **242V** entre fases y neutro(*).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (ONAN), marca Merlin Gerin, en baño de aceite mineral.

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

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21428, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: **1000 kVA**.
- Tensión nominal primaria: **25.000 V**.
- Regulación en el primario: **+/-2,5%, +/-5%**.
- Tensión nominal secundaria en vacío: **420 V**.
- Tensión de cortocircuito: **6 %**.
- Grupo de conexión: **Dyn 11**.
- Nivel de aislamiento:
 - Tensión de ensayo a onda de choque **1,2/50 s; 170 kV**.
 - Tensión de ensayo a **50 Hz, 1 min, 70 kV**.

(*Tensiones según:

- UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada) (HD 472:1989)
- UNE 21428 (96) (HD 428.1 S1)

- CONEXIÓN EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN:

- Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento **18/30 kV**, de 150 mm² en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

- CONEXIÓN EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN:

- Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento **0.6/1 kV**, de 4x240 mm² Al para las fases y de 2x240 mm² Al para el neutro.

- DISPOSITIVO TÉRMICO DE PROTECCIÓN.

- Termómetro para protección térmica de transformador, incorporado en el mismo, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobreintensidades, instalados.

4.3.2.3) Características material vario de Alta Tensión

- **EMBARRADO GENERAL CELDAS CAS 36 kV.**

El embarrado general de los conjuntos compactos CAS 36KV se construye con barras cilíndricas de cobre ETP duro de 16 mm de diámetro.

- **AISLADORES DE PASO CELDAS CAS 36 kV.**

Son los pasatapas para la conexión de los cables aislados de alta tensión procedentes del exterior. Cumplen la norma UNESA 5205A y serán de tipo roscado M16 para las funciones de línea y enchufables para las de protección.

- **EMBARRADO GENERAL CELDAS SM6 36 kV.**

El embarrado general de las celdas SM6 se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.

- **PIEZAS DE CONEXIÓN CELDAS SM6 36 kV.**

La conexión del embarrado se efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 5 m.da.N.

4.3.2.4) Características de la Aparamenta de Baja Tensión

Las salidas de Baja Tensión del Centro de Transformación irán protegidas con Cuadros Modulares de Distribución en Baja Tensión de Merlin Gerin y características según se definen en la Recomendación UNESA 6302B.

Dichos cuadros deberán estar homologados 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.

Transformador 1:

- Unidad funcional de protección: constituida por un sistema de protección formado por 4 bases tripolares verticales con cortacircuitos fusibles 400 A.
- 2 Base portafusible 125A.
- 1 Fusible 22 x 58 16A.
- 2 Lámpara roja de señalización neón.
- Panel puerta y resote de compresión de cierre.
- Base Enchufable 2P blanco 10A, 250V.
- Perfil simétrico liso DIN 46227.
- 1 Amperímetro.
- 1 Interruptor diferencial.
- 2 Magnetotérmicos.
- 2 Contactos auxiliares.

Transformador 2:

- Unidad funcional de protección: constituida por un sistema de protección formado por 4 bases tripolares verticales con cortacircuitos fusibles 400 A.
- 2 Base portafusible 125A.
- 1 Fusible 22 x 58 16A.
- 2 Lámpara roja de señalización neón.
- Panel puerta y resote de compresión de cierre.
- Base Enchufable 2P blanco 10A, 250V.
- Perfil simétrico liso DIN 46227.
- 1 Amperímetro.
- 1 Interruptor diferencial.
- 2 Magnetotérmicos.
- 2 Contactos auxiliares.

4.3.3) Medida de la Energía Eléctrica.

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

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento de HIMEL modelo SE-1000AT de dimensiones 540 mm de alto x 720 mm de largo y 230 mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Contador electrónico de energía eléctrica clase 0.2 con medida:
 - Activa: bidireccional
 - Reactiva: dos cuadrantes
- Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contado. Registro de curvas de carga horaria y cuartohoraria.
- Modem para comunicación remota.
- Regleta de comprobación homologada.
- Elementos de conexión.
- Equipos de protección necesarios.

4.3.4) Puesta a tierra.

4.3.4.1) Tierra de 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.

4.3.4.2) Tierra de Servicio.

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

4.3.4.3) Tierras interiores.

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

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

4.3.5) Instalaciones Secundarias.

4.3.5.1) Alumbrado

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

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

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

4.3.5.2) Protección contra Incendios

De acuerdo con la instrucción **MIERAT 14**, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B.

4.3.5.3) Ventilación

La ventilación del centro de transformación se realizará mediante las rejas de entrada y salida de aire junto con un sistema mecánico adecuado para proporcionar un caudal de ventilación al transformador que lo requiera.

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.

4.3.5.4) Medidas de Seguridad

- **SEGURIDAD EN CELDAS CAS**

Los conjuntos compactos CAS estarán provistos de enclavamientos de tipo MECÁNICO que relacionan entre sí los elementos que la componen.

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

El dispositivo de enclavamiento de la puerta de acceso con el seccionador de puesta a tierra permite garantizar la seguridad total en las intervenciones con los cables y conectores que se tengan que realizar en este compartimento.

El compartimento de fusibles, totalmente estanco, será inaccesible mediante bloqueo mecánico en la posición de interruptor cerrado, siendo posible su apertura únicamente cuando éste se sitúe en la posición de puesta a tierra y, en este caso, se pondrán a tierra ambos extremos de los fusibles.

La cuba metálica será de acero inoxidable de 2.5 mm de espesor. En la parte inferior de ésta existirá una clapeta de seguridad ubicada fuera del acceso del personal. En el caso de producirse un arco interno en la cuba, esta clapeta se desprenderá por el incremento de presión en el interior, canalizando todos los gases por la parte posterior de la celda garantizando la seguridad de las personas que se encuentren en el centro de transformación.

- **SEGURIDAD EN CELDAS SM6**

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma **UNE-EN 60298**, y que serán los siguientes:

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

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

5) Línea subterránea y aérea de Media Tensión

Podemos dividir la zona de Media Tensión en 3 partes claramente diferenciadas, que serían:

- Línea subterránea que va desde el Centro de Transformación al Centro de Entrega.
- Línea subterránea que va desde el Centro de Entrega a los apoyos de la Red Eléctrica General, donde se realiza el paso de subterránea a aérea.
- Línea aérea.

En el presente capítulo se describirá de forma detallada cada una de estas líneas.

5.1) Línea subterránea desde el Centro de Transformación al Centro de Entrega

El esquema mostrado a continuación es el normalizado, sacada del **Capítulo VI de las Normas particulares de Sevillana-Endesa, sección 7.2.2. "CASO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR DERIVADO DE RED AÉREA CON DOS TRANSFORMADORES"**

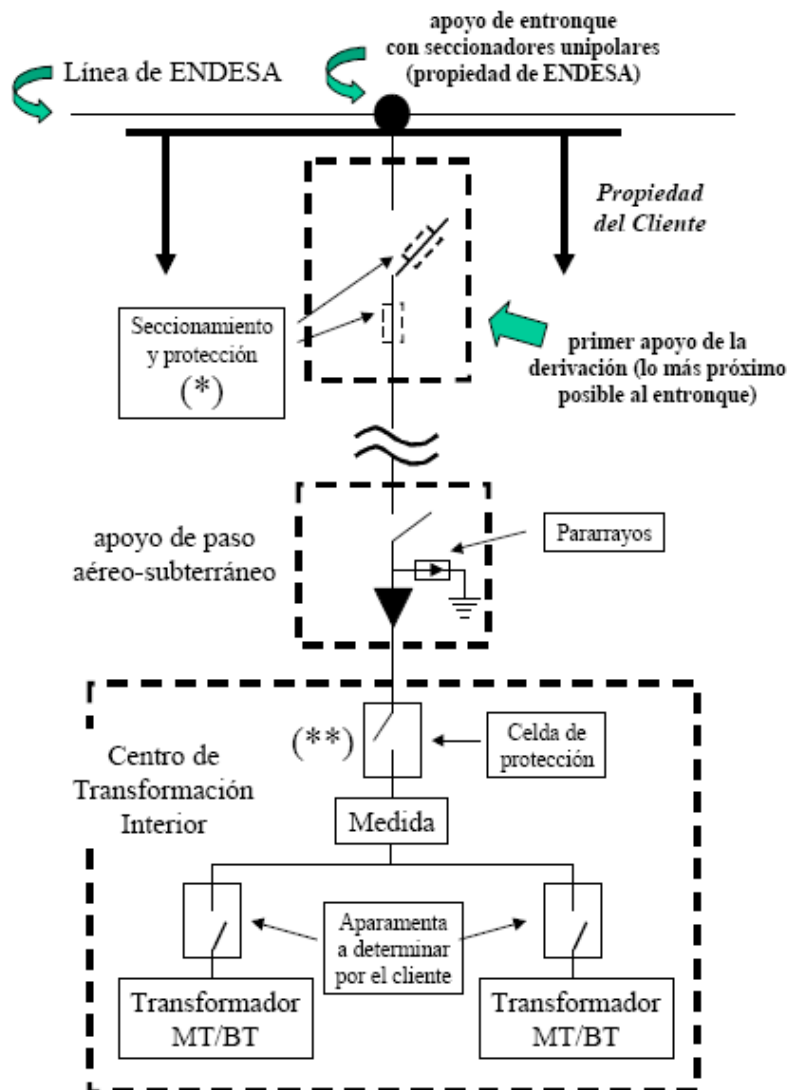


Figura 5.1: Esquema normalizado de la línea subterránea de Media Tensión

5.1.1) Generalidades de la línea subterránea de Media Tensión

Las líneas proyectadas derivan de las líneas de M.T. 25 kV propiedad de Endesa Distribución Eléctrica, S.A., cuya situación y ubicación se detalla en planos.

Las características de los cables a utilizar se especifica en la norma **UNE 21.123**, y deberán llevar en su cubierta la marca del fabricante, la denominación UNE y las dos últimas cifras del año de fabricación. Esta inscripción deberá ir grabada a lo largo del cable a intervalos regulares de 30 a 50 metros.

La conexión a las celdas y bornes del transformador se realizarán mediante terminales de interior adecuados a los bornes.

5.1.2) Nivel de aislamiento

El nivel de aislamiento de conductores aislados y aparamenta será como mínimo de 36 kV, que corresponde a una tensión nominal de 25 kV.

5.1.3) Conductor empleado

Los conductores elegidos para la línea subterránea de Media Tensión son unipolares de aluminio homogéneo, con sección normalizada por la compañía Sevillana-Endesa de 240 mm². Dichos conductores cumplirán las características indicadas en la Norma Endesa DND001.

El nombre comercial será **HERSATENE**, fabricado por General Cable o en su defecto, cualquier otro aceptado por la compañía suministradora.

5.1.4) Aislamiento

El material de aislamiento será de polietileno reticulado químicamente (XLPE). Dicho aislamiento es un material termoestable que presenta una muy buena rigidez dieléctrica, bajo factor de pérdidas y una excelente resistencia de aislamiento.

El polietileno sin reticular posee unas excelentes propiedades eléctricas, resistencia a la humedad, al ozono y al frío. Una vez reticulado, además de conservar sus propiedades iniciales, adquiere una condición termoestable muy buena, no se funde ni gotea y pierde su anterior tendencia a la rotura por agentes exteriores y presiones térmicas.

La excelente estabilidad térmica del polietileno reticulado lo capacita para admitir en régimen permanente temperaturas de trabajo de hasta 90 °C, tolerando temperaturas de cortocircuito de hasta 250 °C. La marcada estabilidad al envejecimiento, la elevada resistencia a los agentes químicos y a la humedad, la tenacidad mecánica y eléctrica, son las propiedades más destacadas que hacen del polietileno reticulado químicamente un material muy apropiado para el aislamiento de cables.

El polietileno reticulado químicamente como material de aislamiento debe responder a todas las exigencias que se especifiquen en las principales normas en uso, en concreto la Une 21-123 y la IEC-502.

5.1.5) Capa semiconductor interna

El conductor va recubierto de una capa semiconductor, cuya función es doble:

- Impedir la ionización del aire, que en otro caso, se encontraría entre el conductor metálico y el material aislante (efecto corona). La capa semiconductor forma cuerpo único con el aislante y no se separa del mismo ni aún con las dobladuras a las que el cable pueda someterse, constituyendo la verdadera superficie equipotencial del conductor. Los eventuales espacios de aire quedan bajo esta superficie, y por lo tanto, fuera de la acción del campo eléctrico.
- Mejorar la distribución del campo eléctrico en la superficie del conductor. Dicha capa, gracias a su conductividad, convierte en cilíndrica y lisa la superficie del conductor, ya que puede concebirse como parte integrante del mismo, eliminando así los posibles focos de gran sollicitación eléctrica en el aislamiento.

5.1.6) Capa semiconductor externa

La capa semiconductor externa está formada por una mezcla extrusionada y reticulada de características químicas semejantes a la del aislamiento, pero de baja resistencia eléctrica.

La capa semiconductor externa, se ha colocado previamente sobre el aislamiento con el mismo propósito con que se coloca la capa semiconductor interna sobre el conductor, que es el de evitar que entre la pantalla y el aislamiento quede una capa de aire ionizable y zonas de alta sollicitación eléctrica en el seno del aislamiento.

5.1.7) Pantalla metálica

La pantalla está constituida por una envolvente metálica (hilos de cobre) de sección total de 16 mm², aplicada sobre una capa semiconductor externa, la cual a su vez, se ha colocado previamente sobre el aislamiento.

Las pantallas desempeñan distintas misiones, entre las que destacan:

- Confinar el campo eléctrico en el interior del cable.
- Lograr una distribución simétrica y radial del esfuerzo eléctrico en el seno del aislamiento.
- Limitar la influencia mutua entre cables eléctricos.
- Evitar, o al menos reducir el peligro de electrocuciones, ya que su principal misión será la de derivar a tierra una eventual corriente de defecto.

5.1.8) Cubierta

La cubierta exterior del cable será de policloruro de vinilo (PVC) y su color rojo para identificación en caso de proximidad con otros conductores.

Deberá llevar grabada, y de forma indeleble, cada 30 cm, la identificación del conductor, nombre del fabricante y año de fabricación, tal y como se indica en las normas UNE 21-123 y RU 3-305.

5.1.9) Empalmes

Debido a la pequeña longitud de la canalización subterránea de Media Tensión, no debemos realizar ningún tipo de empalme para derivación de acometida al Centro de Transformación.

En el presente proyecto el origen de nuestra línea subterránea de Media Tensión está en un Centro de Transformación y concluye en el siguiente Centro de Transformación, por lo que contamos con varias líneas que unen nuestros Centros de Transformación en paralelo, produciéndose la conexión en paralelo en las mismas bornas.

5.1.10) Señalización de conductores

Por ser los conductores eléctricos unipolares, se marcarán convenientemente en los extremos de cada tramo, mediante un arrollamiento con cinta aislante de distintos colores que identifiquen fácilmente la unicidad de las fases.

5.1.11) Puesta a tierra

En los extremos de las líneas subterráneas se colocará un dispositivo que permita poner a tierra los cables en caso de trabajos o reparación de averías, con el fin de evitar posibles accidentes originados por existencias de cargas de capacidad. Las cubiertas metálicas y las pantallas de las mismas estarán también puestas a tierra.

5.1.12) Obra Civil

La línea subterránea de Media Tensión formada por tres conductores unipolares de aluminio con aislamiento seco RHZ1 para 18/30 kV y 240 mm², estará alojada en tubo de PVC de 200 mm de diámetro, instalando un tubo de reserva de las mismas características en todo su recorrido, enterrado directamente en zanja de 1.1 metros de profundidad y anchura de 0.5 metros, en cuyo fondo, irá un lecho de arena fina tamizada, de 0.06 metros de espesor. Se colocará encima de los cables una protección mecánica consistente en una placa de polietileno para protección de cables, y asimismo una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos por debajo de ella, tal y como se indica en las especificaciones técnicas de Sevillana-Endesa. La zanja se ilustra en el documento Endesa DPH00801.

El tipo de arqueta será el normalizado por la compañía Sevillana-Endesa. Las arquetas podrán ser de dos tipos, utilizándose preferentemente las del tipo A-1 para cambios de dirección o empalmes y cada 40 metros aproximadamente, y las del tipo A-2 para registros de tendido en alineaciones y salida de los Centros de Transformación

Estas arquetas estarán realizadas con fábrica de ladrillo o mediante moldes prefabricados de hormigón, y una tapa de fundición. Además, en el fondo de las arquetas se colocará un lecho absorbente. Los marcos y tapas para arquetas cumplirán con la Norma ONSE 01.01-14, y en cualquier caso las tapas de fundición serán de clase D400.

Las dimensiones interiores de las arquetas del tipo A-1 serán 0.905x0.815 m y 1 m de profundidad. Las dimensiones interiores de las arquetas del tipo A-2 serán 1.45x0.90 m y 1 m de profundidad.

Las paredes de las arquetas serán de ladrillo macizo y mortero de cemento. En el fondo de todas las arquetas se colocará un lecho absorbente.

5.2) Línea subterránea y aérea desde el Centro de Entrega a los Apoyos.

Este apartado se acoge a las mismas características generales del apartado anterior. A continuación se incluye una serie de requisitos para su conexión a la red general eléctrica de Sevillana-Endesa.

Se ha previsto la modificación de un apoyo de celosía, colindante y ubicado en la misma parcela junto al resto de la instalación. Este apoyo se trata de un apoyo de alineación y se cambiará por un apoyo de fin de línea, además de incluir otro de principio de línea para realizar el paso de aéreo a subterráneo y viceversa.

En estos apoyos se instalarán seccionadores unipolares de nivel III, de 400 A de intensidad nominal y aislamiento de 36 kV, descargadores autovalvulares, y se realizará el paso de aérea a subterránea, sus correspondientes terminales unipolares de exterior, y tubo o canaleta de chapa acero galvanizado para protección mecánica de los cables en la bajada de los mismos hasta la base del poste.

Las características principales de la línea aérea de Media Tensión se muestran en la tabla adjunta:

Tipo de Línea	Aérea, simple circuito
Longitud de la línea	150 m
Tensión en servicio	25 kV
Conductor	LARL-145
Apoyos	Metálicos Galvanizados
Aislamiento	Cadena de Amarre
Zona de Aplicación	A
Empresa distribuidora	Sevillana-Endesa

5.2.1) Características generales

Para la realización de la alimentación al Centro de Entrega se ha provisto cambiar el apoyo original de la alineación por dos apoyos de fin de línea, uno anterior y otro posterior, los cuales nos servirán para realizar el paso de aéreo a subterráneo de los circuitos, y de subterráneo a aéreo respectivamente.

En estos apoyos se instalarán sus correspondientes terminales unipolares de exterior, y tubo o canaleta de chapa acero galvanizado para protección mecánica de los cables en la bajada de los mismos hasta la base del poste.

Desde el poste de paso de aéreo a subterráneo de la alimentación, la línea que va al Centro de Entrega se realizará en instalación encerrada, mediante conductores unipolares de aluminio de 800 mm² de sección tipo RHZ1 18/35 kV, tendidos directamente en zanja, de acuerdo con el trazado y detalles en planos adjuntos.

Primeramente esta línea va sujeta al apoyo mediante bandeja perforada de PVC y protegida desde una altura no inferior a 3 m, mediante tubo de acero de 80 mm de diámetro, penetrará en la tierra, continuando bajo tubo de PVC de 200 mm de diámetro en canalización subterránea para conectar con la celda de entrada de línea del centro de entrega.

Las características de estos cables se especifican en la norma UNE 21-123, y deberán llevar en su cubierta la marca del fabricante, la denominación UNE y las dos últimas cifras del año de fabricación. Esta inscripción deberá ir grabada a lo largo del cable a intervalos regulares de 30 a 50 m.

La conexión a las celdas y bornes del Centro de Entrega se realizarán mediante terminales de interior adecuados a los bornes.

5.2.2) Aislamiento

Se utilizarán aisladores de cadena, no rígidos, con herrajes normalizados. Estarán formados por elementos de aisladores poliméricos a base de goma de silicona, como se nos recomienda para la zona de nuestra instalación del tipo caperuza y vástago, CS 100 AB 125/455, lo que nos proporciona un nivel de aislamiento de 130 kV a frecuencia industrial en seco y 79 kV bajo lluvia, siendo la tensión que soporta una onda del tipo 1.2/50 μ s. Las características de este tipo de aislador se encuentran recogidas en la Norma UNE 21-009.

ROTULA

ANILLA

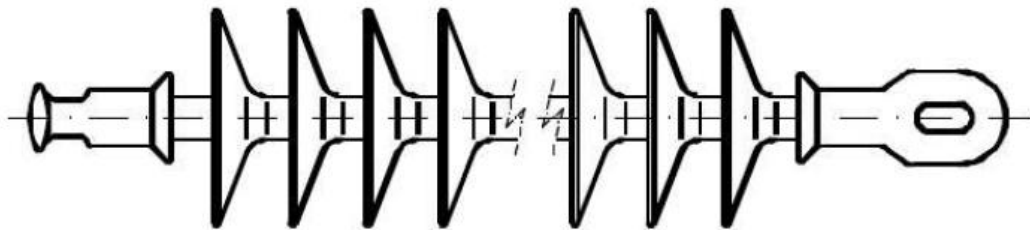


Figura 5.2: Aislador según normativa

5.2.3) Apoyos

Serán metálicos galvanizados, de perfiles abiertos y sección cuadrada, con crucetas metálicas galvanizadas.

<u>Apoyo</u>	<u>Tipo</u>	<u>Cruceta</u>	<u>Cadena</u>
1	C9000 14	Simple circuito	Amarre
2	C9000 14	Simple circuito	Amarre

Cada apoyo irá numerado, dispondrá de placa de peligro de muerte, a 2.5 m. de altura, y estará conectado a tierra.

5.2.4) Herrajes y grapas

Se consideran bajo esta denominación todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores al apoyo y al conductor; los de fijación del cable de tierra al apoyo; los elementos de protección eléctrica de los aisladores, y finalmente, los accesorios del conductor, como separadores, antivibradores... etc.

Los herrajes serán de diseño adecuado a su función mecánica y eléctrica, y deberán ser prácticamente inalterables a la acción corrosiva de la atmósfera.

Las grapas de amarre del conductor deben soportar una tensión mecánica en el cable del 90% de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca deslizamiento.

En el diseño de los herrajes empleados en líneas de muy alta tensión, se tendrá muy presente su comportamiento en el fenómeno de efecto corona.

El reglamento de líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, en su artículo 10, define que las grapas de amarre deben soportar una tensión mecánica en el cable del 90% de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca deslizamiento.

Según las Normas Técnicas de la compañía Sevillana-Endesa, los herrajes de unión en aisladores, de estos al apoyo y a los conductores, las crucetas del apoyo, etc. llevarán una protección contra la corrosión ambiental similar a la elegida para el apoyo, es decir, galvanización en caliente que cumplirá con las Normas UNE 21-006, UNE 37-501 y RU 6-618.

5.2.5) Botellas terminales

Se utilizarán para conectar la canalización aérea con la canalización subterránea de acometida al Centro de Entrega.

5.2.6) Puesta a tierra

Según el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión reglamenta cuales deben ser las condiciones mínimas de las conexiones de los apoyos a tierra y la disposición de las mismas.

Las tomas de tierra utilizadas serán de un material, diseño, dimensiones y número apropiados para la naturaleza y condiciones del propio del terreno, de manera que puedan garantizar una resistencia de difusión, mínima en cada caso y de larga permanencia.

Según el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión esta resistencia de difusión no será superior a 20Ω , en el caso de que las protecciones de la línea estuvieran dispuestas para la desconexión rápida de la misma, como máxima el 50% de la intensidad de corriente originada por la perturbación, para alcanzar tales valores de resistencia de difusión los apoyos deben tener provistos las medidas que se muestran a continuación.

Todos los apoyos metálicos estarán conectados a tierra como medida de precaución, para evitar tensiones peligrosas cuando la línea aérea sufra alguna avería y se ponga en contacto con tierra, asegurando así la actuación de protecciones, eliminando o disminuyendo el riesgo que supone esta avería.

Las tomas de tierra de cada uno de los apoyos estarán formadas por dos picas de acero cobreado de 20 mm de diámetro y 2.5 metros de longitud, una de las picas para conectar el apoyo metálico a tierra y la otra pica para conectar a tierra los herrajes y grapas del apoyo, estas dos picas estarán conectadas en paralelo, mediante un conductor desnudo de cobre de 50 mm^2 y separadas una distancia de 5 metros y las cabezas de ambas picas estarán enterradas a una profundidad de 0.8 metros. Las conexiones de estos sistemas con los apoyos se realizarán mediante conductor aislado de 50 mm^2 de cobre.

Este aislamiento es necesario puesto que de lo contrario, ante una circulación de intensidad de defecto, al encontrarse al mismo potencial que el sistema formado por las picas, transmitirían unos potenciales sobre el terreno alterando los cálculos de la toma de tierra e irá alojando en el interior de un tubo de PVC con grado de protección 7, según norma UNE 20-324. Además para la protección del conductor al atravesar el macizo de hormigón de las cimentaciones, se utilizará un tubo de hierro de 23 mm de diámetro interior.

Para conseguir adecuadas comunicaciones en las conexiones entre la estructura metálica y el sistema de tierras dispuesto, se utilizarán piezas de empalme adecuada (grapas) o soldadura aluminotérmica, siendo esta más precisa y adecuada.

Los apoyos se encontrarán rodeados de una acera de hormigón de 1.10 metros de ancho y 0.20 metros de altura como medidas de seguridad ante las posibles tensiones de contacto y de paso que se puedan producir.

Estos dos apoyos se pondrán también a tierra con el sistema de puesta a tierra que tienen los demás apoyos instalados, es decir dos picas de acero cobreado de 20 mm de diámetro y 2.5 metros de longitud, una de las picas para conectar el apoyo metálico a tierra y la otra pica para conectar a tierra los herrajes y grapas del apoyo, estas dos picas estarán conectadas en paralelo, mediante un conductor desnudo de cobre de 50 mm² y separadas una distancia de 5 metros y las cabezas de ambas picas estarán enterradas a una profundidad de 0.8 metros.

Además en estos apoyos se colocará un disco normalizado de peligro eléctrico en alta tensión, a 2.5 metros de altura.

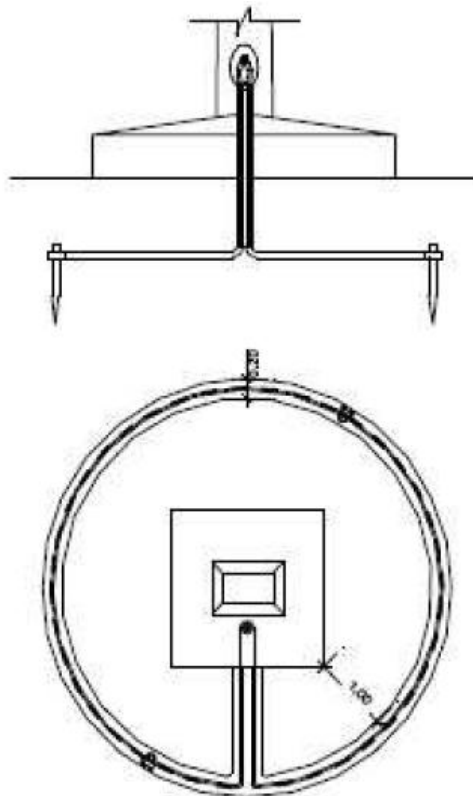


Figura 5.3: Puesta a tierra en anillo, según normas particulares de Sevillana-Endesa

5.2.7) Armado

Se empleará un armado de semicruceta atirantada al trestobillo, idóneos para apoyos metálicos de celosía de circuito simple. En la siguiente figura se observa el armado:

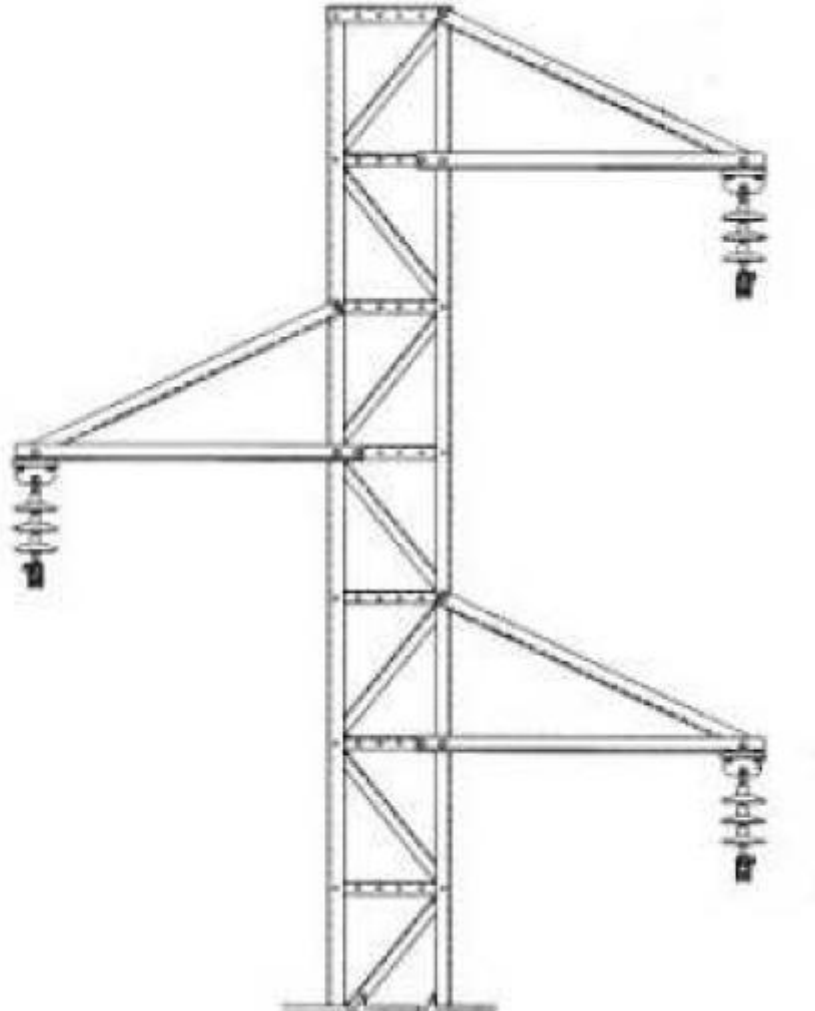


Figura 5.4: Semicruceta atirantada al trestobillo, según normas particulares de Sevillana-Endesa.

6) Centro de Entrega

6.1) Descripción general.

El Centro de Entrega es un Centro de Transformación tipo Interior, o de seccionamiento, del que parte una alimentación para un cliente Media Tensión desde una red subterránea.

En los Centros de Entrega se definen las siguientes partes perfectamente diferenciadas:

- Recinto de seccionamiento, integrado en la red de Endesa, donde se ubica la aparata propia de la red de distribución de Endesa, así como la celda de entrega al suministro de Media Tensión. En esta parte puede haber un transformador de MT/BT de donde nace la red de distribución en BT de Endesa.
- Recinto de Protección y Medida del Cliente, que es la parte de la instalación en la que se ubica la celda o las celdas de protección de la instalación del cliente, así como su medida y elementos de control de dicha alimentación.

Ambos recintos constituirán dos partes independientes y separadas del Centro de Entrega, de forma que las personas ajenas a Endesa no puedan tener acceso al Recinto de Seccionamiento. A tal fin, habrá una separación física entre la instalación del cliente y la de la empresa suministradora, que se dispondrá inmediatamente a continuación de la celda de entrega, perteneciendo esta al Recinto de Seccionamiento, tal y como se dice anteriormente.

El uso del Recinto de Seccionamiento debe pertenecer a Endesa, y su emplazamiento y accesos deben reunir los mismos requisitos que los Centro de Transformación de tipo interior, incluido el acceso libre y directo desde vía de uso público. El uso del Recinto de Protección y Medida corresponde al cliente, que tendrá acceso al mismo directamente desde el exterior del Centro de Entrega. Por tanto ambos recintos deben tener puertas independientes al exterior del Centro de Entrega.

El último elemento propiedad de Endesa será la Celda de Entrega, comenzando la propiedad del Cliente en la salida de dicha Celda de Entrega, hacia el suministro. A continuación de la Celda de Entrega, en el mismo embarrado, y como primera instalación propiedad del cliente se dispondrá una Celda de Protección. La Celda de Entrega y la Celda de Protección estarán a ambos lados de una malla metálica, que separará el Recinto de Seccionamiento del Recinto de Protección y Medida estarán ubicados, al menos, los elementos de protección especificados por Endesa, así como los elementos de medida. El resto de elementos de la instalación de MT del cliente podrán estar en el mismo Recinto de Protección y Medida.

La organización de nuestro Centro de Entrega para cada línea será la siguiente, sacado del **Capítulo VI de las Normas particulares de Sevillana-Endesa, sección 7.3.2.2. “CASO DE CENTRO DE ENTREGA EN RED SUBTERRANEA, CON LA TRANSFORMACIÓN DEL CLIENTE EN OTRO RECINTO, CON DOS TRANSFORMADORES”**:

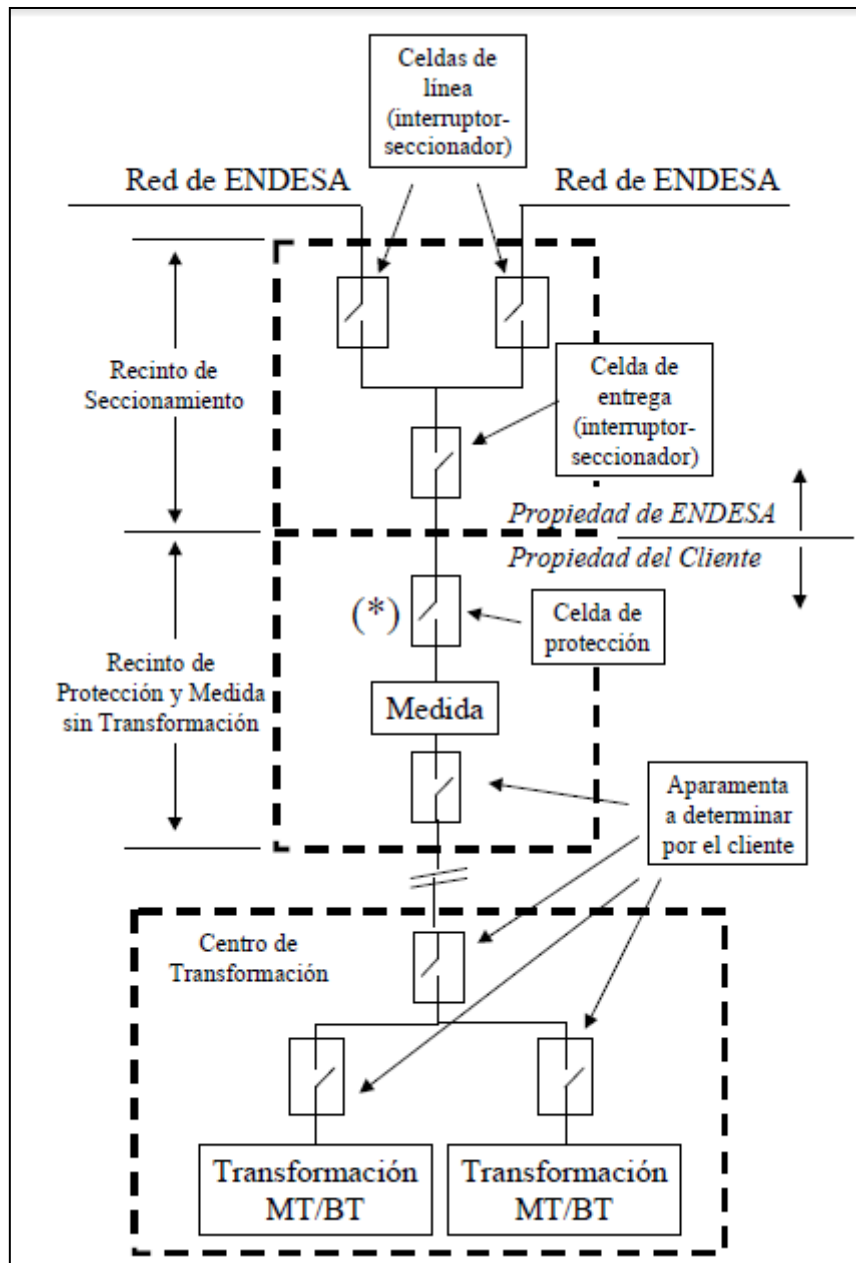


Figura 6.1: Esquema normalizado del centro de entrega.

Según la misma normativa, se especifica que la celda de protección para transformadores mayores de 630 kVA, debe ser como sigue: *Celda de protección con interruptor automático accionado por relés I.50-51 (F+N) y 51G*

6.2) Recinto de Seccionamiento.

En el Recinto de Seccionamiento hemos utilizado un centro de seccionamiento de fabricante Incoesa, Modelo CTIN-CS. En ese centro de seccionamiento se distinguen, a simple vista, los siguientes elementos:

- Bornas de Alta Tensión
- Detector de Tensión
- Enclavamiento del interruptor seccionador L1
- Interruptor-seccionador de P.a.T. de línea L1
- Enclavamiento del interruptor seccionador L2
- Interruptor-seccionador de P.a.T. de línea L2
- Enclavamiento del interruptor de línea de paso
- Interruptor de paso
- Nivel de aceite
- Válvula de sobrepresión
- Dispositivo de llenado de líquido dieléctrico
- Alumbrado
- Caja de servicios auxiliares
- Dispositivo de vaciado y toma de muestra
- Caja de comprobación de tierras
- Pértigas de accionamiento

Y las características técnicas son las siguientes:

INTERRUPTORES-SECCIONADORES DE LÍNEA Y PUESTA A TIERRA

Tensión más elevada para el material	27 kV
Corriente asignada en servicio continuo	400 A
Corriente admisible asignada de corta duración	16 kV
Valor de cresta de la corriente admisible asignada	40 kV

PROTECCIÓN FUSIBLES (OPCIONALES)

Tensión más elevada para el material	27 kV
Corriente asignada en servicio continuo	31.5 A/ 40A/ 50A
Poder de corte	63 kA

PASATAPAS ENCHUFABLES

Corriente asignada en servicio continuo	630 A
---	-------

Como son dos las líneas que llegan al Centro de Entrega, necesitaremos dos centros de seccionamiento como este bajo el mismo edificio, conectadas las salidas en paralelo para luego conectar a la red general eléctrica de Sevillana-Endesa.

6.3) Recinto de protección y medida.

De estos centros de seccionamiento mencionados anteriormente, conectaremos con la otra parte de nuestro Centro de Entrega, el recinto de protección y medida, donde utilizaremos celdas SM6 para la protección y medida.

6.3.1) Características generales celdas SM6 36kV

Tensión asignada (kV)	36
Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra (kV)	70 eficaces a 50Hz durante 1 minuto 170 cresta
Intensidad asignada en función de línea (A)	400
Intensidad asignada en interrupción automática (A)	400
Intensidad asignada en ruptofusibles (A)	200
Intensidad nominal admisible durante un segundo (kA)	16 eficaces
Valor de cresta de la intensidad nominal admisible (kA)	40
Grado de protección de la envolvente	IP3X

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 60298, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

- Embarrado

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se pueden presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

6.3.2) Celdas

- **Celdas de Remonte**

Celda Merlin Gerín de remonte de cables gama SM6, modelo GAM, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1500 mm de profundidad, 2.250 mm de altura, y conteniendo:

- Juego de barras interior tripolar de 400 A para conexión superior, de tensión de 36 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra con poder de cierre.
- Mando CC de manual independiente.
- Dispositivo con bloqueo de 3 lámparas de presencia de tensión.
- Conexión inferior cable seco unipolar.

- **Celda de Protección con interruptor automático**

Celda Merlin Gerín de protección con interruptor automático gama SM6-36, modelo DM1D, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1.632 mm de profundidad, 2.250 mm de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A para conexión superior e inferior con celdas adyacentes
- Seccionador en SF6 de 400 A, tensión de 36 kV y 16 kA.
- Mando CSI manual.
- Interruptor automático de corte en SF6 (hexacloruro de azufre) tipo Fluarc SF1, tensión de 36 kV, intensidad de 400 A y poder de corte de 16 kA.
- Mando RI natural
- Unidad de control VIP 300, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador Mitop instalado en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad, montados en la toma interior del polo.

Sus funciones serán:

- Protección contra sobrecargas, cortocircuitos y detector homopolar (2 umbrales): 50-51/50N-51N
- Tipo de curvas: a tiempo constante e inverso.
- Autovigilancia.
- Reset de los indicadores.
- Señalización de apertura mediante indicador mecánico.
- Temporización regulable del umbral alto.

- **Celda de medida**

Celda Merlin Gerín de medida de tensión e intensidad con entrada inferior y salida superior laterales por barras gama SM6, modelo GBCA, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1518 mm de profundidad, 2250 mm de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A, tensión de 36 kV y 16 kA.
- Entrada lateral inferior izquierda y salida lateral superior derecha.
- 3 transformadores de intensidad de relación 50/5 A, 10 VA, CL 05S, Ith=5kA, gama extendida 150% y aislamiento 36 kV.
- 3 transformador de tensiones unipolares, de relación 27500:V3/110:V3, 25VA, CL 0.5, Ft=1.9 y aislamiento 36 kV.

Anexo I

Análisis de sostenibilidad de la instalación

7) Análisis de sostenibilidad de la instalación

7.1) Impacto económico

7.1.1) Tarifa de venta de la energía generada

Nuestra instalación solar fotovoltaica, se acogerá al **Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre**, por lo expuesto en el **Artículo 2**, del Capítulo 1 de dicho decreto:

*El presente real decreto será de aplicación a las instalaciones del **grupo b.1.1** del artículo 2 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, instalaciones de tecnología fotovoltaica, que obtengan su inscripción definitiva en el Registro administrativo de instalaciones de producción en régimen especial dependiente de la Dirección General de Política Energética y Minas con posterioridad al 29 de septiembre de 2008.*

En el **Artículo 3** del mismo decreto se nos concreta la calificación de nuestra instalación, en concreto, dentro del **subgrupo b.1.1, en el tipo II**.

A efectos de lo dispuesto en el presente real decreto las instalaciones del subgrupo b.1.1 del artículo 2 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, se clasifican en dos tipos:

a) Tipo I. Instalaciones que estén ubicadas en cubiertas o fachadas de construcciones fijas, cerradas, hechas de materiales resistentes, dedicadas a usos residencial, de servicios, comercial o industrial, incluidas las de carácter agropecuario.

O bien, instalaciones que estén ubicadas sobre estructuras fijas de soporte que tengan por objeto un uso de cubierta de aparcamiento o de sombreamiento, en ambos casos de áreas dedicadas a alguno de los usos anteriores, y se encuentren ubicadas en una parcela con referencia catastral urbana.

Las instalaciones de este tipo se agrupan, a su vez, en dos subtipos:

Tipo I.1: instalaciones del tipo I, con una potencia inferior o igual a 20 kW

Tipo I.2: instalaciones del tipo I, con un potencia superior a 20 kW

b) Tipo II. Instalaciones no incluidas en el tipo I anterior.

Según lo expuesto anteriormente, para conocer las tarifas que la empresa eléctrica deberá retribuirnos, nos remitiremos al **Artículo 11 del Capítulo 3**, el cual dice lo siguiente:

1. Los valores de la tarifa regulada correspondientes a las instalaciones del subgrupo b.1.1 del artículo 2 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, que sean inscritas en el registro de pre-assignación asociadas a la primera convocatoria serán los siguientes:

Tipología		Tarifa regulada (cent/kWh)
Tipo I	Subtipo I.1	34,00
	Subtipo I.2	32,00
Tipo II		32,00

Así pues, comprobamos que la tarifa es de **32c€/kWh**. Sabiendo esto, podremos hacer una estimación de los ingresos obtenidos en nuestra planta solar fotovoltaica.

Se muestran la estimación mensual de potencia en kWh, que ya se detalló en su correspondiente apartado y las consiguientes retribuciones económicas en €.

Sistema con seguimiento a dos ejes		
Mes	Estimación mensual de potencia (kWh)	Retribuciones económicas (€)
Enero	762000	243.840,00
Febrero	721000	230.720,00
Marzo	1030000	329.600,00
Abril	1030000	329.600,00
Mayo	1300000	416.000,00
Junio	1350000	432.000,00
Julio	1330000	425.600,00
Agosto	1260000	403.200,00
Septiembre	1040000	332.800,00
Octubre	947000	303.040,00
Noviembre	641000	205.120,00
Diciembre	630000	201.600,00
Total del año	12.041.000,00	3.853.120,00

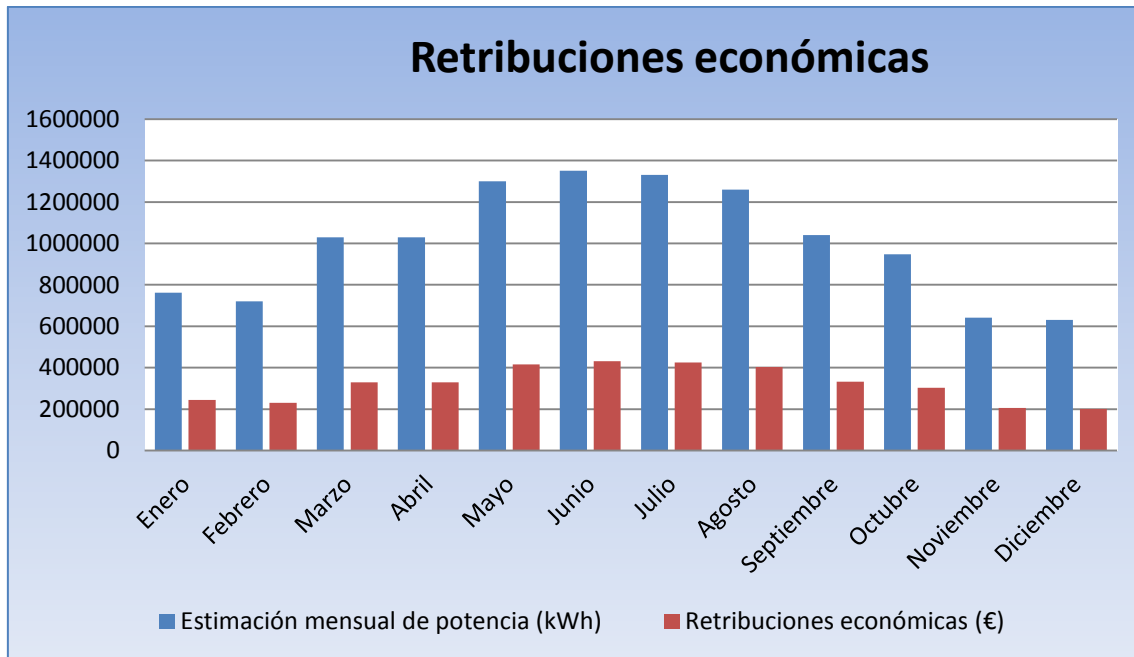


Figura 7.1: Producción de la instalación y retribuciones económicas.

7.1.2) Balance económico y periodo de retorno de la inversión

A continuación enunciaremos los elementos que intervienen en el cálculo de la rentabilidad económica. Son los siguientes:

- **Inversión:** Totalidad del coste de la instalación, incluido el proyecto y los trámites administrativos.
- **Subvenciones a la inversión:** Cantidad total recibida en forma de ayudas o subvenciones a fondo perdido. En este proyecto las consideraremos nulas, a efectos de comprobar el caso más desfavorable posible.
- **Prima:** Cantidad cobrada anualmente en concepto de venta primada de la energía de origen solar.
- **Generación eléctrica:** El total de la electricidad generada por la instalación solar, en función de la potencia de la instalación.
- **Costes de explotación:** Conjunto de gastos que supone la gestión y explotación de la instalación fotovoltaica. En este concepto se contemplan los siguientes gastos:
 - **Emisión de facturas.**
 - **Elaboración de las liquidaciones de IVA.**
 - **Póliza del seguro de responsabilidad civil sobre el valor de la instalación.**
 - **Mantenimiento preventivo y correctivo.**

A continuación se calculará el periodo de retorno de la inversión inicial, mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{I}{E - M}$$

Siendo:

- **P**: Periodo de retorno de la inversión, en años.
- **I**: Inversión total del proyecto
 - **I(íns)**: Costes de la inversión de la instalación.
 - **I(proy)**: Coste de la realización del proyecto.
- **E**: Beneficio anual estimado por la venta de la energía eléctrica.
- **M**: Costes estimados de mantenimiento por año (Aproximadamente será el 1% del coste total de la instalación).

$$P = \frac{24.441.639,31 + 30.000}{3.853.120,00 - 244.416,39} \cong \mathbf{6.80 \text{ años}}$$

Así pues, el periodo de recuperación de la inversión será de aproximadamente **7 años**, un plazo acorde a este tipo de instalaciones.

7.2) Impacto ambiental

Además del punto de vista económico, las instalaciones solares fotovoltaicas se están implantando sobre todo por consideraciones ecológicas. El balance desde este punto de vista es totalmente favorable, tanto en reducción de emisiones contaminantes, como en el balance energético.

Todos los kWh generados con un sistema fotovoltaico equivalen a un ahorro de energía generada con otras fuentes de energía, con toda probabilidad con mayor o menor grado de poder contaminante, lo que conlleva, por lo tanto, a una reducción de emisiones.

Una de las fuentes de contaminación más importantes son los gases de efecto invernadero, ya que inciden gravemente en el cambio climático de la Tierra. El gas más significativo entre éstos es el CO₂ generado en toda combustión de materiales carbonados.

Para calcular el ahorro de CO₂ obtenido gracias a la generación eléctrica “limpia” de un sistema fotovoltaico, podemos utilizar la emisión media por unidad de electricidad generada en España que para el 2007 se cifra en 0,464 kg de CO₂ por kWh eléctrico generado. Asimismo, existen otras emisiones nocivas como el dióxido de azufre (SO₂) o de nitrógeno (NO_x) sobre las que podemos asumir las siguientes equivalencias:

- 464 toneladas de CO₂ por cada GWh generado
- 16.52 toneladas de SO₂ por cada GWh generado
- 5.83 toneladas de NO_x por cada GWh generado

En conclusión, para nuestra instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica objeto del presente proyecto, el ahorro total por año de emisiones contaminantes será, teniendo en cuenta que se generarán aproximadamente un total de **12 GWh**:

Emisiones	Ahorro anual
CO ₂	5568 toneladas de CO ₂
SO ₂	198.24 toneladas de SO ₂
NO _x	69.96 toneladas de NO _x

En cuanto a los impactos ambientales ocasionados por la implantación de un sistema solar fotovoltaico, se considera que el impacto principal se produce en las operaciones extractivas de las materias primas, ya que aunque la mayoría de las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, material obtenido a partir de la arena y por tanto muy abundante en la naturaleza, es necesario transformarlo con consumo de energía hasta conseguir silicio de grado solar.

En la fase de uso las cargas ambientales son despreciable, y en la fase de eliminación, después de la vida útil, pueden establecerse vías claras de reutilización o retirada. El efecto visual sobre el paisaje es el principal impacto en la fase de uso.

En el medio físico y biótico no existen afecciones importantes ni sobre la calidad del aire ni sobre los suelos, flora y fauna, no provocándose ruidos ni afectándose tampoco a la hidrología existente.

7.3) Impacto social

La energía solar fotovoltaica ofrece la oportunidad, a un coste razonable, de emplear una energía renovable para producir una energía más limpia, evitando así la producción de ésta por medios más contaminantes, siendo así más respetuosa con el medio ambiente. Un sistema fotovoltaico por lo tanto, ayuda a sensibilizar hacia el ahorro energético.

La instalación del presente proyecto sería una buena solución para aprovechar una zona la cual está totalmente saturada de grandes industrias. Con la implantación de esta planta solar fotovoltaica ayudaríamos a mejorar la calidad medioambiental de la zona.

La población de la comarca agradecería una inversión en esta materia, ya que se generaría empleo y se promovería un ahorro de emisiones a la atmósfera, tema de que es muy consciente la población, más en particular en una zona con tan alto índice de contaminación. Se puede afirmar que la puesta en marcha de este proyecto tendría un total apoyo político y social en la comarca.

En general, un la instalación de una instalación solar fotovoltaica siempre ayuda a sensibilizar a la población con el importante problema de las energías renovables, así como del ahorro energético.

Anexo II

Bibliografía

8) Bibliografía

8.1) Libros

- Narciso Moreno Alfonso y García Díaz, Lorena. *Instalaciones de Energía Fotovoltaica*. 1ª edición, IBERGACETA PUBLICACIONES S.L., Madrid 2010. ISBN: 978-84-9281-226-4.
- Gabinete de Estudios de Censolar. *Curso de Experto Profesional en Energía Fotovoltaica*. 1ª edición, PROGNSA, Sevilla 2009. ISBN: 978- 84-95693-49-5.
- Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF). *Sistemas de Energía Fotovoltaica: Manual del instalador*. 2ª edición, PROGNSA, Sevilla 2005. ISBN: 84-95693-24-0.
- Radiación Solar y su aprovechamiento energético. Autor: Miguel Pareja Aparicio. Marcombo, S.A. 1ª Edición.
- Líneas de Transporte de Energía, 3ª Edición de Luis Ma Checa. Marcombo S.A, 2004.
- Fernández Ramírez, Luis. Asignatura: Generación eléctrica mediante Energías Renovables. EPSA (Universidad de Cádiz).
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión (RLAT), BOE 2008.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51, BOE 2002

8.2) Páginas webs

- www.schottsolar.com
- www.solener.com
- www.titantracker.es
- www.technosun.com
- <http://europa.eu>
- www.tracker.cat
- www.mecasolar.com
- www.pesos-solar.com
- www.degereenergie.de
- IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. *Energía solar fotovoltaica: “El sol puede ser suyo”*. <http://idae.es/>
- European Commission. *PVGIS. Datos de radiación solar*. <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5.80 MW_p San Roque-Parque tecnológico



TOMO II: Memoria de Cálculo

Alumno: Alberto Carlos Fernández Espinar

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad en Electrónica Industrial

Tutor: Carlos Andrés García Vázquez

Convocatoria: Febrero 2012

INDICE

Contenido

1) Previsión de la potencia.....	5
2) Instalación solar fotovoltaica.....	6
2.1) Cálculo de la energía neta media sobre los módulos solares	6
2.1.1) Mapa solar español y andaluz.....	7
2.1.2) Estimación de la irradiación	8
2.1.3) Pérdidas de irradiación por sombras.....	13
2.1.4) Rendimiento energético de la instalación ó Perfomance Ratio.....	13
2.1.5) Características de los equipos utilizados. Resultados de la simulación.	14
2.2) Cálculo eléctrico.....	24
2.2.1) Descripción general de las instalaciones eléctricas fotovoltaicas.	24
2.2.2) Instalación eléctrica de baja tensión de un productor fotovoltaico.....	24
3) Líneas subterráneas de Baja Tensión	25
3.1) Introducción	25
3.2) Red de baja tensión.....	26
3.2.1) Líneas desde cada fila hasta el cuadro de interconexión. (CC)	26
3.2.2) Líneas desde el cuadro de interconexión hasta el inversor. (CC)	27
3.2.4) Líneas desde la Caja General de Protección hasta el Centro de Transformación (CA)	28
3.2.3) Líneas desde la salida del inversor hasta la C.G.P. (CA).....	29
4) Centro de Transformación	33
4.1) Esquema del centro de transformación	33
4.2) Previsión de potencia para el Centro de Transformación	33
4.3) Intensidad en alta tensión.....	34
4.4) Intensidad en baja tensión.....	34
4.5) Cortocircuitos	35
4.5.1) Generalidades	35
4.5.2) Expresiones para el cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.....	35
4.5.3) Cortocircuito en el lado de alta	35
4.5.4) Cortocircuito en el lado de baja	36
4.6) Dimensionado del embarrado	36
4.6.1) Comprobación por densidad de corriente.	36

4.6.2)	Comprobación por sollicitación electrodinámica.....	36
4.6.3)	Comprobación por sollicitación térmica. Sobreintensidad térmica admisible....	36
4.7)	Selección de las protecciones de Alta y Baja Tensión	37
4.8)	Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.....	37
4.9)	Dimensionado del pozo apagafuegos	38
4.10)	Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra	38
4.10.1)	Investigación de las características del suelo.	38
4.10.2)	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.	38
4.10.3)	Diseño preliminar de la instalación de tierra.	39
4.10.4)	Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.....	40
4.10.5)	Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....	41
4.10.6)	Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.....	41
4.10.7)	Cálculo de las tensiones aplicadas	42
4.10.8)	Investigación de tensiones transferibles al exterior	43
4.10.9)	Corrección y ajuste del diseño inicial establecido el definitivo	43
5)	Línea subterránea de Media Tensión	44
5.1)	Criterio de calentamiento	44
5.2)	Criterio de caída de tensión	44
5.3)	Criterio de cortocircuito.....	46
6)	Línea aérea de Media Tensión.....	47
6.1)	Memoria de cálculo de la línea aérea de Media Tensión.....	47
6.2)	Cálculos mecánicos del conductor del circuito	48
6.2.1)	Características mecánicas del conductor	48
6.2.2)	Zona según reglamento.....	48
6.2.3)	Acciones y elementos a considerar en el cálculo mecánico	49
6.2.4)	Cálculos de tensiones y flechas máximas	52
6.2.5)	Altura de poste.....	56
6.2.6)	Cálculos mecánicos en los apoyos.....	58
6.3)	Cálculos eléctricos de la línea de Media Tensión	64
6.3.1)	Características de la línea	64
6.3.2)	Características eléctricas del conductor	64
6.3.3)	Intensidades y densidades máximas	64
6.3.4)	Caída de tensión.....	65

6.3.5) Potencia máxima de transporte por límite térmico.....	66
7) Centro de Entrega	67
7.1) Recinto de seccionamiento	67
7.2) Recinto de protección y medida.....	68

Memoria de Cálculo

1) Previsión de la potencia

La presente planta solar posee una potencia máxima de **5.80 MW_p**.

Esta potencia procede de sus **72** huertos solares. Cada uno de estos 72 huertos está formado por 4 seguidores en serie, y están distribuidos en 6 sectores, como se puede ver en los planos. Se puede ver la estructura de cada sector, así como de los huertos, en detalle en su plano correspondiente. Cada una de estos sectores contiene 12 huertos (es decir, **48** seguidores).

Teniendo en cuenta que los módulos solares empleados tienen una potencia de **210 W_p** y una superficie de **1.25 m²** aproximadamente, y que nuestro seguidor tiene una superficie de **120 m²**, podemos estimar que en el seguidor habrá un total de 96 módulos, distribuidos con 12 módulos en serie y 8 ramas en paralelo (12x8), dejando una potencia de aproximadamente **20 kW_p** por seguidor. Los cálculos empleados son los siguientes:

Potencia módulo (W _p)	210
Potencia seguidor solar (kW _p)	210·96 = 20.16
Potencia huerto (kW _p)	20.16·4=80.64
Potencia de cada sector (kW _p)	80.64·12=967.68

Por lo tanto, para calcular la potencia de la planta como sigue

$$P_T = 967.68 \cdot 6 \cong \mathbf{5.80 MW_p}$$

Hemos tenido en cuenta que cada uno de los sectores tenga una potencia pico de aproximadamente 1000 kW, para así diseñar con más comodidad el centro de transformación, como veremos más adelante.

2) Instalación solar fotovoltaica

2.1) Cálculo de la energía neta media sobre los módulos solares

El estudio de la dirección con la cual incide la irradiación solar sobre los cuerpos situados en la superficie terrestre, es de especial importancia cuando se desea conocer su comportamiento al ser reflejada. La dirección en que el rayo salga reflejado dependerá de la incidente.

Con tal fin se establece un modelo que distingue entre **dos componentes de la irradiación** incidente sobre un punto: la irradiación solar directa y la irradiación solar difusa.

- **Irradiación Solar Directa:** es aquella que llega al cuerpo desde la dirección del Sol.
- **Irradiación Solar Difusa:** es aquella cuya dirección ha sido modificada por diversas circunstancias (densidad atmosférica, partículas u objetos con los que chocar, reemisiones de cuerpos, etc.). Por sus características esta luz se considera **venida de todas direcciones**.
- **Irradiación Solar del Albedo:** es aquella procedente del suelo, debida a la reflexión de parte de la radiación incidente sobre montañas, lagos, edificios... etc. Algunos autores la consideran parte de la irradiación solar difusa.

La suma de ambas es la **irradiación total incidente**. La superficie del planeta está expuesta a la radiación proveniente del Sol. La tasa de irradiación depende en cada instante del ángulo que forman la normal a la superficie en el punto considerado y la dirección de incidencia de los rayos solares.

Este será el parámetro que utilizaremos para calcular la energía generada en la planta. Es importante señalar que la energía generada no depende solo de las horas de sol directo, ya que el panel puede aprovechar parte de la irradiación solar difusa y de albedo incluso en días nublados.

La irradiación solar (también llamada irradiancia por algunos autores) se mide en **W/m²**, según el S.I.

2.1.1) Mapa solar español y andaluz

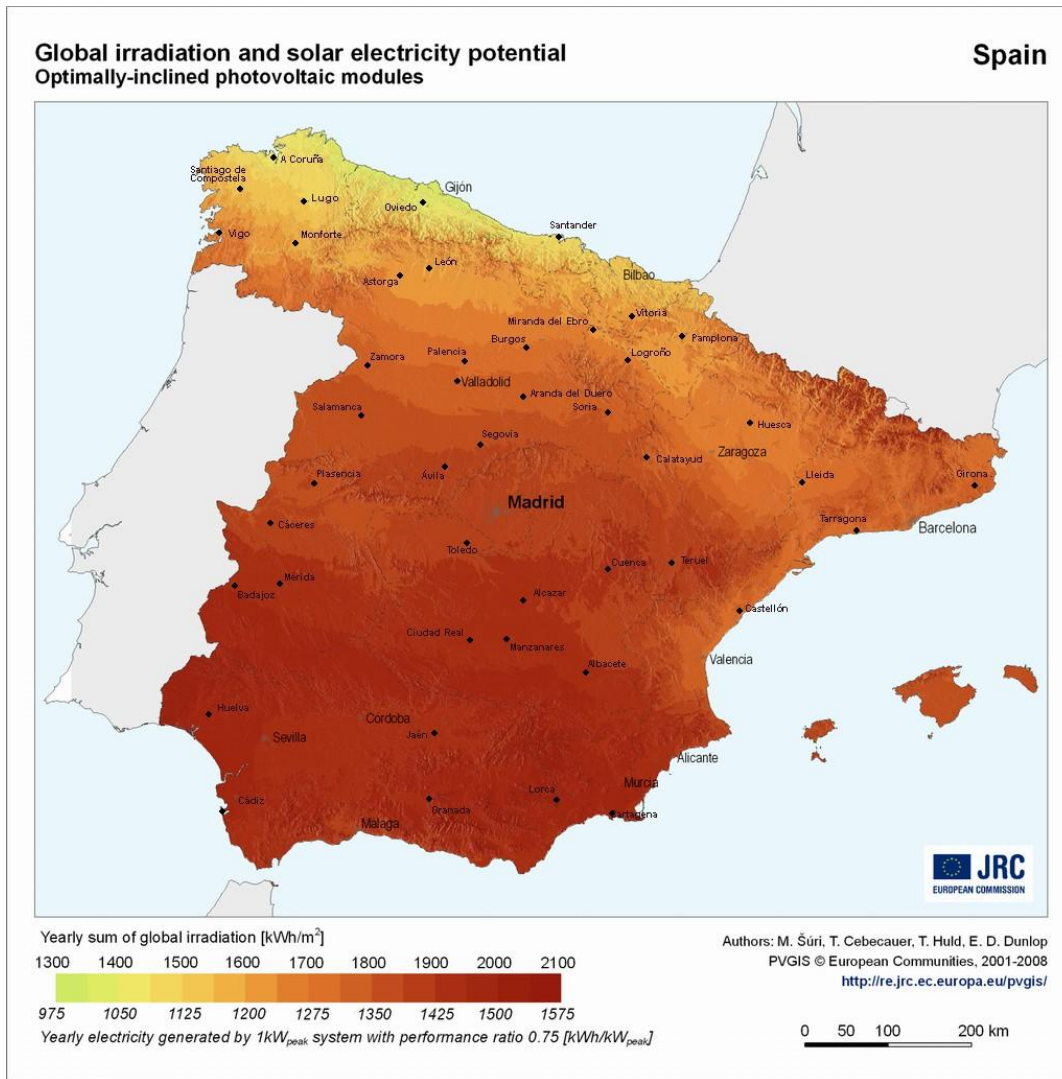


Figura 2.1: Mapa de irradiación solar en España, según PVGIS

En este mapa podemos observar la irradiación media anual, en kWh/m², presente en España. Podemos observar que la zona donde tenemos emplazado el parque es una de las zonas con mayor irradiación anual, lo cual es un punto muy a favor en general del emplazamiento elegido.

No obstante, España es uno de los países con mayor potencial en el campo de la energía solar fotovoltaica, debido a sus buenas condiciones de irradiación.

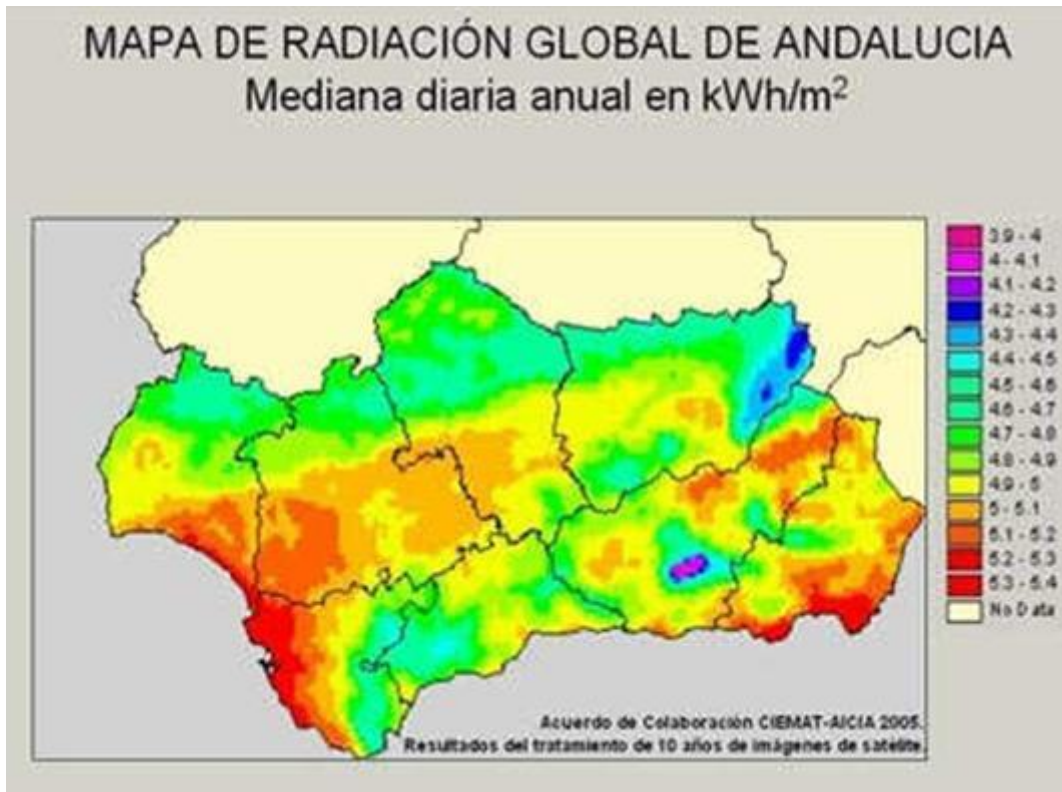


Figura 2.2: Mapa de irradiación solar en Andalucía

Aquí podemos observar en detalle un mapa con la distribución de la radiación solar anual, en kWh/m², en Andalucía. También podemos observar que nuestro emplazamiento es de los mejores de Andalucía para este fin.

2.1.2) Estimación de la irradiación

La planta solar fotovoltaica está situada en el término municipal de San Roque. Las coordenadas exactas, obtenidas utilizando el software **Google Earth**, son las siguientes:

Latitud: 36°11'31.68"N

Longitud: 5°23'2.54"O

Para obtener la irradiación media sobre la zona, haremos usos de un software online llamado **PVGIS** (Photovoltaic Geographical Information System). Se trata de una base de datos de irradiación solar sobre toda Europa, perteneciente a la web de la unión europea.

Antes de pasar a mostrar los cálculos obtenidos, aclararemos algunos conceptos importantes necesarios para la comprensión de, entre otras cosas, la inclinación óptima para aprovechar al máximo los paneles solares.

Para estudiar la inclinación óptima de los paneles solares de tal forma que la irradiación solar sea prácticamente perpendicular al plano que forman los paneles, se suele usar un sistema de **coordenadas esféricas**. El sistema de coordenadas esféricas se basa en la misma idea que las coordenadas polares y se utiliza para determinar la posición espacial de un punto mediante una distancia y dos ángulos. En consecuencia, un punto P queda representado por un conjunto de tres magnitudes: el radio r , el ángulo polar o colatitud θ y el azimut φ .

El plano fundamental es el horizontal, tangente a la superficie terrestre en ese punto. La perpendicular a dicho plano define la posición del **zenit**, mientras que en la dirección opuesta se sitúa el **nadir**. Las direcciones principales sobre el plano horizontal son la Norte-Sur, intersección con el plano meridiano del lugar, y la Este-Oeste. En este sistema que hemos definido, la posición del Sol se define mediante los siguientes parámetros.

- **Latitud del lugar (I):** Es la complementaria del ángulo formado por la recta que une el zenit y el nadir con el eje polar. Es positivo hacia el norte y negativo hacia el sur.
- **Meridiano del lugar:** Circuito máximo de la esfera terrestre que pasa por el lugar, por el zenit y por el nadir.
- **Distancia zenital (qzs):** Es el ángulo formado por el radio vector punto-tierra y la vertical del lugar. Es positivo a partir del zenit.
- **Altura solar (gs):** Ángulo que forman los rayos solares sobre la superficie horizontal. Ángulo complementario de la distancia zenital
- **Ángulo acimutal (ψ):** Ángulo formado por la proyección del Sol sobre el plano del horizonte con la dirección Sur.
- **Horizonte:** Lugar geométrico de los puntos con altura 0, es decir, el plano horizontal.

Como se ha comentado, mediante el software PVGIS es posible conocer la posición exacta del sol en cualquier momento del año, permitiendo así conocer la irradiación solar sobre cualquier punto de la superficie terrestre. Esto nos permite además encontrar una inclinación óptima para nuestros paneles para cada instante.

El valor de la irradiación solar sobre una superficie depende de dos ángulos que forma la superficie expuesta con dos planos. Dichos ángulos son el de **azimut** y el de **inclinación**. Se definen como:

- **Ángulo de azimut (ψ):** Se define como el ángulo formado entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Obsérvese que a 0° estaría mirando al sur y a 180° al norte.
- **Ángulo de inclinación (α):** Se define como el ángulo que forma la superficie del módulo con el plano horizontal. Obsérvese que con 0° estaría totalmente horizontal, y con 90° totalmente vertical.

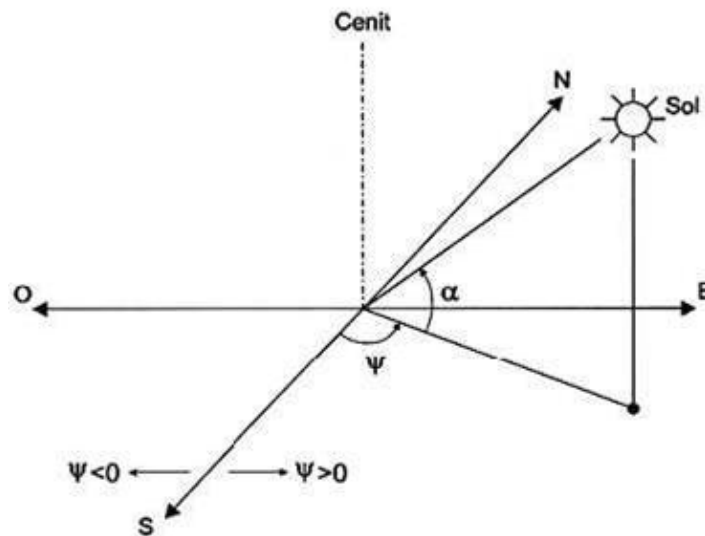


Figura 2.3: Esquema del ángulo acimutal ψ y del ángulo de inclinación α

A continuación haremos una comparativa entre dos posibilidades de diseño para la obtención de la irradiación solar.

Primero veremos que irradiación obtenemos para una instalación sin seguidores solares, bajo un ángulo de inclinación óptimo, que nos lo facilita el mismo programa. A continuación veremos la irradiación obtenida para un sistema de seguimiento a 2 ejes, es decir, con seguidores solares.

- **Irradiación bajo ángulo óptimo:** A continuación mostramos una tabla donde, una vez introducidas las coordenadas donde está emplazada la planta, el programa nos propone el ángulo óptimo para esa zona. Por ángulo óptimo se entiende aquel que permite una mayor obtención de irradiación sin mover las placas. Se obtiene lo siguiente:

Mes	Ángulo óptimo
Enero	60
Febrero	51
Marzo	39
Abril	22
Mayo	9
Junio	2
Julio	5
Agosto	17
Septiembre	33
Octubre	48
Noviembre	56
Diciembre	61
Anual	32

Así pues, observamos que el ángulo óptimo es **32°**. Bajo este ángulo, obtenemos la irradiación solar. Se obtiene lo siguiente.

Mes	H_d (kWh/m ²)	H_m (kWh/m ²)
Enero	3.94	122
Febrero	4.25	119
Marzo	5.38	167
Abril	5.51	165
Mayo	6.23	193
Junio	6.51	195
Julio	6.45	200
Agosto	6.38	198
Septiembre	5.72	172
Octubre	5.09	158
Noviembre	3.58	108
Diciembre	3.34	104
Año	5.21	158
Total por año		1900

H_d: Promedio diario por metro cuadrado (kW/m²)

H_m: Promedio mensual por metro cuadrado (kW/m²)

- **Seguidor solar a 2 ejes:** A continuación se muestra una tabla similar a la anterior, pero esta vez en lugar de un ángulo óptimo, usamos un seguidor solar a dos ejes. De esta manera, la placa está en constante movimiento buscando la irradiación solar, permitiendo un aprovechamiento mayor de la irradiación solar. Se obtiene lo siguiente:

Mes	H_d (kWh/m ²)	H_m (kWh/m ²)
Enero	5.06	157
Febrero	5.33	149
Marzo	7.04	218
Abril	7.30	219
Mayo	8.93	277
Junio	9.73	292
Julio	9.42	292
Agosto	8.89	275
Septiembre	7.49	225
Octubre	6.52	202
Noviembre	4.48	134
Diciembre	4.23	131
Año	7.05	214
Total por año		2570

Observamos un claro incremento. De esta manera se comprueba porqué es recomendable usar un seguidor solar, a pesar de que ello suponga una mayor inversión inicial. A continuación se muestra unas gráficas, a modo de comparativa visual:

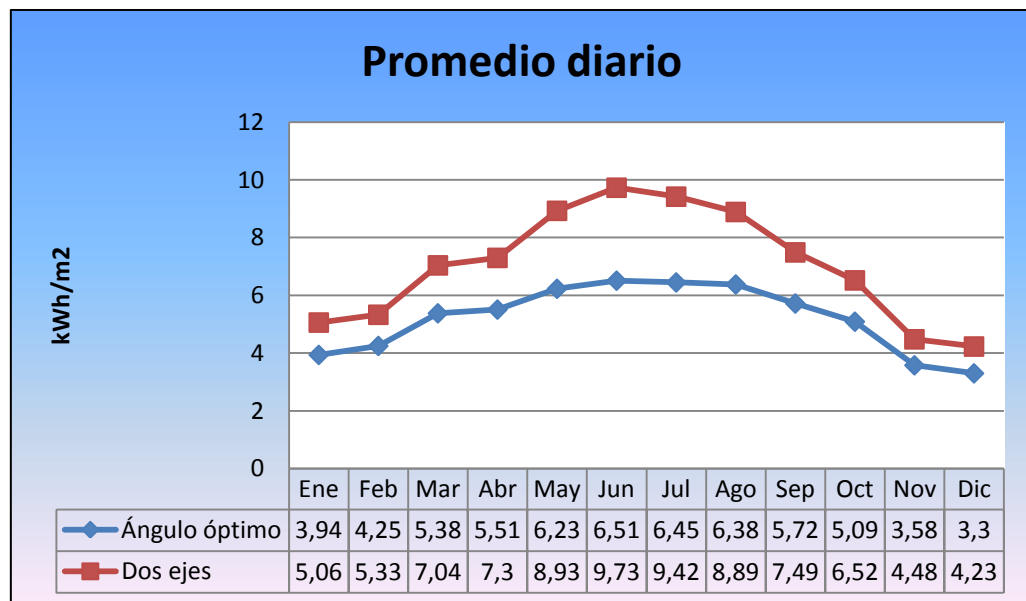


Figura 2.4: Gráfica comparativa del promedio diario de irradiación.

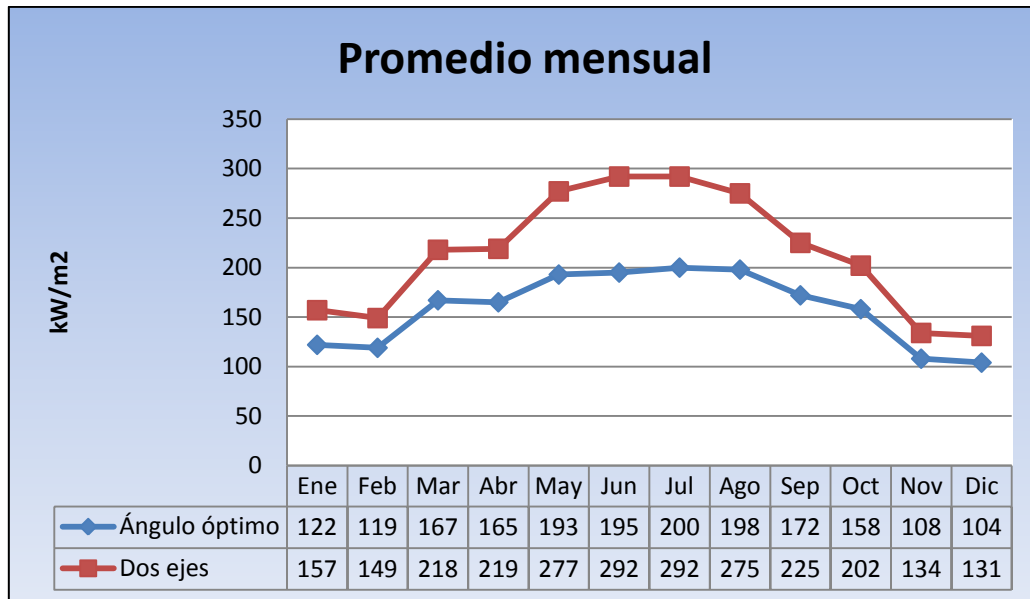


Figura 2.5: Gráfica comparativa del promedio mensual de irradiación

2.1.3) Pérdidas de irradiación por sombras.

A la hora de realizar las estimaciones de la irradiación solar obtenida en una superficie, las sombras son un factor que puede proporcionar pérdidas por que llegaría menos irradiación a las placas.

El mismo programa usado ya tiene en una base de datos un % de pérdidas por este efecto en la zona indicada. Para nuestra zona, el programa nos dice que existe un 0.1%, por lo que podemos decir que no sería apenas significativo contar con estas pérdidas.

2.1.4) Rendimiento energético de la instalación ó Performance Ratio.

Este parámetro se define como la relación entre la energía que un sistema fotovoltaico vende a la red de forma real, y la que vendería a un hipotético sistema ideal. Para dicho sistema se considera que los paneles siempre trabajan a la temperatura de referencia (25°) y que están totalmente libres de pérdidas.

Es decir, es una manera de cuantificar que tanto por ciento de energía se pierde en la propia instalación.

El rendimiento energético de la instalación tiene en cuenta todas las pérdidas energéticas producidas en la instalación, y que se deben sobre todo a las siguientes causas:

- Dependencia de la eficiencia de la temperatura.
- Eficiencia de cableado.
- Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.
- Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- La eficiencia energética del inversor
- Las pérdidas por un pequeños errores en el margen de movimiento del seguidor solar
- Otras pérdidas

Todos estos parámetros se han tenido en cuenta a la hora de los cálculos del rendimiento.

2.1.5) Características de los equipos utilizados. Resultados de la simulación.

2.1.5.1) Elección del módulo.

El módulo fotovoltaico usado es el **HIP-210NKHE5**, fabricado por la casa **Sanyo**. A continuación mostramos las características de dicho panel.

- RENDIMIENTO

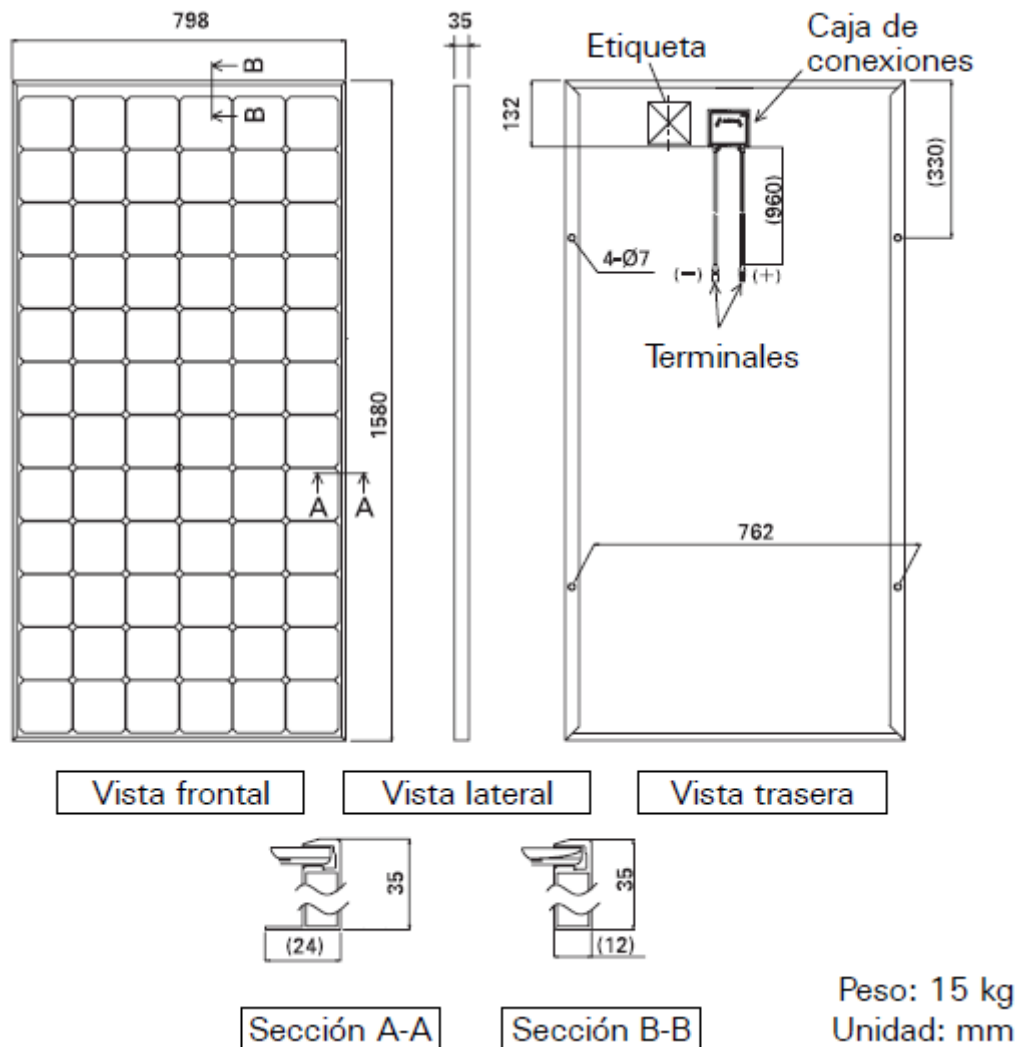
Eficiencia de la célula	18.9%
Eficiencia de la placa	16.7%

- CARÁCTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Potencia máxima [W]	210
Tensión para máxima potencia [V]	41.3
Corriente para máxima potencia [A]	5.09
Tensión en circuito abierto [V]	50.9
Corriente de cortocircuito [A]	5.57
Potencia mínima garantizada [W]	199.5
Protección contra sobrecorriente máxima [A]	15
Tolerancia de potencia a la salida [%]	+10/-5
Voltaje máximo del sistema [V]	1000
Coefficiente de temperatura de potencia máxima [%/°C]	-0.30
Coefficiente de temperatura de circuito abierto [V/°C]	-0.127
Coefficiente de temperatura de corriente de cortocircuito [A/°C]	1.67

- Nota 1: Condiciones estándar: masa del aire; radiación = 1000 W/m²; temperatura del panel = 25 °C.
- Nota 2: Los valores de la tabla son nominales.

- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS



Células por panel	72
Dimensión de la célula	125x125 mm
Tipo de conexión	Conector MC3, cable cada uno 960 mm (+ / -)
Marco de montaje	Aluminio anodizado
Peso	15 Kg
Carga máxima	2400 N/m ²
Normas	IEC 61730, IEC 61215, marca CE, clase de protección 2, TÜVdotCOM-ID: 0000022408

- DEPENDENCIA CON LA RADIACIÓN SOLAR

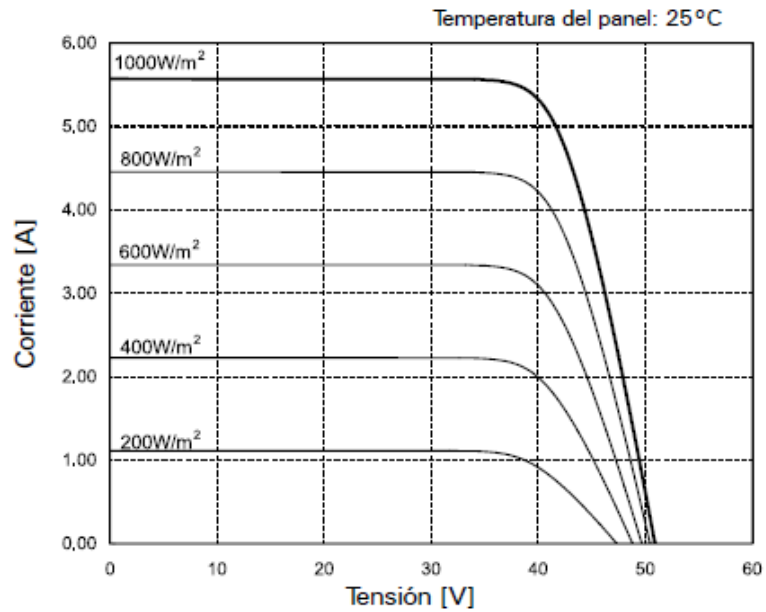


Figura 2.6: Característica I-V, dependencia de la irradiación solar

- DEPENDENCIA CON LA TEMPERATURA

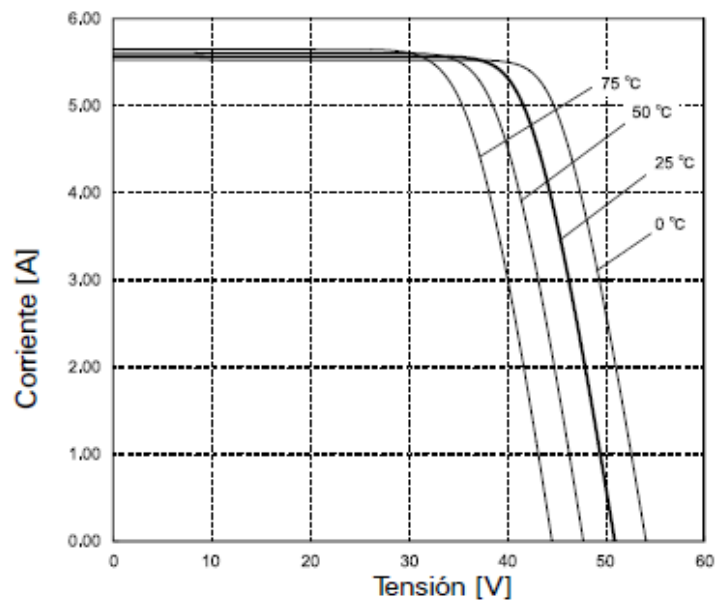


Figura 2.7: Característica I-V, dependencia de la temperatura.

2.1.5.2) Elección del seguidor solar

El seguidor solar elegido para nuestra instalación es el **seguidor solar a 2 ejes 125-120 ATR**, de la compañía **Titan Tracker**. Sus características son las siguientes:

- ASPECTOS GENERALES

Modelo	TITAN TRACKER 125-120 ATR
Seguimiento	Dos ejes con inicio cenital < 10°
Potencia máx.	Variable con el rendimiento del módulo empleado
Capacidad nominal	120 m ² (con viento de 125 km/h)
Capacidad máxima	124 m ²
Altura del eje a pista	3.500 mm.
Altura máxima a pista	Ajustable hasta 6.000 mm.
Diámetro de giro	15.520 mm.
Diámetro de giro máx.	19.020 mm.
Tensión de funcionamiento	I/III, 50/60 Hz

- ESTRUCTURA

Material	Acero S275JR / S250GDZ275 / tubo DIN 2458 Grado ST37
Protección	Galvanizado en caliente
Uniones	Tornillería galvanizada
Estándar	NBE-EA-95
Marcado CE	Sí
Viento último considerado (*)	125 km/h en cualquier posición
Viento pos. seguridad	Ajustable
Cimentación (hormigón)	6,5 m ³ sin encofrado
Cimentación (acero)	150 Kg
Desnivel max pista	+ - 20 mm.
Peso (sin módulos)	4.230 Kg
Instalación	Instalable por el cliente. Se puede servir pre-montado
Garantías	10 años (estructura)

- ACCIONAMIENTO

Tipo	Moto-reductores eléctricos
Transmisión (azimut)	Piñón-corona
Transmisión (elevación)	Piñón-corona con husillo
Potencia	2 x 120 W + 1 x 180 W
Precisión	Ajustable
Rango azimut	360° (desde -180° a +180°)
Rango elevación	75° (desde 10° a +85°)
Garantía	3 años

- SISTEMA DE CONTROL

Tipo	Controlador PLC (uno por emplazamiento)
Estrategia	Lazo abierto, según algoritmo
Calibración	Ajustable
Comunicaciones	RS 485
Posición nocturna	Ajustable
Cuadro eléctrico	Totalmente cableado. Incluye protecciones. IP65
Instalación	Instalable por el cliente. Se sirve pre-montado

(*) El viento se considera en los cálculos como una carga estática y se aplica con los coeficientes eólicos y desequilibrios establecidos por la normativa española NBE-EA-95. Se calcula bajo esa acción del viento para soportarlo incluso en posiciones de trabajo.

2.1.5.3) Elección del inversor

El inversor seleccionado para nuestra planta solar fotovoltaica es el modelo **FreeSun FS0080** de la compañía **Power electronics**. La distribución de los inversores en la planta será 3 inversores en cada huerto tipo I y 2 inversores en cada huerto tipo II para asegurarnos convertir toda la potencia generada. A continuación mostramos las características de dicho inversor.

- **LADO DE ENTRADA (DC)**

Rango de tensiones	450-820 Vdc
Tensión máxima permitida	900/1000Vdc
Corriente máxima permitida	206A _{dc}
Potencia máxima	96kW _p
Número de conexiones	4 por polo
Sección cable recomendada	95

- **LADO DE SALIDA (AC)**

Tensión de red ($\pm 10\%$)	400Vac
Corriente nominal	116A _{ac}
Potencia nominal	80kW
Rango de frecuencia de red	50-60Hz
Rizado de tensión, Tensión PV	<3%
Distorsión armónica de red en corriente	<3% a potencia nominal
Factor de potencia ($\cos\phi$)	≥ 0.99 a potencia nominal

- **EFICIENCIAS Y CONSUMOS**

Eficiencia máxima Pac nominal	97.1%
Rendimiento europeo	96.5%
Consumo en StandBy	<40W

- **CONDICIONES AMBIENTALES**

Grado de protección según EN 60529	IP54 (Outdoor) IP21 (Indoor)
Temperatura ambiente admisible	-20 a 50°C
Humedad relativa, sin condensación	10 a 95%
Altitud máxima (sobre el nivel del mar)	1000m
Flujo de aire	Entrada por laterales y trasera – Salida superior (Outdoor) Entrada parte trasera inferior – Salida parte superior (Indoor)
Dimensiones [WxHxD]	1440x1700x1040mm
Peso	1125Kg

- INTERFAZ DE CONTROL

Comunicación	Modbus, CAN, Ethernet, GSM/GPRS
Entradas digitales	2 entradas programables aisladas galvánicamente
Entradas analógicas	2 entradas programables y diferenciales Señal de corriente: 0-20mA Señal de tensión: Escala configurable (± 10 mV a ± 10 V)
Entrada PT100	1 entrada
Interfaz para monitorización de String	CANopen/Modbus
Interfaz para PC o PLC	RS232/RS485/USB/Ethernet Protocolo Modbus, Modbus TCP
Salidas digitales	2 Relés aislados eléctricamente conmutados programables
Salidas analógicas	1 salida, aislada galvánicamente

- DIAGRAMA FUNCIONAL

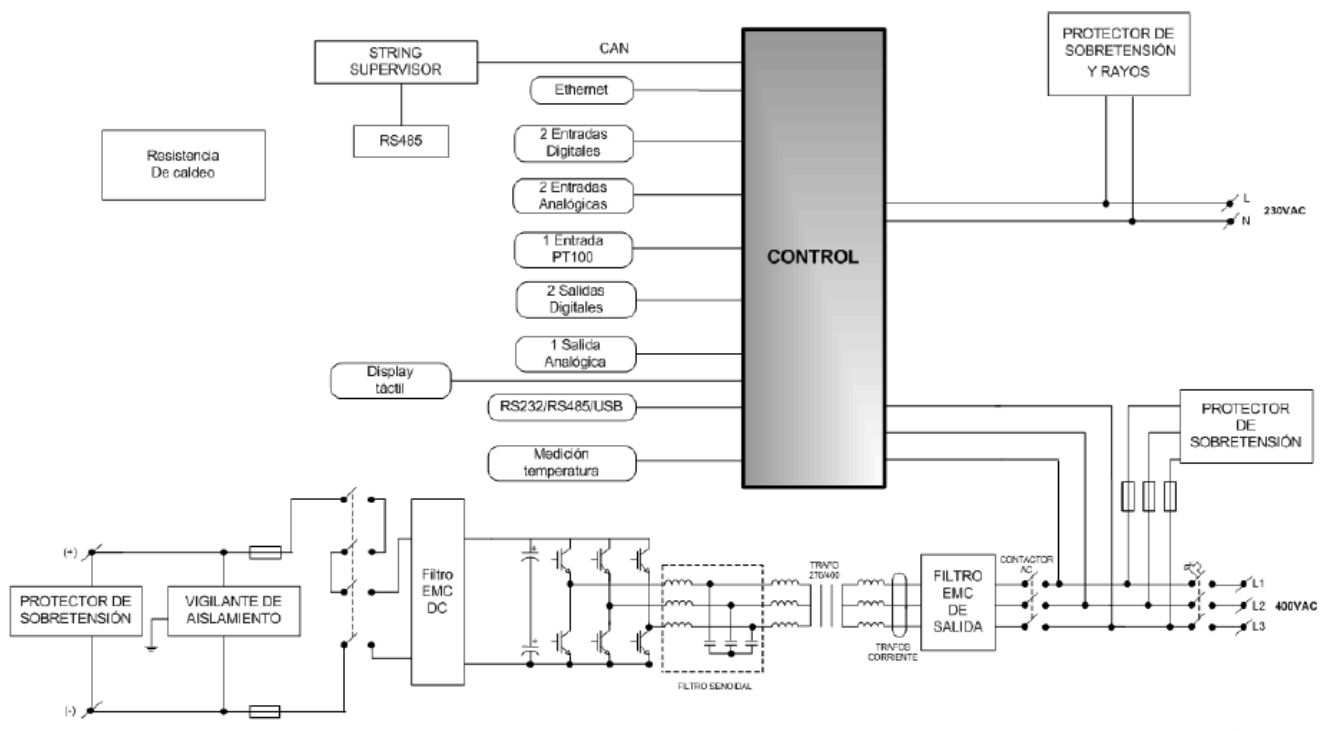


Figura 2.8: Diagrama funcional del inversor.

2.1.5.4) Diseño eléctrico por huerto solar

A continuación mostraremos el diseño eléctrico de cada huerto solar. Cada huerto contiene 4 seguidores solares, distribuidos en cuatro tipos de sectores, como se puede comprobar en los planos. El diseño es el siguiente:

Seguidores solares	4
Nº total de módulos	$96 \cdot 4 = 384$
Cantidad de módulos en serie	12
Cantidad de ramas en paralelo	$8 \cdot 4 = 32$
Potencia total	80.64 kW _p
Superficie necesaria para cada huerto (aproximada)	2343 m ²
Superficie total necesaria (aproximada)	$106 \cdot 72 = 168744$ m ²
Tensión nominal en DC (V _{mpp})	$50.9 \cdot 12 = 610.8$ V
Corriente nominal en DC (I _{mpp})	$5.57 \cdot 32 = 178.24$ A

Las tensiones y corrientes nominales en DC de cada huerto se obtienen a partir de la **tensión de vacío (V_{oc})** y la **corriente de cortocircuito (I_{cc})** de nuestro módulo solar. Es importante que esos valores no superen los máximos permitidos por el inversor.

2.1.5.5) Producción de energía estimada y retribuciones económicas.

A continuación mostraremos la estimación de la producción de energía de la planta. Para ello también haremos uso del software **PVGIS**, el cual es capaz de hacer la estimación indicarle la potencia pico instalada y un % de pérdidas en la instalación. El programa nos estima el resto de pérdidas en función de unos datos de su base de datos. Dichas pérdidas se desglosan como sigue:

- Pérdidas debidas a la temperatura: 12.0% (Usando temperatura ambiente local)
- Pérdidas debidas a efectos angulares de reflectancia: 2.7%
- Otras pérdidas (Cables, Inversor...): 5%
- **TOTAL: 19.7%**

Como hicimos anteriormente, mostraremos una comparativa entre las retribuciones económicas obtenidas en ángulo óptimo y las obtenidas con un seguidor solar a 2 ejes, para ver si compensa el uso de los seguidores. Para el cálculo de las de las retribuciones económicas, más adelante se profundizará más en él, pero podemos adelantar que el precio del kWh será de **32 c€/kWh**. Se obtiene lo siguiente:

- Producción y retribuciones bajo ángulo óptimo (32°):

Sistema con inclinación bajo ángulo óptimo (32°)		
Mes	Estimación mensual de potencia (kWh)	Retribuciones económicas (€)
Enero	604000	193.280,00
Febrero	582000	186.240,00
Marzo	795000	254.400,00
Abril	780000	249.600,00
Mayo	901000	288.320,00
Junio	896000	286.720,00
Julio	910000	291.200,00
Agosto	898000	287.360,00
Septiembre	792000	253.440,00
Octubre	746000	238.720,00
Noviembre	522000	167.040,00
Diciembre	510000	163.200,00
Total del año	8.936.000,00	2.859.520,00

- Producción y retribuciones con un seguidor de dos ejes:

Sistema con seguimiento a dos ejes		
Mes	Estimación mensual de potencia (kWh)	Retribuciones económicas (€)
Enero	762000	243.840,00
Febrero	721000	230.720,00
Marzo	1030000	329.600,00
Abril	1030000	329.600,00
Mayo	1300000	416.000,00
Junio	1350000	432.000,00
Julio	1330000	425.600,00
Agosto	1260000	403.200,00
Septiembre	1040000	332.800,00
Octubre	947000	303.040,00
Noviembre	641000	205.120,00
Diciembre	630000	201.600,00
Total del año	12.041.000,00	3.853.120,00

Se ve que supone un aumento de beneficios de **casi 1 millón de €**. A continuación mostramos unas gráficas a modo de comparativa visual.

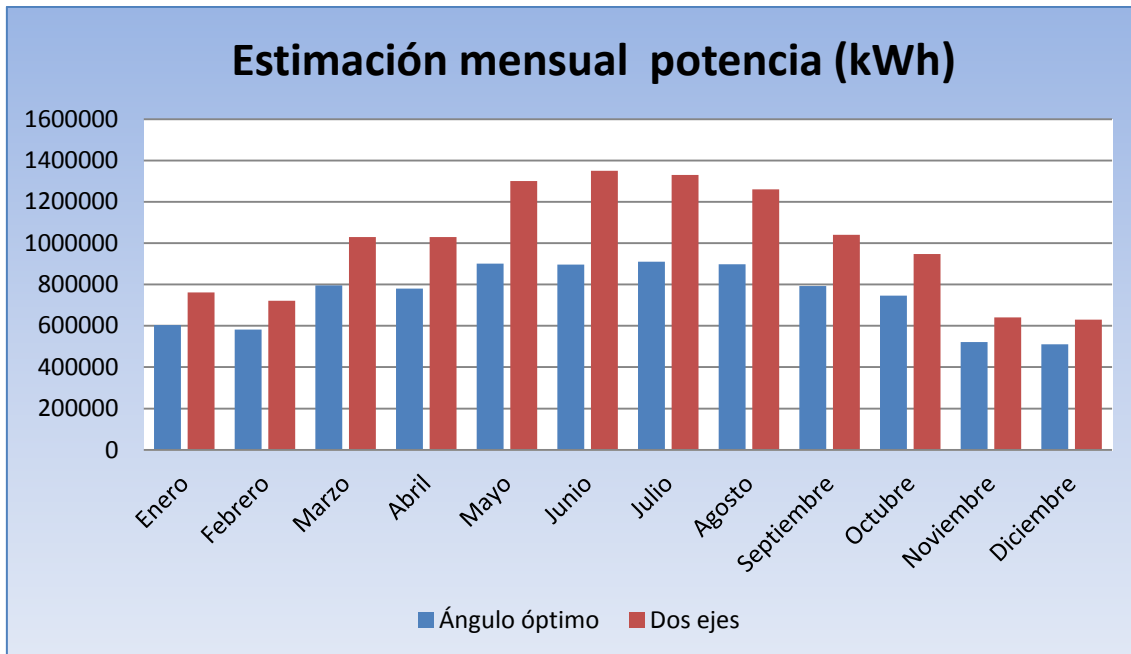


Figura 2.9: Comparativa de la estimación mensual de potencia.

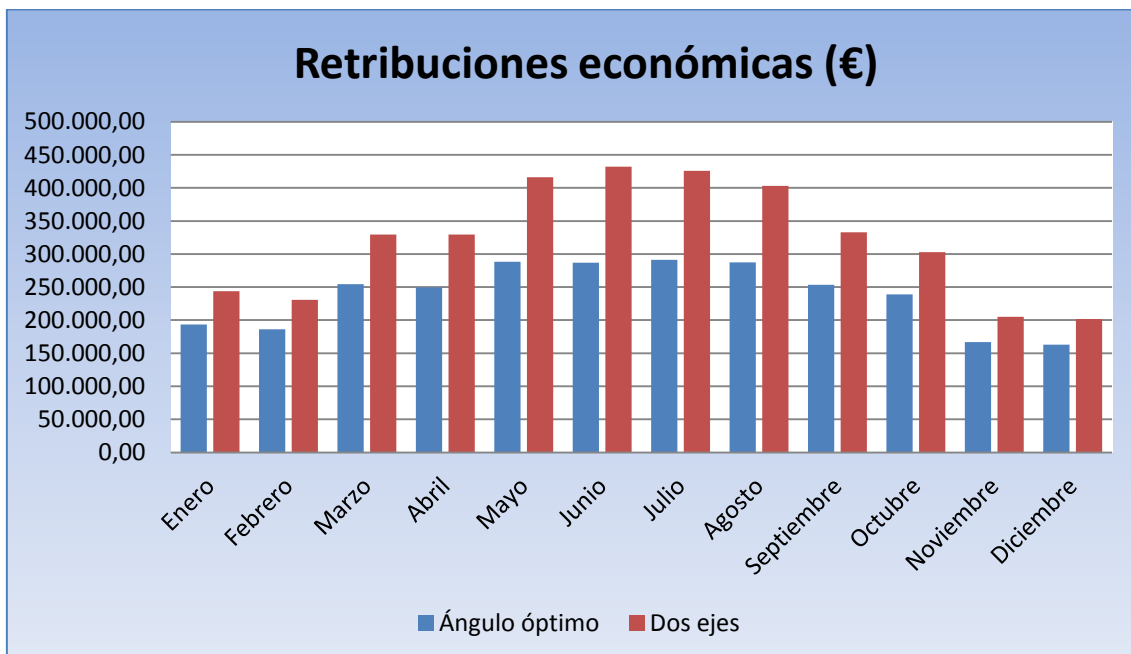


Figura 2.10: Comparativa de las retribuciones económicas.

De esta manera, queda justificada la elección de un seguidor de dos ejes.

2.2) Cálculo eléctrico.

2.2.1) Descripción general de las instalaciones eléctricas fotovoltaicas.

A continuación enumeraremos las partes de la consta toda instalación solar fotovoltaica conectada a la red de forma generalizada.

- **Generador fotovoltaico:** Formado por una agrupación en serie y en paralelo de paneles solares fotovoltaicos. Generalmente suelen ir en un seguidor solar para un mayor aprovechamiento de la irradiación solar.
- **Seguidor solar:** Dispositivo mecánico capaz de de orientar los paneles solares de forma que estos permanezcan cercanos a la perpendicular de los rayos solares. De esta manera se consigue un mayor aprovechamiento de la irradiación solar, y por tanto, una mayor producción
- **Inversor:** La tensión generada por los módulos fotovoltaicos es corriente continua. Si queremos vender esta tensión a la red eléctrica será necesario pasarla a corriente alterna trifásica de baja tensión. Este paso lo conseguimos gracias al inversor.
- **Transformador:** La tensión trifásica en baja tensión generada por el conjunto de inversores se eleva hasta media tensión para poder conectar la instalación a la red de distribución de la compañía eléctrica y así permitir su posterior venta
- **Instalación eléctrica de evacuación de la energía:** Existe una línea de evacuación subterránea de media tensión. Esta línea va desde el centro de transformación al apoyo de conexión con la red general eléctrica.

2.2.2) Instalación eléctrica de baja tensión de un productor fotovoltaico

Dado que los 74 huertos solares de los que disponemos tienen una estructura similar, se abordará el cálculo de uno de ellos, extrapolando los resultados a todos los demás huertos.

2.2.2.1) Tensión nominal y caída de tensión máxima admisible

La tensión nominal en baja tensión en alterna que tenemos a la salida del inversor será **trifásica de 400 Vac**. La tensión nominal en baja tensión en continua a la entrada del inversor y a la salida de cada huerto solar es de **610.8 Vdc**. Todos los conductores serán de cobre, y el dimensionado de su sección se calculará para no sobrepasar en la parte de continua una caída de tensión de **1.5%**, y en la parte de alterna para no superar una tensión de **2%**, según el pliego de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red del **IDAE** (más adelante indicada)

Los cables empleados en la instalación tendrán un aislamiento mayor de **1000 V**, y serán de **doble aislamiento**. Los cables empleados para la interconexión entre módulos estarán protegidos contra la degradación por el efecto de la intemperie (radiación solar y altas temperaturas). El cableado entre módulos, ramas e inversores será con cables tipo **H7RN-F (ó W 0.6/1kV)**, y para el resto del cableado utilizaremos cables tipo **RV 0.6/1kV**. Los cables serán flexibles para evitar tensiones y peligro por cizalladura. Las cajas de conexionado que estén a la intemperie tendrán una protección IP65, y aunque venga preinstalado con el seguidor solar, se intentará evitar la exposición directa al sol, en la medida de lo posible.

3) Líneas subterráneas de Baja Tensión

3.1) Introducción

Para los cálculos de conductores se tiene en cuenta principalmente las caídas de tensión máximas admisibles, así como las intensidades máximas que pueden soportar, según las tablas, indicadas cada una en su caso correspondiente, del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (**REBT**). En el **apartado 5.5.2** del pliego de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red del **IDAE** se dice:

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 % y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 2 %, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

Aunque no sea estrictamente la normativa vigente, por la ausencia de este concepto en el REBT estos serán nuestros parámetros de referencia. También se tendrá muy en cuenta los factores de corrección que se deben aplicar por ir los conductores bajo tubo o agrupados. El cable a utilizar será **RV 0.6/1kV**

Las fórmulas que vamos a emplear se pueden encontrar en el Anexo 2 del **REBT**. Utilizaremos las expresiones simplificadas, porque se usarán para la parte de baja tensión.

- Para líneas monofásicas:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot U \cdot e}; \quad I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi}$$

- Para líneas trifásicas:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot U \cdot e}; \quad I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}$$

- **S**: Sección del conductor [mm²]
- **γ**: Conductividad del material de la línea. Este valor está normalizado en función del material y la temperatura [m/Ω·mm²] (56 para el Cobre y 35 para el aluminio)
- **P**: Potencia prevista para la línea [W]
- **L**: Longitud de la línea [m]
- **U**: Tensión nominal [V]
- **I**: Intensidad que circula por el conductor [A]
- **e**: Caída de tensión admisible [V]
- **Cosφ**: Factor de potencia

3.2) Red de baja tensión

La red de Baja Tensión que distribuye la energía de cada sector parte de un centro de transformación ubicado en el susodicho sector, que pasará a alimentar las doce Cajas Generales de Protección de cada sector. Puede comprobarse la distribución de cada sector en los planos adjuntos.

3.2.1) Líneas desde cada fila hasta el cuadro de interconexión. (CC)

Como todos los seguidores tienen un diseño eléctrico similar, se pueden extrapolar los cálculos para todos los seguidores. Tenemos que señalar que, dado que estos cables se encuentran expuestos a la intemperie

- **Criterio de calentamiento**

$$P = P_{mod} \cdot n^{\circ} \text{ mod fila} = 210 \cdot 12 = 2520 \text{ W}$$

$$I = I_{cc} = 5.57 \text{ A}$$

$$U = 610.8 \text{ V}$$

Con este valor de intensidad, consultando la **tabla 5 del ITC-BT-07** (Tabla 5: Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente)), para ese valor de corriente escogeremos una sección de **10 mm²** según tabla. Escogemos un **fusible de valor 10 A**.

- **Criterio de caída de tensión**

Recordamos que al ser una línea monofásica usamos la ecuación correspondiente a las líneas monofásicas para el cálculo de las caídas de tensión.

Fila	1	2	3	4	5	6	7	8
P (W)	2520	2520	2520	2520	2520	2520	2520	2520
L (m)	45	40	35	30	30	35	40	45
U (V)	610,8	610,8	610,8	610,8	610,8	610,8	610,8	610,8
γ (m/mm²)	56	56	56	56	56	56	56	56
I(A)	5,57	5,57	5,57	5,57	5,57	5,57	5,57	5,57
Fusible (A)	10	10	10	10	10	10	10	10
Sfase(mm²)	10	10	10	10	10	10	10	10
e(V)	0,66	0,59	0,52	0,44	0,44	0,52	0,59	0,66
%ΔV	0,11	0,10	0,08	0,07	0,07	0,08	0,10	0,11

Vemos que la máxima caída de tensión porcentual es de **0.11%**, lo cual es un valor aceptable.

Por tanto, los cables entre el cuadro de conexión y la entrada del inversor serán del tipo:

$$2 \times 10 \text{ mm}^2, \text{ RV } 0.6/1\text{kV}, \text{ Cu}$$

3.2.2) Líneas desde el cuadro de interconexión hasta el inversor. (CC)

Como en nuestra planta solar fotovoltaica todos los huertos eléctricos tienen un diseño eléctrico similar, podemos extrapolar estos cálculos a todos los huertos. Tenemos un cuadro de interconexión a la salida de cada seguidor.

- **Criterio de calentamiento**

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ módulos} &= (12 \text{ serie}) \times (8 \text{ paralelo}) = 96 \\ P &= 96 \cdot 210 = 20160 \text{ W} \\ I &= I_{cc} \cdot n^{\circ} \text{ ramas en paralelo} = 5.57 \cdot 8 = 44.56 \text{ A} \\ U &= U_0 \cdot n^{\circ} \text{ ramas en serie} = 50.9 \cdot 12 = 610.8 \text{ V} \end{aligned}$$

Con este valor de intensidad, consultando la **tabla 5 del ITC-BT-07** (Tabla 5: Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente)), para ese valor de corriente escogeremos una sección de **10 mm²** según tabla. Asimismo, escogeremos un **fusible de 80 A**.

- **Criterio de caída de tensión**

Recordamos que al ser una línea monofásica usamos la ecuación correspondiente a las líneas monofásicas para el cálculo de las caídas de tensión.

Cuadro Interconexión	1	2	3	4
P (kW)	20,16	20,16	20,16	20,16
L (m)	41	17	17	41
U (V)	610,8	610,8	610,8	610,8
γ (m/mm²)	56	56	56	56
I(A)	44,56	44,56	44,56	44,56
Fusible (A)	80	80	80	80
Sfase(mm²)	10	10	10	10
e(V)	4,83	2,00	2,00	4,83
%ΔV	0,79	0,33	0,33	0,79

Vemos que la máxima caída de tensión porcentual es de **0.79%**, lo cual es un valor aceptable.

Por tanto, los cables entre el cuadro de conexión y la entrada del inversor serán del tipo:

$$2 \times 10 \text{ mm}^2, \text{ RV } 0.6/1\text{kV}, \text{ Cu}$$

3.2.4) Líneas desde la Caja General de Protección hasta el Centro de Transformación (CA)

Como la distancia de la C.G.P hasta el CT es similar en todos los huertos, podemos extrapolar los cálculos a todos los conductores de todos huertos solares, y por tanto a todos los sectores.

$$\begin{aligned}P &= 80640 \text{ W} \\U &= 400 \text{ V} \\ \cos\varphi &= 1 \\L &\cong 6 \text{ m}\end{aligned}$$

- Criterio de calentamiento

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{80640}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 116.39 \text{ A}$$

Con este valor de intensidad, consultando la **tabla 5 del ITC-BT-07** (Tabla 5: Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente)), podemos escoger una terna de cables unipolares XLPE - Polietileno reticulado bajo tubo o conducto de sección **240 mm²**, ya que la intensidad máxima admisible para dicho conductor es de $550 \times 0.8 = 440 \text{ A}$ (el 0.8 es un factor de corrección por ir los cables bajo tubo). Para el neutro escogeremos una sección de **150 mm²**.

- Criterio de caída de tensión

Para el cálculo de la caída de tensión, consideramos la sección obtenida anteriormente.

$$e = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot U \cdot S} = \frac{80640 \cdot 6}{56 \cdot 400 \cdot 240} = 0.09 \text{ V}$$

Lo cual representa el 0.0225 % del total, un valor aceptable según el criterio que hemos establecido.

Por lo tanto, la sección de los cables del CT hasta la C.G.P será de:

3x240 mm² + 1x150 mm², RV 0.6/1kV, Cu, bajo tubo de protección de PVC de 160 mm de diámetro.

3.2.3) Líneas desde la salida del inversor hasta la C.G.P. (CA)

Esta vez, haremos el cálculo sector a sector, ya que en cada sector hay una distribución específica. Puede consultarse la distribución de cada sector en los planos adjuntos.

- Sector 1 y Sector 2

Debido a la semejanza existente entre estos dos sectores, podemos extrapolar los cálculos entre uno y otro. A continuación mostramos los valores implicados para cada inversor en una tabla. Todos los cálculos efectuados son idénticos a los que se han hecho en la sección anterior, es decir, se realiza el cálculo de la corriente con el criterio de calentamiento y a continuación se escoge la sección en la **tabla 5 del ITC-BT-07** (Tabla 5: Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente), para obtener así la caída de tensión en ese cable:

Inversor	1	2	3	4	5	6
P (kW)	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64
L (m)	99	83	66	66	83	99
U (V)	400	400	400	400	400	400
$\gamma(\text{m}/\text{mm}^2)$	56	56	56	56	56	56
cosϕ	1	1	1	1	1	1
I (A)	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39
Sfase (mm²)	240	240	240	240	240	240
Sneutro (mm²)	150	150	150	150	150	150
e (V)	1,485	1,245	0,99	0,99	1,245	1,485
%ΔV	0,37	0,31	0,25	0,25	0,31	0,37

Inversor	7	8	9	10	11	12
P (kW)	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64
L (m)	99	83	66	66	83	99
U (V)	400	400	400	400	400	400
$\gamma(\text{m}/\text{mm}^2)$	56	56	56	56	56	56
cosϕ	1	1	1	1	1	1
I (A)	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39
Sfase (mm²)	240	240	240	240	240	240
Sneutro (mm²)	150	150	150	150	150	150
e (V)	1,485	1,245	0,99	0,99	1,245	1,485
%ΔV	0,37	0,31	0,25	0,25	0,31	0,37

Vemos que la máxima caída de tensión porcentual es de **0.37%**, lo cual es un valor aceptable según el criterio que hemos establecido.

Por tanto, tanto para el sector 1 como el 2 los cables serán del tipo:

3x240 mm² + 1x150 mm², RV 0.6/1kV, Cu, bajo tubo de protección de PVC de 160 mm de diámetro.

- Sector 3 y Sector 5

Como ocurría anteriormente, debido a la semejanza de estos dos sectores, podemos extrapolar los cálculos entre uno y otro.

Inversor	1	2	3	4	5	6
P (kW)	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64
L (m)	144	160	180	39	22	6
U (V)	400	400	400	400	400	400
γ(m/mm²)	56	56	56	56	56	56
cosφ	1	1	1	1	1	1
I (A)	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39
Sfase (mm²)	240	240	240	240	240	240
Sneutro (mm²)	150	150	150	150	150	150
e (V)	2,16	2,4	2,7	0,585	0,33	0,09
%ΔV	0,54	0,60	0,68	0,15	0,08	0,02

Inversor	7	8	9	10	11	12
P (kW)	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64
L (m)	18	39	56	144	160	180
U (V)	400	400	400	400	400	400
γ(m/mm²)	56	56	56	56	56	56
cosφ	1	1	1	1	1	1
I (A)	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39
Sfase (mm²)	240	240	240	240	240	240
Sneutro (mm²)	150	150	150	150	150	150
e (V)	0,27	0,585	0,84	2,16	2,4	2,7
%ΔV	0,07	0,15	0,21	0,54	0,60	0,68

Vemos que la máxima caída de tensión porcentual en estos sectores es de **0.68%**, lo cual es un valor aceptable.

Por tanto, para el sector 3 como para el 5 los cables serán del tipo:
3x240 mm² + 1x150 mm², RV 0.6/1kV, Cu, bajo tubo de protección de PVC de 160 mm de diámetro.

- Sector 4

Inversor	1	2	3	4	5	6
P (kW)	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64
L (m)	160	141	124	35	17	6
U (V)	400	400	400	400	400	400
γ(m/mm²)	56	56	56	56	56	56
cosϕ	1	1	1	1	1	1
I (A)	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39
Sfase (mm²)	240	240	240	240	240	240
Sneutro (mm²)	150	150	150	150	150	150
e (V)	2,4	2,115	1,86	0,525	0,255	0,09
%ΔV	0,60	0,53	0,47	0,13	0,06	0,02

Inversor	7	8	9	10	11	12
P (kW)	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64
L (m)	16	36	54	160	141	124
U (V)	400	400	400	400	400	400
γ(m/mm²)	56	56	56	56	56	56
cosϕ	1	1	1	1	1	1
I (A)	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39
Sfase (mm²)	240	240	240	240	240	240
Sneutro (mm²)	150	150	150	150	150	150
e (V)	0,24	0,54	0,81	2,4	2,115	1,86
%ΔV	0,06	0,14	0,20	0,60	0,53	0,47

Vemos que la máxima caída de tensión porcentual en estos sectores es de **0.60%**, lo cual es un valor aceptable.

Por tanto, para el sector 4 los cables serán del tipo:
3x240 mm² + 1x150 mm², RV 0.6/1kV, Cu, bajo tubo de protección de PVC de 160 mm de diámetro.

- Sector 6

Inversor	1	2	3	4	5	6
P (kW)	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64
L (m)	90	75	82	136	118	102
U (V)	400	400	400	400	400	400
γ(m/mm²)	56	56	56	56	56	56
cosϕ	1	1	1	1	1	1
I (A)	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39
Sfase (mm²)	240	240	240	240	240	240
Sneutro (mm²)	150	150	150	150	150	150
e (V)	1,35	1,125	1,23	2,04	1,77	1,53
%ΔV	0,34	0,28	0,31	0,51	0,44	0,38

Inversor	7	8	9	10	11	12
P (kW)	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64	80,64
L (m)	90	72	78	115	131	148
U (V)	400	400	400	400	400	400
γ(m/mm²)	56	56	56	56	56	56
cosϕ	1	1	1	1	1	1
I (A)	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39	116,39
Sfase (mm²)	240	240	240	240	240	240
Sneutro (mm²)	150	150	150	150	150	150
e (V)	1,35	1,08	1,17	1,725	1,965	2,22
%ΔV	0,34	0,27	0,29	0,43	0,49	0,56

Vemos que la máxima caída de tensión porcentual en estos sectores es de **0.56%**, lo cual es un valor aceptable.

Por tanto, para el sector 6 los cables serán del tipo:
3x240 mm² + 1x150 mm², RV 0.6/1kV, Cu, bajo tubo de protección de PVC de 160 mm de diámetro.

4) Centro de Transformación

4.1) Esquema del centro de transformación

El esquema que usaremos para nuestro Centro de Transformación, según se puede ver en la **sección 2.1 del capítulo IV de las normas particulares de Sevillana Endesa**, es el siguiente:

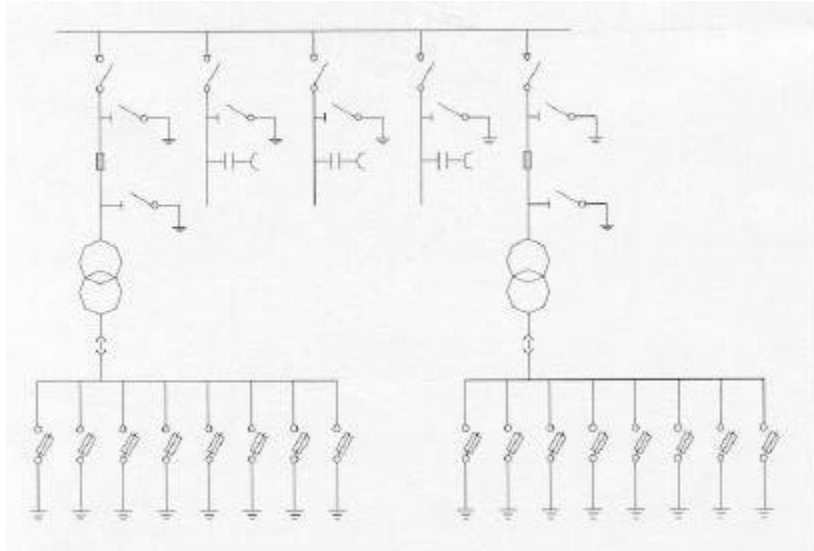


Figura 4.1: Esquema de un CT con dos entradas/salidas ampliable a una más, con dos transformadores.

4.2) Previsión de potencia para el Centro de Transformación

Para la potencia del centro de transformación, según el **apartado 2 del capítulo VIII de las normas particulares de Sevillana-Endesa**, *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. Si el punto de conexión está en un centro de transformación, la suma de las potencias conectadas a ese centro no podrá superar la mitad de la capacidad de transformación.*

Esto quiere decir que la instalación a proyectar ha de soportar el doble de la potencia instalada, por ello haremos el diseño con esta consideración. Como nuestra instalación posee una potencia pico de 5.8 MW, habrá que trabajar con una potencia de **12 MW** aproximadamente, así que instalaremos un centro de transformación en cada sector formado por **dos transformadores de 1000 kVA**, ya que este es el tamaño máximo a considerar según normativa.

Nótese que se ha usado un **factor de potencia unitario** (es decir, hemos considerado toda la potencia del transformador como potencia activa) debido a que este valor es regulable en el inversor y que incluyendo la línea, este valor está muy cercano a la unidad. En cualquier caso, debido al gran sobredimensionamiento que se hace por normativa, en ningún caso será un problema.

La disposición de los Centro de Transformación se hará en forma de **anillo**, es decir, mediante dos tramos separados que irán conectando los CT en paralelo, y yendo cada uno de los tramos al centro de entrega por separado. Como se puede comprobar en los planos, uno de los tramos lleva hasta el centro de entrega los transformadores de los sectores 1, 2 y 3, y el otro tramo los transformadores de los sectores 4, 5 y 6.

4.3) Intensidad en alta tensión

En un sistema trifásico, la intensidad del devanado primario o de alta tensión viene determinada por la expresión:

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

Siendo:

- **S (kVA):** Potencia del transformador.
- **U (kV):** Tensión de alta (25 kV).
- **I_p (A):** Intensidad de alta.

Por tanto, y teniendo en cuenta que todos nuestros transformadores son de 1000 kVA, la intensidad del lado de alta es:

$$I_P = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 25} = 23.09 \text{ A}$$

Al tener dos transformadores en el Centro de Transformación, el total de la intensidad primaria es de **46.18 A**.

4.4) Intensidad en baja tensión

En un sistema trifásico, la intensidad del devanado primario o de alta tensión viene determinada por la expresión:

$$I_S = \frac{S \cdot \cos\varphi - P_{fe} - P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

- **S (kVA):** Potencia del transformador.
- **U (kV):** Tensión de baja (0.4kV).
- **W_{fe} (W):** Pérdidas en el hierro.
- **W_{cu} (W):** Pérdidas en los arrollamientos.
- **I_s (A):** Intensidad de baja.

Los valores de las pérdidas se obtienen mediante una simulación, de la cual se obtiene una corriente de baja tensión de **1425.33 A**.

4.5) Cortocircuitos

4.5.1) Generalidades

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito, se determina una potencia de cortocircuito de **500 MVA**. Este dato nos lo proporciona la compañía suministradora.

4.5.2) Expresiones para el cálculo de las Corrientes de Cortocircuito

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

- **Intensidad en el lado de alta para cortocircuito**

$$I_{CCP} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

- **S_{cc} (MVA):** Potencia de cortocircuito
- **U (kV):** Tensión de alta (25 kV)
- **I_{ccp} (kA):** Intensidad de cortocircuito de alta

- **Intensidad en el lado de baja para cortocircuito**

No la calcularemos, ya que será menos que la del lado de alta.

- **Intensidad en el lado de baja para cortocircuito**

$$I_{CCS} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{CC}}{100} \cdot U_S}$$

- **S (kVA):** Potencia del transformador.
- **U_{cc} (V):** Tensión porcentual de cortocircuito del transformador (6 %)
- **U_s (V):** Tensión de baja.
- **I_{css} (kA):** Intensidad de cortocircuito de baja.

4.5.3) Cortocircuito en el lado de alta

Utilizando la expresión expuesta anteriormente obtenemos:

$$I_{CCP} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 25} = \mathbf{11.55 \text{ kA}}$$

4.5.4) Cortocircuito en el lado de baja

Utilizando la expresión expuesta anteriormente obtenemos:

$$I_{CCS} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot \frac{6}{100} \cdot 400} = \mathbf{24.06 \text{ kA}}$$

Al tener dos transformadores en paralelo, la corriente de cortocircuito total del lado de baja es de **48.12 kA**

4.6) Dimensionado del embarrado

Como resultado de los ensayos que han sido realizados a las celdas fabricadas por Schneider Electric no son necesarios los cálculos teóricos ya que con los certificados de ensayo ya se justifican los valores que se indican tanto en esta memoria como en las placas de características de las celdas.

4.6.1) Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene como objeto verificar que no se supera la máxima densidad de corriente admisible por el elemento conductor cuando por el circule un corriente igual a la corriente nominal máxima.

Para las celdas modelo CAS-36 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 9701B025-A7-EB-03 realizado por LABEIN.

4.6.2) Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La comprobación por sollicitación electrodinámica tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fase.

Para las celdas modelo CAS-36 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 9701B025-A7-EB-01 realizado por LABEIN.

El ensayo garantiza una resistencia electrodinámica de 40kA

4.6.3) Comprobación por sollicitación térmica. Sobreintensidad térmica admisible.

La comprobación por sollicitación térmica tiene como objeto comprobar que por motivo de la aparición de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

Para las celdas modelo CAS-36 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 9701B025-A7-EB-01 realizado por LABEIN.

El ensayo garantiza una resistencia térmica de 16 kA 1 segundo.

4.7) Selección de las protecciones de Alta y Baja Tensión

- **ALTA TENSIÓN.**

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger.

Potencia del transformador (kVA)	Intensidad nominal del fusible de A.T. (A)
1000	63
1000	63

- **BAJA TENSIÓN.**

En el circuito de baja tensión del transformador se instalará un Cuadro de Distribución homologado por la Compañía Suministradora.

Potencia del transformador (kVA)	Nº de Salidas en B.T.
1000	4
1000	4

4.8) Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación

Las rejillas de ventilación de los edificios prefabricados EHC están diseñadas y dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación del aire ventile eficazmente la sala del transformador. El diseño se ha realizado cumpliendo los ensayos de calentamiento según la norma UNE-EN 61330, tomando como base de ensayo los transformadores de 1000 KVA según la norma UNE 21428-1. Todas las rejillas de ventilación van provistas de una tela metálica mosquitero. El prefabricado ha superado los ensayos de calentamiento realizados en LCOE con número de informe 200506330341.

4.9) Dimensionado del pozo apagafuegos

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de agente refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciamiento total.

Potencia del transformador (kVA)	Volumen mínimo del foso (litros)
1000	598
1000	598

Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado tiene una capacidad de 600 litros para cada transformador, no habrá ninguna limitación en este sentido.

4.10) Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

4.10.1) Investigación de las características del suelo.

Según la investigación previa del terreno donde se instalara este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial = 150 $\Omega \cdot m$.

4.10.2) Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora (Compañía Sevillana de Electricidad (C.S.E.)), el tiempo máximo de eliminación del defecto es de 1 s. Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

$$K = 78.5 \text{ y } n = 0.18.$$

Por otra parte, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro, corresponden a:

$$R_n = 17 \Omega \text{ y } X_n = 0 \Omega. \text{ con}$$

Y teniendo en cuenta que:

$$|Z_n| = \sqrt{R_n^2 + X_n^2}$$

La intensidad máxima de defecto se producirá en el caso hipotético de que la resistencia de puesta a tierra del Centro de Transformación sea nula. Dicha intensidad será, por tanto igual a:

$$I_{D(MAX)} = \frac{U_{S(MAX)}}{\sqrt{3} \cdot Z_n} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 17} = 849.04 \text{ A}$$

Por tanto, la intensidad máxima de **849.04 A**, valor que la compañía redondea a 1000 A.

4.10.3) Diseño preliminar de la instalación de tierra.

- **TIERRA DE PROTECCION.**

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

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

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Identificación: código 5/32 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:
 $K_r = 0.135 \Omega/(\Omega \cdot m)$.
 $K_p = 0.0252 V/(\Omega \cdot m \cdot A)$.

- Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm^2 de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterraran verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizara con cable de cobre aislado de **0.6/1 kV** protegido contra daños mecánicos.

- **TIERRA DE SERVICIO.**

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación: código 5/32 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:
 $K_r = 0.135 \Omega/(\Omega \cdot m)$.
 $K_p = 0.0252 V/(W \cdot \Omega \cdot A)$.

- Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm^2 de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterraran verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizara con cable de cobre aislado de **0.6/1 kV** protegido contra danos mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37Ω . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650mA., no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios ($=37 \times 0,650$).

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.

4.10.4) Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.

- TIERRA DE PROTECCION.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (R_t), intensidad y tensión de defecto correspondientes (I_D , U_D), utilizaremos las siguientes formulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot \sigma.$$

- Intensidad de defecto:

$$I_D = \frac{U_{S(MAX)}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

- Tensión de defecto:

$$U_D = R_t \cdot I_D$$

Siendo:

$$\begin{aligned} \sigma &= 150 \Omega \cdot m \\ K_r &= 0.135 \Omega / (\Omega \cdot m) \end{aligned}$$

Se obtienen los siguientes resultados:

$$R_t = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega$$

$$I_D = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(17 + 20.25)^2 + 0}} = 387.48 A$$

$$U_D = 20.25 \cdot 387.48 = 7846.47 V$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (U_d), por lo que deberá ser como mínimo de 8000 voltios.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y por ende no afecten a la red de Baja Tensión.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

- TIERRA DE SERVICIO

$$R_t = K_r \cdot \sigma = 0.135 \cdot 150 = 20.25 \Omega$$

Que vemos que es inferior a 37Ω .

4.10.5) Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$U_p = K_p \cdot \sigma \cdot I_D = 0.0252 \cdot 150 \cdot 387.48 = 1464.67 V$$

4.10.6) Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.

El edificio prefabricado de hormigón EHC estará construido de tal manera que una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10000Ω a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_{P(ACCESO)} = U_D = R_t \cdot I_D = 20.25 \cdot 387.48 = 7846.47 \text{ V}$$

4.10.7) Cálculo de las tensiones aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios, que se puede aceptar, según el reglamento MIE-RAT, será:

$$U_{CA} = \frac{K}{t^n}$$

Siendo:

- **Uca (V):** Tensión máxima de contacto
- **t (s):** Duración de falta=1s
- **K=78.5**
- **n=0.18**

Obtenemos el siguiente resultado:

$$U_{CA} = \frac{78.5}{1^{0.18}} = 78.5 \text{ V}$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$U_{P(EXTERIOR)} = 10 \cdot U_{CA} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \sigma}{1000}\right)$$
$$U_{P(ACCESO)} = 10 \cdot U_{CA} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \sigma + 3 \cdot \sigma_h}{1000}\right)$$

Siendo:

- **Uca (V):** Tensión máxima de contacto
- **σ :** Resistividad del terreno
- **σ_h :** Resistividad del hormigón=3000 $\Omega \cdot m$

Se obtiene lo siguiente:

$$U_{P(EXTERIOR)} = 10 \cdot 78.5 \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 150}{1000}\right) = 1491.5 \text{ V}$$
$$U_{P(ACCESO)} = 10 \cdot 78.5 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 150 + 3 \cdot 3000}{1000}\right) = 8203.25 \text{ V}$$

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- En el exterior:

$$UP=1464.7 \text{ V} < UP \text{ exterior} = 1491.5 \text{ V}$$

- En el acceso al C.T.:

$$Ud=7846,5 \text{ V} < UP \text{ acceso} = 8203.25 \text{ V}$$

4.10.8) Investigación de tensiones transferibles al exterior

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima D_{min} , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{min} = \frac{\sigma \cdot I_D}{2000 \cdot \pi} = \frac{150 \cdot 387.48}{2000 \cdot \pi} = 9.25 \text{ m}$$

Obtenemos el valor de dicha distancia: $D_{min}=8.55 \text{ m}$

4.10.9) Corrección y ajuste del diseño inicial establecido el definitivo

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del Centro, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

5) Línea subterránea de Media Tensión

En este apartado diseñaremos y obtendremos todos los cálculos relaciones con los conductores referidos a la zona de Media Tensión. El valor de media tensión es de **25 kV**. Para obtener y verificar la sección de los conductores de Media Tensión, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Intensidad máxima admisible por el cable.
- Caída de tensión en el conductor.
- Intensidad máxima admisible durante un cortocircuito.

5.1) Criterio de calentamiento

A continuación, verificaremos que la corriente que circulará por el conductor no superará en ningún momento la corriente máxima admisible por el conductor elegido. La corriente que circulará debido a la carga será la siguiente:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{2000}{\sqrt{3} \cdot 25} = 46.188 \text{ A}$$

Según el **apartado 4 del capítulo V de las normas particulares de Sevillana-Endesa**, los conductores elegidos serán unipolares de aluminio homogéneo con secciones normalizadas de 150 y 240 mm², pudiendo emplearse cable de 400 mm² en aquellos casos en que sea necesario. Así pues, nosotros cogemos conductores con una sección de **240mm²**. Para esta sección escogida, el valor de la corriente máxima para el conductor, comprobando que es 430x0.8= **344 A** (el 0.8 es un factor de corrección por ir los cables bajo tubo)

Para los cálculos habrá que tener en cuenta que la corriente se incrementa en cada nuevo tramo, ya que estaremos conectando en paralelo un nuevo Centro de Transformación. Es decir, como tenemos dos tramos con 3 Centros de Transformación en paralelo cada uno, habrá que considerar una intensidad máxima de **138.56 A**. Así pues, de esta manera verificamos que la sección escogida por normativa es válida para nuestra instalación.

5.2) Criterio de caída de tensión

Ahora verificaremos que la caída de tensión en la línea no superará el **2%** del valor nominal de tensión, tal y como recomienda el pliego de condiciones técnicas de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red del **IDAE**. Al igual que antes, trabajaremos con la sección de **240 mm²** que nos exige la normativa.

Para el cálculo de la caída de tensión, usaremos la siguiente fórmula:

$$\Delta V = 3 \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \operatorname{sen}\varphi)$$

Siendo:

- ΔV (V): Caída de tensión en la línea.
- I (A): Intensidad de la línea.
- L (m): Longitud de la línea.
- R (Ω/km): Resistencia del conductor.
- X (Ω/km): Reactancia del conductor a 50Hz.
- $\operatorname{Cos}(\varphi)$: Factor de potencia de la instalación ($0.8i \rightarrow \varphi=36.87^\circ$).

Teniendo en cuenta que vamos a usar el cable **RHZ-1240 18/30 kV**, podemos consultar en su hoja de características los siguientes datos, necesarios para el cálculo de la caída de tensión:

$$R = 0.161 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X = 0.105 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

- **Línea 1:**

Tramo (CTs conectados)	1 a 2	2 a 3	3 a Centro entrega
I (A)	46,188	92,376	138,564
L (km)	0,387	0,291	0,397
Sfase (mm ²)	240	240	240
Sneutro (mm ²)	150	150	150
phi(°)	36,87	36,87	36,87
R (ohm/km)	0,161	0,161	0,161
X (ohm/km)	0,105	0,105	0,105
ΔV (V)	10,29	15,47	31,65
% ΔV	0,05	0,08	0,16

- **Línea 2:**

Tramo (CTs conectados)	1 a 2	2 a 3	3 a Centro entrega
I (A)	46,188	92,376	138,564
L (km)	0,264	0,347	0,188
Sfase (mm ²)	240	240	240
Sneutro (mm ²)	150	150	150
phi(°)	36,87	36,87	36,87
R (ohm/km)	0,161	0,161	0,161
X (ohm/km)	0,105	0,105	0,105
ΔV (V)	7,02	18,44	14,99
% ΔV	0,04	0,09	0,07

Por tanto, vemos que este criterio también queda verificado para la sección escogida.

5.3) Criterio de cortocircuito

A partir del dato de **500 MVA** proporcionado por la compañía suministradora, debemos comprobar que se cumple el tiempo máximo de desconexión que considera la compañía suministradora de un segundo en caso de posible defecto. La corriente de cortocircuito será, por tanto:

$$I_{CC} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 25} = \mathbf{11.547 \text{ kA}}$$

La intensidad máxima de cortocircuito que aguantará el conductor será la siguiente:

$$I_{CCM} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{T}} = \frac{93 \cdot 240}{\sqrt{1}} = \mathbf{22.32 \text{ kA}}$$

Siendo:

- **K**: Constante que depende de la naturaleza del conductor (Aluminio = 93).
- **S**: Sección del conductor.
- **T**: Tiempo de desconexión.

Como vemos, $I_{CCM} > I_{CC}$, por tanto, queda justificada la sección elegida. El conductor elegido será, por tanto:

3x240 mm² + 1x150 mm², RHZ-1240 18/30 kV, Al, bajo tubo de protección de PVC de 200 mm de diámetro, más un tubo de reserva por todo su recorrido.

6) Línea aérea de Media Tensión

Para este proyecto hemos utilizado una línea de Media Tensión cercana a nuestro emplazamiento, de la cual la compañía suministradora nos facilita la memoria de cálculo. A través de dicha línea se facilitará el suministro eléctrico a la Red.

Para nuestro proyecto en concreto, hemos sustituido el apoyo original de alineación por dos apoyos de fin de línea, uno anterior y otro posterior, los cuales nos servirán para realizar el paso de aéreo a subterráneo del circuito, y de subterráneo a aéreo respectivamente.

Los apoyos a utilizar será de tipo **C-9000-14** (9000 Kg de esfuerzo nominal y 14 metros de altura).

6.1) Memoria de cálculo de la línea aérea de Media Tensión

A continuación vemos los datos de la línea de Media Tensión que utilizaremos para nuestro proyecto:

- **CIRCUITOS:**

- NÚMERO DE CIRCUITOS: 1
- CABLE: LARL-145
- TENSIÓN: 25 Kv
- POTENCIA: 26 MVA.
- FACTOR DE POTENCIA: 0,80

- **CABLE CONDUCTOR:**

- CABLE: LARL-145
- MATERIAL: Aluminio – Acero 6+1
- DIÁMETRO: 15,750 mm.
- SECCIÓN: 148,10 mm².
- PESO: 528,7 Kg/Km.
- RESISTENCIA: 0,2262 Ω /Km
- CARGA DE ROTURA: 5810 Kg
- MODULO DE ELASTICIDAD: 8700 Kg/mm²

- **CADENAS DE AISLADORES:**

- CADENAS DE AMARRE: CS 100 AB 125/455
- N° CADENAS: 3
- N° AISLADORES: 3
- LONG. TOTAL: 455 mm.

- **DATOS GENERALES:**

- VANO DE CÁLCULO: 150 m
- COEFICIENTE SEGURIDAD CABLE: 2,5
- ZONAS DE PASO: A

- **CÁLCULOS ELÉCTRICOS:**

- I Nominal: 600,44 A
- σ Nominal: 1,35 A / mm²
- I Máxima: 1150,74 A
- σ Máximo: 2,59 A / mm²
- Caída U: 0,22 %
- Potencia Máxima: 39.86 MW

- **CÁLCULO MECÁNICO DEL CABLE CONDUCTOR:**

- ZONA: A.
- MÁXIMA SOBRECARGA POR HIPÓTESIS: REGLAMENTARIA
- CONDICIONES INICIALES
 - o T₀: 583,33 Kg
 - o θ_0 : -5 °C
 - o p₀: 0.5947 Kg
 - o m₀: 3.16

6.2) Cálculos mecánicos del conductor del circuito

6.2.1) Características mecánicas del conductor

- Material: Aluminio – Acero 6+1
- Denominación: LARL-145

- Conductores de Aluminio: 15, radio 1.575 mm
- Cables de Acero: 4, radio 1.575 mm

- Sección de Aluminio: 116.9 mm²
- Sección del Acero: 31.2 mm²
- Sección total: 148.1 mm²

- Diámetro del alma de Acero: 9.45 mm
- Diámetro total del cable: 15.750 mm

- Masa: 528.7 Kg/Km
- Carga de rotura: 5810 Kg
- Módulo de elasticidad: 8700 Kg/mm²
- Coeficiente de dilatación: $18.8 \cdot 10^{-6}$ (-1/°C)
- Peso específico: $3.46 \cdot 10^{-6}$ kg/mm³

6.2.2) Zona según reglamento

La línea considerada, transcurre por la denominada **zona A**, debido a que nos encontramos por debajo de los 500 metros de altitud sobre el nivel del mar, según **el artículo 3.1.3 “Sobrecargas motivadas por el hielo”** de la de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 del reglamento de Alta Tensión, por lo que no se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.

6.2.3) Acciones y elementos a considerar en el cálculo mecánico

6.2.3.2) Cargas y sobrecargas a considerar

A continuación desglosaremos todos los tipos de cargas y sobre cargas que tienen que ser consideradas en el cálculo mecánico para la Zona A según el artículo 3.1 “**Cargas y sobrecargas a considerar**” de la de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 del reglamento de Alta Tensión.

- **Cargas permanentes:** Cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos: conductores, aislantes, herrajes, cables de tierra, apoyos, cimentaciones.
- **Cargas debidas al viento:** Se considera un viento de 120 km/hora horizontal actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.
- **Sobrecargas motivadas por el hielo:** En la Zona A no se tendrá en cuenta esta sobrecarga.
- Desequilibrio de tracciones.
- Esfuerzos longitudinales por rotura de conductores.

6.2.3.2) Tracción máxima admisible

En primer lugar calculamos la tracción máxima a la cual se ve sometido nuestro conductor. Según el artículo 3.2.1 “**Tracción máxima admisible**” de la de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 del reglamento de Alta Tensión, *La tracción máxima de los conductores y cables de tierra no resultará superior a su carga de rotura, mínima dividida por 2,5, si se trata de conductores cableados, o dividida por 3, si se trata de conductores de un alambre, considerándoles sometidos a la hipótesis de sobrecarga de la tabla 4 en función de que la zona sea A, B ó C.*

Por lo tanto, la tracción máxima resultante es:

$$T_{MAX} = \frac{\text{Carga de rotura}}{2.5} = \frac{5810}{2.5} = 2324 \text{ kg}$$

Asimismo, la tracción máxima unitaria por conductor es de:

$$t = \frac{T_{MAX}}{S} = \frac{2324}{148.1} = 15.69 \text{ kg/mm}^2$$

En la tabla 4 podemos comprobar además las cargas adicionales a considerar, siendo estas las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos: conductores, aisladores, herrajes, cables de tierra -si los hubiere-, apoyos y cimentaciones, así como las sobrecargas de viento mínimo 120 km/h, considerando una temperatura de -5°C.

6.2.3.3) Flecha máxima

Según el artículo 3.2.3 “Flechas máximas de los conductores y cables de tierra” de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 del reglamento de Alta Tensión, se determinará la flecha máxima de los conductores y cables de tierra en las hipótesis siguientes:

- **Hipótesis de viento:** Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según el apartado 3.1.2, para una velocidad de viento de 120 km/h a la temperatura de + 15 °C.
- **Hipótesis de temperatura:** Sometidos a la acción de su peso propio, a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de servicio de la línea. Para las líneas de categoría especial, esta temperatura no será en ningún caso inferior a + 85 °C para los conductores de fase ni inferior a + 50 °C para los cables de tierra. Para el resto de líneas, tanto para los conductores de fase como para los cables de tierra, esta temperatura no será en ningún caso inferior a + 50 °C.
- **Hipótesis de hielo:** Sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, según el apartado 3.1.3, a la temperatura de 0 °C.

6.2.3.4) Tensiones y flechas del tendido

Las tensiones y flechas con que debe ser tendido el conductor, dependen de la longitud del vano y de la temperatura del conductor en el momento del tendido, de forma que al variar ésta, la tensión del conductor en las condiciones más desfavorables no sobrepase los límites establecidos.

Las tablas de tensiones y flechas de tendido, se han realizado aplicando los valores correspondientes de las diversas hipótesis de cálculo a la ecuación del cambio de condiciones, que tiene la forma:

$$t_2^2 \left[t_2 + \frac{A \cdot m_1^2 \cdot a^2}{t_1^2} + B \cdot (\theta_2 - \theta_1) - t_1 \right] = A \cdot m_2^2 \cdot a^2$$

Con:

$$A = \frac{\gamma^2 \cdot 10^6}{24} \cdot E$$

$$B = \alpha \cdot E$$

Siendo:

- t_1 (kg/mm^2): Tensión unitaria del conductor.
- t_2 (kg/mm^2): Tensión unitaria del conductor resultante bajo el cambio de condiciones.
- m_1, m_2 : Coeficientes de sobrecarga.
- a (m): Longitud del vano.
- θ_1 ($^{\circ}\text{C}$): Temperatura de referencia, se usará -5°C para establecer unas condiciones desfavorables.
- θ_1 ($^{\circ}\text{C}$): Temperatura de referencia según la normativa para el cambio de condiciones.
- γ (kg/m^3): Peso específico.
- α ($1/^{\circ}\text{C}$): Coeficiente de temperatura.
- E (kg/mm^2): Módulo de elasticidad.
-

La tensión y la flecha vienen relacionadas por la fórmula:

$$f = \frac{p_t \cdot a^2}{8 \cdot t_2 \cdot S}$$

Para el cálculo de las tensiones y flechas de tendido se han considerado las hipótesis, de acuerdo con las zonas que define el R.A.T. las tablas que se adjuntan indican las tensiones y flechas para el conductor elegido, tensión y zona en función de la longitud del vano y de la temperatura. Se incluyen también los valores correspondientes a las hipótesis reglamentarias, que resuelven la determinación de la flecha máxima, a efectos del cálculo de distancia entre el haz y el suelo.

6.2.3.5) Fenómenos vibratorios

Dado que en la zona atravesada por la línea no son de temer la aparición de vibraciones en los conductores y cables de tierra no se comprobará el estado de tensión de los mismos.

6.2.3.6) Apoyos

El cálculo de los apoyos se determinará según el artículo 2.4 “Apoyos” de la de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 del reglamento de Alta Tensión, donde podemos encontrar cuatro hipótesis de cálculo para cada tipo de apoyo, como puede ser de principio o fin de línea, amarre, ángulo o de alineación.

Las hipótesis consideradas en nuestra línea son las de la Zona A, que son las siguientes:

1ª HIPÓTESIS VIENTO

3ª HIPÓTESIS DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES

4ª HIPÓTESIS ROTURA DE CONDUCTORES

La resistencia mecánica de un apoyo viene determinada por su esfuerzo útil, o esfuerzo que es capaz de soportar en dirección normal a su eje y aplicado en el punto de instalación del amarre con los coeficientes de seguridad reglamentarios y deducida la sobrecarga debida a la presión del viento sobre el propio apoyo.

Al elegir la altura total del apoyo se tendrá en cuenta que la altura útil del mismo debe de ser igual a la suma de la distancia de seguridad que dispone el RAT en función de la tensión eléctrica de la línea, más la flecha máxima obtenida para el conductor, más la longitud de la cadena de aisladores más la distancia entre crucetas.

El apoyo que hemos utilizado será metálico, galvanizado en caliente y la cruceta se dispondrá en tresbolillo. La conexión del apoyo a tierra se realizará utilizando conductores desnudos de 35 mm² y se debe respetar en cada momento que la resistencia de difusión a tierra no sea superior a 20Ω.

6.2.4) Cálculos de tensiones y flechas máximas

6.2.4.1) Peso propio y sobrecargas

El peso propio se define como el peso específico por la sección. Entonces tenemos:

$$P_p = \gamma \cdot S = 3.46 \cdot 10^3 \cdot 148.1 \cdot 10^{-6} = 0.512 \frac{kg}{m}$$

La sobrecarga a considerar será de viento. Según **el artículo 3.1.2.1. “Fuerzas del viento sobre los conductores”** de la de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07, si el diámetro del conductor es menor que 16mm la acción del viento a considerar da lugar a una presión de viento de $\sigma=60 \text{ kg/m}^2$ sobre conductores. Por lo tanto:

$$P_v = \sigma_v \cdot d = 60 \cdot 15.75 \cdot 10^{-3} = 0.945 \frac{kg}{m}$$

De esta manera, la sobrecarga total a considerar será:

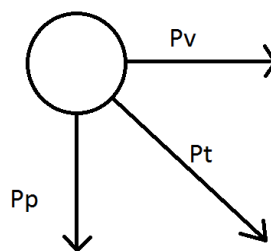


Figura 6.1: Esquema de la sobrecarga por viento

Siendo:

- Pv: Presión del viento sobre los conductores.
- Pp: Peso propio.
- Pt: Presión total

$$P_t = \sqrt{P_p^2 + P_v^2} = \sqrt{0.512^2 + 0.945^2} = 1.013 \frac{kg}{m}$$

El coeficiente de sobrecarga se define como sigue:

$$m = \frac{P_t}{P_p} = \frac{1.013}{0.513} = 1.97$$

6.2.4.2) Flecha máxima

Como comentamos anteriormente, para el cálculo de la flecha máxima debemos considerar una serie de hipótesis según la zona donde se encuentre la línea. Para la Zona A, se contemplan las siguientes hipótesis, según el artículo 3.2.3 “**Flechas máximas de los conductores y cables de tierra**” de la de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 del reglamento de Alta Tensión.

- **Hipótesis de viento:**
 - Peso propio.
 - Acción del viento.
 - Temperatura de +15°C.

Con el peso propio y la acción del viento calculadas anteriormente, pasamos a aplicar la ecuación del cambio de condiciones, para obtener el valor de la tensión del conductor bajo estas máximas condiciones impuestas.

$$A = \frac{\gamma^2 \cdot 10^{-6}}{24} \cdot E = \frac{3.46^2 \cdot 10^{-6}}{24} \cdot 8000 = 3.99 \cdot 10^{-3}$$

$$B = \alpha \cdot E = 18.8 \cdot 10^{-6} \cdot 8000 = 0.1504$$

$$t_2^2 \left[t_2 + \frac{A \cdot m_1^2 \cdot a^2}{t_1^2} + B \cdot (\theta_2 - \theta_1) - t_1 \right] = A \cdot m_2^2 \cdot a^2$$

Siendo:

- $t_1 = 15.61 \text{ kg/mm}^2$
- $\theta_1 = -5^\circ\text{C}$
- $\theta_2 = 15^\circ\text{C}$
- $m_1 = 3.16$
- $m_2 = 1.97$
- $a = 150$
- $A = 3.99 \cdot 10^{-3}$
- $B = 0.1504$

Obtenemos:

$$t_2^2 \left[t_2 + \frac{3.99 \cdot 10^{-3} \cdot 3.16^2 \cdot 150^2}{15.61^2} + 0.1504 \cdot (15 - (-5)) - 15.61 \right] = 3.99 \cdot 10^{-3} \cdot 1.97^2 \cdot 150^2$$

$$t_2^2 [t_2 - 8.923] = 348.408$$

$$t_2 = 11.539 \frac{kg}{mm^2}$$

Por lo tanto, la flecha obtenida para la hipótesis de viento es:

$$f = \frac{p_t \cdot a^2}{8 \cdot t_2 \cdot S} = \frac{1.013 \cdot 150^2}{8 \cdot 11.539 \cdot 148.1} = 1.667 \text{ m}$$

- **Hipótesis de temperatura:**

- Peso propio
- Temperatura de +50°C

Con el peso propio calculado anteriormente, pasamos a aplicar la ecuación del cambio de condiciones, para obtener el valor de la tensión del conductor bajo estas máximas condiciones impuestas.

$$t_2^2 \left[t_2 + \frac{A \cdot m_1^2 \cdot a^2}{t_1^2} + B \cdot (\theta_2 - \theta_1) - t_1 \right] = A \cdot m_2^2 \cdot a^2$$

Siendo:

- $t_1 = 15.61 \text{ kg/mm}^2$
- $\theta_1 = -5^\circ\text{C}$
- $\theta_2 = 50^\circ\text{C}$
- $m_1 = 3.16$
- $m_2 = 1$ (Debido a que no existen sobrecargas)
- $a = 150$
- $A = 3.99 \cdot 10^{-3}$
- $B = 0.1504$

Obtenemos:

$$t_2^2 \left[t_2 + \frac{3.99 \cdot 10^{-3} \cdot 3.16^2 \cdot 150^2}{15.61^2} + 0.1504 \cdot (50 - (-5)) - 15.61 \right] = 3.99 \cdot 10^{-3} \cdot 1^2 \cdot 150^2$$

$$t_2^2 [t_2 - 3.659] = 89.775$$

$$t_2 = 6.084 \frac{kg}{mm^2}$$

Por lo tanto, la flecha obtenida para la hipótesis de temperatura es:

$$f = \frac{p_t \cdot a^2}{8 \cdot t_2 \cdot S} = \frac{1.013 \cdot 150^2}{8 \cdot 6.084 \cdot 148.1} = \mathbf{3.162 \text{ m}}$$

- **Hipótesis de hielo:**

- Peso propio.
- Acción del hielo según zona.
- Temperatura de 0°C

Como ya hemos comentado antes, según la normativa para la zona A no existirá sobrecarga por hielo. Por lo tanto, con el peso propio calculado anteriormente, pasamos a aplicar la ecuación del cambio de condiciones, para obtener el valor de la tensión del conductor bajo estas máximas condiciones impuestas.

$$t_2^2 \left[t_2 + \frac{A \cdot m_1^2 \cdot a^2}{t_1^2} + B \cdot (\theta_2 - \theta_1) - t_1 \right] = A \cdot m_2^2 \cdot a^2$$

Siendo:

- $t_1 = 15.61 \text{ kg/mm}^2$
- $\theta_1 = -5^\circ\text{C}$
- $\theta_2 = 0^\circ\text{C}$
- $m_1 = 3.16$
- $m_2 = 1$ (Debido a que no existen sobrecargas)
- $a = 150$
- $A = 3.99 \cdot 10^{-3}$
- $B = 0.1504$

$$t_2^2 \left[t_2 + \frac{3.99 \cdot 10^{-3} \cdot 3.16^2 \cdot 150^2}{15.61^2} + 0.1504 \cdot (5 - (-5)) - 15.61 \right] = 3.99 \cdot 10^{-3} \cdot 1^2 \cdot 150^2$$

$$t_2^2 [t_2 - 10.427] = 89.775$$

$$t_2 = 11.14 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Por lo tanto, la flecha obtenida para la hipótesis de hielo es:

$$f = \frac{p_t \cdot a^2}{8 \cdot t_2 \cdot S} = \frac{1.013 \cdot 150^2}{8 \cdot 11.14 \cdot 148.1} = \mathbf{1.726 \text{ m}}$$

La flecha máxima será la mayor de las tres, que corresponde con la hipótesis de temperatura, con un valor de **3.162 m**.

6.2.5) Altura de poste

Como hemos indicado en la memoria descriptiva vamos a ubicar dos apoyos, uno anterior y otro posterior al existente. Los apoyos serán de 14 metros, que será la altura del anterior apoyo de alineación de línea. Ahora tenemos que comprobar que cumple la altura mínima exigida en la normativa. Para ello se tiene en cuenta:

- Profundidad de la cimentación.
- Distancia mínima del conductor al terreno.
- Flecha.
- Distancia mínima entre conductores.

- **Profundidad de la cimentación**

Por diseño el apoyo del cual disponemos estará enterrado a una profundidad de 2.45-0.3=2.15 metros, dato que nos proporciona el fabricante.

- **Distancia mínima del conductor al terreno**

Según el artículo 5.5 “Distancias al terreno, caminos, sendas ya cursos de agua no navegables” de la de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 del reglamento de Alta Tensión, *La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según las hipótesis de temperatura y de hielo según el apartado 3.2.3, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de:*

$$D_{MIN(terreno)} = 5.3 + D_{EL} \text{ en metros}$$

Con un mínimo de 6 metros. No obstante, en lugares de difícil acceso las anteriores distancias podrán ser reducidas en un metro.

El valor de D_{EL} se indica en el apartado 5.2, en función de la tensión más elevada de la línea mediante una tabla. Mirando dicho apartado y considerando una tensión de línea máxima de 24 kV vemos que esa distancia es **0.22 m**. Así pues, la distancia mínima al terreno es de 5.55 m, pero como se exige un mínimo de **6 metros**, este será el valor que usaremos.

- **Flecha**

El valor de la flecha máxima lo calculamos en el apartado anterior, obteniendo un valor de **3.162 m** en el caso más desfavorable para la hipótesis de temperatura.

- **Distancia mínima entre conductores**

Según el artículo 5.4.1 “Distancias entre conductores” de la de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 del reglamento de Alta Tensión, *La distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.*

Con este objeto, la separación mínima entre conductores de fase se determinará por la fórmula siguiente:

$$D = K \cdot \sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp}$$

Siendo:

- **D** = Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.
- **K** = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla 16.
- **K'** = Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea $K'=0,85$ para líneas de categoría especial y $K'=0,75$ para el resto de líneas.
- **F** = Flecha máxima en metros, para las hipótesis según el apartado 3.2.3
- **L** = Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos $L=0$.
- **D_{pp}** = Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de Dw se indican en el apartado 5.2, en función de la tensión más elevada de la línea.

Para comprobar el valor de K, tenemos que calcular el ángulo de oscilación de la línea, cuya tangente viene dada por el cociente de la sobrecarga de viento dividido por el peso propio. Así pues, dicho ángulo es:

$$tg\alpha = \frac{p_v}{p_p} = \frac{0.945}{0.512} = 1.846 \rightarrow \alpha = 61.55^\circ$$

Como tenemos un ángulo de oscilación comprendido entre 40° y 65° y la tensión nominal de línea igual o inferior a 30 kV, el valor de K es de **0.6**.

El valor de K' será de **0.75**. El valor de la flecha máxima, ya calculada en el apartado anterior, será de **3.162 m**. El valor de L, al estar nuestros conductores fijados por aisladores será de 0. El valor de D_{pp} según el apartado 5.2 será de **0.25 m** para una tensión de línea máxima de 24 kV. Así pues, la distancia mínima entre conductores será de:

$$D = K \cdot \sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp} = 0.6 \cdot \sqrt{3.162 + 0} + 0.75 \cdot 0.25 = \mathbf{1.25\ m}$$

Con todos estos datos calculados, podemos calcular la altura de poste. Esta será de:

$$\text{altura total del poste} = 2.15 + 6 + 3.162 + 1.25 = \mathbf{12.562\ metros}$$

Como podemos observar, este valor está por debajo de los 14 metros que tiene el poste existente a utilizar, por lo tanto queda verificada la validez de dicho poste.

6.2.6) Cálculos mecánicos en los apoyos

A continuación vamos a tratar de comprobar que los apoyos de los cuales disponemos pueden soportar los esfuerzos mecánicos ocasionados por los conductores.

Vamos a calcular el esfuerzo en punta que tenemos en el apoyo, para ellos intervienen dos esfuerzos, los cuales son:

- Esfuerzos entre conductores
- Esfuerzos en el apoyo.

Recordamos los datos de partida que serán necesarios en este cálculo, que son los siguientes:

- **DATOS DEL CONDUCTOR**

- **Diámetro del conductor:** 15.75 mm.
- **Peso propio:** 0.512 kg/m.
- **Carga de rotura:** 5810 kg
- **Peso específico:** $3.46 \cdot 10^{-6}$ kg/mm³
- **Sección:** 148 mm²

- **DATOS DEL POSTE**

- **Altura útil:** 14 m.
- **Vanos:** 150 m. y de 0 m. a derecha e izquierda respectivamente.

Al tratarse de un apoyo de fin de línea según el artículo 3.5.4 “Coeficientes de seguridad” de la de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 del reglamento de Alta Tensión, a través de la **tabla 9 Hipótesis de cálculo según el tipo de apoyo**, vemos que si el tipo de apoyo es de fin de línea las hipótesis normales a considerar son la 1^a y la 2^a, es decir, hipótesis de viento y de hielo.

Pero al estar en la zona A no contemplaremos la hipótesis de hielo al no considerarse sobrecarga alguna por hielo. Asimismo, como hipótesis anormal se considera la 4^a, es decir, hipótesis de rotura de conductores.

En resumen, las hipótesis a considerar serán la 1^a (**hipótesis de viento**) y la 4^a (**hipótesis de rotura de conductores**).

- **HIPÓTESIS 1ª (VIENTO)**

Las cargas y efectos a considerar bajo esta hipótesis es la siguiente:

- **Cargas permanentes (art. 3.1.1):** Se considerarán las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos: conductores, aisladores, herrajes, cables de tierra -si los hubiere-, apoyos y cimentaciones.
- **Fuerzas del viento sobre los componentes de las líneas aéreas (art. 3.1.2):** Se considerará un viento mínimo de referencia de 120 km/h (33,3 m/s) de velocidad, excepto en las líneas de categoría especial, donde se considerará un viento mínimo de 140 km/h (38,89 m/s) de velocidad. Se supondrá el viento horizontal, actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide. La acción del viento, en función de su velocidad V, en km/h, da lugar a las fuerzas que a continuación se indican sobre los distintos elementos de la línea.

Fuerzas del viento sobre los conductores (art. 3.1.2.1): La presión del viento en los conductores causa fuerzas transversales a la dirección de la línea, al igual que aumenta las tensiones sobre los conductores. Considerando los vanos adyacentes, la fuerza del viento sobre un apoyo de alineación será, para cada conductor del haz:

$$F_{COND} = q \cdot d \cdot \frac{a}{2} \text{ (Kg)}$$

Siendo:

- **d (m):** Diámetro del conductor
- **q (kg/m²):** Presión del viento, siendo $60 \cdot \left(\frac{V_v}{120}\right)^2 \frac{Kg}{m^2}$ para conductores con un diámetro menor o igual a 16 mm, y $50 \cdot \left(\frac{V_v}{120}\right)^2 \frac{Kg}{m^2}$ para diámetros mayores, teniendo en cuenta que Vv es la velocidad del viento, en km/h.
- **a (m):** Longitud del vano

Por lo tanto, la fuerza del viento sobre los conductores será, teniendo en cuenta que el diámetro de nuestro conductor es de 15.75 mm y la velocidad del viento 120 km/h:

$$F_c = q \cdot d \cdot \frac{a}{2} = 60 \cdot \left(\frac{120}{120}\right)^2 \cdot 15.75 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{150}{2} = 70.875 \text{ Kg}$$

Fuerza del viento sobre los apoyos de celosía (art. 3.1.2.3): La fuerza del viento sobre los apoyos de celosía será:

$$F_{CEL} = q \cdot A_T \text{ (Kg)}$$

Siendo:

- $q \text{ (kg/m}^2\text{)}$: Presión del viento, siendo $170 \cdot \left(\frac{V_v}{120}\right)^2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$
- $A_T \text{ (m}^2\text{)}$: Área del apoyo expuesta al viento proyectada en el plano normal a la dirección del viento, en m^2 .

Para realizar el cálculo de A_T hay que tener en cuenta solamente la superficie del poste que ofrece resistencia al viento, esto quiere decir que la parte de la superficie enterrada debe excluirse del área total. Con el siguiente esquema que representa el apoyo **C-9000-14** con sus medidas normalizadas (cotas en metros) se podrá deducir el procedimiento del área, aproximando a una superficie trapezoidal:

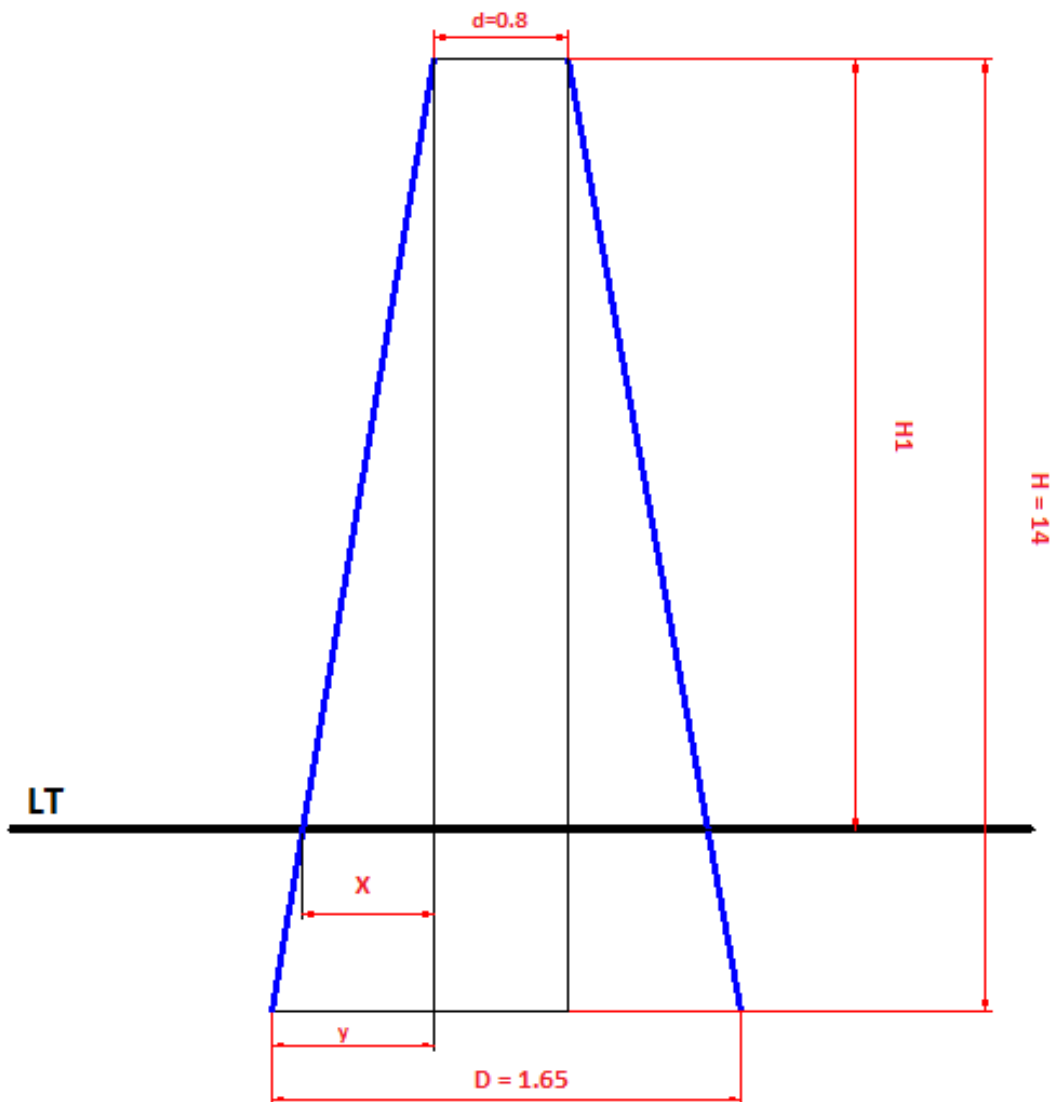


Figura 6.2: Esquema para el Cálculo de A_T

Viendo el esquema, se deduce que:

$$D = 2y + d \rightarrow y = \frac{D - d}{2} = \frac{1.65 - 0.8}{2} = 0.425 \text{ m}$$

Podemos calcular H_1 , ya que hemos calculado en un apartado anterior la profundidad de la cimentación, por lo que:

$$H_1 = H - H_{\text{cimentacion}} = 14 - 2.15 = 11.85 \text{ m}$$

El ángulo se podría calcular de la siguiente manera:

$$\text{tg}(\alpha) = \frac{H}{y} = \frac{14}{0.425} = 32.94$$

Y por simetría de triángulos:

$$\text{tg}(\alpha) = \frac{H_1}{x} \rightarrow x = \frac{11.85}{32.94} = 0.36 \text{ m}$$

Por lo que ya podemos calcular la base:

$$B = 2x + d = 2 \cdot 0.36 + 0.8 = 1.52 \text{ m}$$

Con esto podemos proceder a calcular el área del poste que ofrece resistencia al aire, que resulta ser:

$$A = \frac{(B + d) \cdot H_1}{2} = \frac{(1.52 + 0.8) \cdot 11.85}{2} = 13.746 \text{ m}^2$$

Sin embargo, esta área no es real, ya que la superficie no es completa. Para hacer una estimación de área real se suele usar un coeficiente de 0.5, por lo que nuestra área real será:

$$A_T = A \cdot \mu = 13.746 \cdot 0.5 = 6.873 \text{ m}^2$$

Por lo que la fuerza del viento sobre los apoyos de celosía será:

$$F_{CEL} = q \cdot A_T = 170 \cdot \left(\frac{120}{120}\right)^2 \cdot 6.873 = 1168.41 \text{ Kg}$$

La acción conjunta de las dos fuerzas la podemos calcular como sigue:

$$F_{\text{viento}} = \sqrt{F_{\text{Cel}}^2 + F_{\text{Cond}}^2} = \sqrt{1168.41^2 + 70.875^2} = 1170.55 \text{ Kg}$$

Desequilibrio de tracciones en apoyos de fin de línea (art. 3.1.4.4): Se considerará por el mismo concepto un esfuerzo igual al 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra, considerándose aplicado cada esfuerzo en el punto de fijación del correspondiente conductor o cable de tierra al apoyo. Se deberá tener en cuenta, por consiguiente, la torsión a que estos esfuerzos pudieran dar lugar.

$$F_d = 3 \cdot T_{MAX} = 3 \cdot 2324 = 6972 \text{ Kg}$$

Con esto podemos calcular definitivamente la solución a la primera hipótesis, que será:

$$F = \text{coef. seguridad} \cdot \sqrt{F_d^2 + F_{viento}^2} = 1.5 \cdot \sqrt{6972^2 + 1170.55^2} = 7069.58 \text{ Kg}$$

Hay que tener en cuenta que será necesario aplicar un coeficiente de seguridad de valor 1.5 al tratarse de una hipótesis normal, según lo establecido en el artículo 3.5.4 “Coeficientes de seguridad” de la de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 del reglamento de Alta Tensión vemos que a las hipótesis normales habrá que añadirles un coeficiente de seguridad de 1.5 y a las anormales uno de 1.2.

- **HIPÓTESIS 4ª (ROTURA DE CONDUCTORES)**

Habrà que considerar el caso de la rotura más desfavorable de las que se puedan producir, y esa rotura será la rotura del conductor que está solo, ya que el par sería doble.

El valor del par será

$$M = 2 \cdot T_{MAX} \cdot d$$

Teniendo en cuenta que el valor d está calculado previamente en el apartado 6.25, y cuyo valor es 1.25 m.

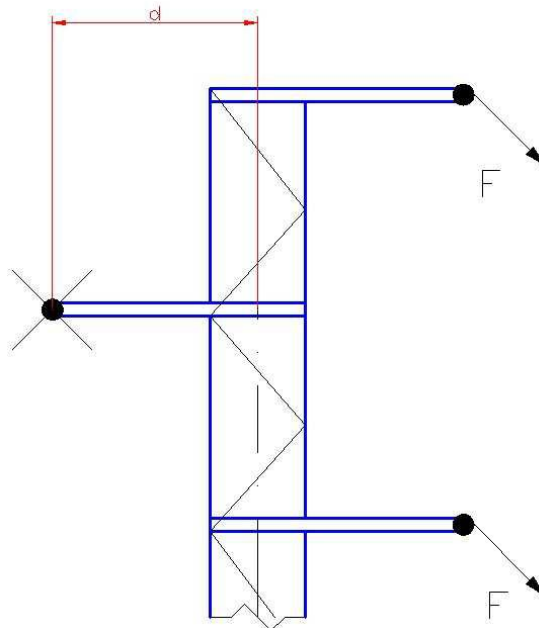


Figura 6.3: Rotura de conductores

El valor del par es, por tanto:

$$M = 2 \cdot T_{MAX} \cdot d = 2 \cdot 2324 \cdot 1.25 = 5810 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

Aplicando el coeficiente de 1.2 por tratarse de una hipótesis anormal, nos queda:

$$M = 1.2 \cdot 5180 = \mathbf{6216 \text{ Kg} \cdot \text{m}}$$

Por lo tanto tenemos definido totalmente el apoyo que nos ocupa y justificados todos los cálculos del cual se ve afectado, siendo este un apoyo metálico **C-9000-14** UNESA cuyas características son: **14 m** de altura total y **9000 Kg** de esfuerzo nominal según las especificaciones técnicas de ENDESA.

6.3) Cálculos eléctricos de la línea de Media Tensión

6.3.1) Características de la línea

- Forma de la corriente: Alterna trifásica.
- Número de circuitos: 1
- Número de conductores por Haz (Nh) 1
- Tensión nominal entre fases: 25 kV.
- Frecuencia (f): 50 Hz
- Potencia aparente nominal (Sn): 26 MVA.
- Factor de potencia estimado ($\cos\phi$): 0,80
- Longitud total del cable: 0,049 Km

6.3.2) Características eléctricas del conductor

- Radio del conductor (rc): 7,875 mm
- Sección del conductor (sc): 148,1 mm²
- Resistencia eléctrica 20° C (R): 0,2262 Ω/Km
- Resistencia eléctrica a 50° C (R): 0.3318 Ω/Km
- Número de alambres de Aluminio (Nr): 15
- Número de alambres de Acero (Na): 4

6.3.3) Intensidades y densidades máximas

La intensidad nominal por la línea toma el siguiente valor:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{26000}{\sqrt{3} \cdot 25} = 600.44 \text{ A}$$

Siendo:

- **Sn (kVA)**: Potencia aparente
- **U (kV)**: Tensión de la línea

Según el **artículo 4.2.1 “Densidad admisible”** de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 del reglamento de Alta Tensión, *Para cables de aluminio-acero se tomará en la tabla el valor de la densidad de corriente correspondiente a su sección total como si fuera de aluminio y su valor se multiplicará por un coeficiente de reducción.* Dicho coeficiente variará en función de la composición del material, siendo de **0.926** para las composiciones 6+1 y 26+7.

Observamos que, para una sección de 160 mm² obtenemos una densidad de corriente máxima de 2.70 A/mm², y para una sección de 125 mm² obtenemos una densidad de corriente máxima de 2.90 A/mm². Por tanto, para una sección de 148.1 mm², haciendo una interpolación lineal entre estos valores podemos obtener que nuestra densidad de corriente máxima será de 2.80 A/mm².

Así pues, nuestra densidad de corriente máxima admisible será de:

$$\sigma_{MAX} = 2.80 \cdot 0.926 = 2.59 \frac{A}{mm^2}$$

Teniendo en cuenta que la sección total engloba todos los circuitos y cables del haz, la densidad de corriente por nuestra línea será de:

$$\sigma_n = \frac{I_n}{S_t} = \frac{600.44}{3 \cdot 148.1} = 1.35 \frac{A}{mm^2}$$

Por lo tanto vemos que el cable es adecuado en cuenta a densidad de corriente admisible.

6.3.4) Caída de tensión

En el siguiente cálculo se tendrán en cuenta la resistencia eléctrica y la reactancia de autoinducción de la línea, que toman los siguientes valores para el cable seleccionado:

Para la resistencia, se adoptará a efectos de cálculo el valor correspondiente a 50 °C.

$$R_{50^\circ} = 0,3318 \Omega/Km$$

La reactancia de la línea se determinará en función de las características dimensionales del conductor y de la separación geométrica entre conductores:

$$\begin{aligned} X_L &= 2\pi \cdot f \cdot \left[0.5 + 4.605 \cdot \log\left(\frac{d}{r_c}\right) \right] \cdot 10^{-4} \\ &= 2\pi \cdot 50 \cdot \left[0.5 + 4.605 \cdot \log\left(\frac{1250}{7.875}\right) \right] \cdot 10^{-4} = 0.334 \frac{\Omega}{Km} \end{aligned}$$

Siendo:

- r_c : Radio del conductor (7.875 mm)
- d : Distancia entre conductores (1.25 m; Se calcula en otro apartado)

Teniendo en cuenta estos valores la caída de tensión que se produce a lo largo de la línea tendrá el siguiente valor:

$$\begin{aligned} e &\cong \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \operatorname{sen} \varphi) \\ &= \sqrt{3} \cdot 0.150 \cdot 600.44 \cdot (0.3318 \cdot 0.80 + 0.334 \cdot 0.6) = 72.67 V \end{aligned}$$

Donde:

- **L (km)**: Longitud del vano
- **I (A)**: Intensidad nominal de la línea
- **R (Ω/km)**: Resistencia a 50°C de la línea
- **X (Ω/km)**: Reactancia de la línea
- φ : Factor de potencia

Este valor representa el 0.291 % del total.

6.3.5) Potencia máxima de transporte por límite térmico

La potencia que se puede transportar por la línea está limitada por la densidad de corriente máxima, que da lugar a una intensidad máxima, de valor:

$$I_{MAX} = \sigma_{MAX} \cdot S_t = 2.59 \cdot 3 \cdot 148.1 = 1150.737 \text{ A}$$

Así pues, la potencia máxima que se puede transportar es:

$$P_{MAX} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{MAX} \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 1150.737 \cdot 0.8 = 39.86 \text{ MW}$$

7) Centro de Entrega

7.1) Recinto de seccionamiento

En el Recinto de seccionamiento hemos utilizado un centro de seccionamiento del fabricante Incoesa, modelo CTIN-CS.

Sus características técnicas son las siguientes:

<u>Interruptores-Seccionadores de línea y puesta a tierra</u>	
Tensión más elevada para el material (kV)	27
Corriente asignada en servicio continuo (A)	400
Corriente admisible asignada de corta duración (kA)	16
Valor de cresta de la corriente admisible asignada (kA)	40
<u>Protección fusibles (OPCIONALES)</u>	
Tensión más elevada para el material (kV)	27
Corriente asignada en servicio continuo (A)	31.5/40/50
Poder de corte (kA)	63
<u>Pasatapas enchufables</u>	
Corriente asignada en servicio continuo (A)	630

A continuación tendremos que comprobar que el centro de seccionamiento seleccionado es válido para nuestra línea

- **Línea 1**

- Tensión máxima de la línea de entrada = 25kV
- Tensión más elevada para el material = 27 kV → **Verificado.**
- Corriente máxima para la línea de entrada = 138.75 A
- Corriente asignada en servicio continuo = 400 A → **Verificado.**

- **Línea 2**

- Tensión máxima de la línea de entrada = 25kV
- Tensión más elevada para el material = 27 kV → **Verificado.**
- Corriente máxima para la línea de entrada = 138.75 A
- Corriente asignada en servicio continuo = 400 A → **Verificado.**

7.2) Recinto de protección y medida

De estos centros de seccionamiento mencionados anteriormente, conectaremos con la otra parte de nuestro centro de entrega, **el recinto de protección y medida**, donde utilizaremos celdas SM6 para la protección y medida.

- **Características generales Celdas SM6 36KV**

Tensión asignada (kV)	36
Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra (kV)	70 eficaces a 50Hz durante 1 minuto 170 cresta
Intensidad asignada en función de línea (A)	400
Intensidad asignada en interrupción automática (A)	400
Intensidad asignada en ruptofusibles (A)	200
Intensidad nominal admisible durante un segundo (kA)	16 eficaces
Valor de cresta de la intensidad nominal admisible (kA)	40
Grado de protección de la envolvente	IP3X

A continuación tendremos que comprobar que el recinto de protección y medida seleccionado es válido para nuestra línea

- **Línea 1**

- Tensión máxima de la línea de entrada = 25kV
- Tensión más elevada para el material = 36 kV → **Verificado.**
- Corriente máxima para la línea de entrada = 138.75 A
- Corriente asignada en servicio continuo = 400 A → **Verificado.**

- **Línea 2**

- Tensión máxima de la línea de entrada = 25kV
- Tensión más elevada para el material = 36 kV → **Verificado.**
- Corriente máxima para la línea de entrada = 138.75 A
- Corriente asignada en servicio continuo = 400 A → **Verificado.**

PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5.80 MW_p San Roque-Parque tecnológico



TOMO III: Estudio de Seguridad y Salud

Alumno: Alberto Carlos Fernández Espinar

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad en Electrónica Industrial

Tutor: Carlos Andrés García Vázquez

Convocatoria: Febrero 2012

INDICE

Contenido

1) Antecedentes y Objeto del Estudio de Seguridad y Salud	5
1.1) Ámbito de Aplicación.....	5
1.2) Objeto del Estudio de Seguridad y Salud	5
1.2.1) Justificación del Estudio	6
1.2.2) Principios Generales Aplicaciones en Ejecución de Instalaciones	6
1.2.3) Características Generales de la obra.....	7
2) Identificación de Riesgos. Análisis y medidas preventivas.....	14
2.1) Método de Evaluación de Riesgos.....	14
2.2) Análisis del Riesgo	14
2.2.1) Identificación de peligros.....	14
2.2.2) Estimación del riesgo	15
2.2.3) Valoraciones de los riesgos.....	15
2.3) Identificación de los Riesgos	16
2.3.1) Riesgos laborales evitables.....	16
2.3.2) Riesgos laborales inevitables	17
2.4) Instalaciones	18
2.4.1) Línea Aérea de Alta Tensión.....	18
2.4.2) Línea Subterránea de Alta Tensión	19
2.4.3) Centro de Transformación.....	20
2.5) Con carácter específico	22
2.5.1) Señalización	22
2.5.2) Trabajos con Riesgo Eléctrico	26
2.5.3) Trabajos en Altura	37
2.5.4) Manipulación manual de cargas.....	46
2.5.5) Manipulación mecánica de cargas.....	47
2.5.6) Espacios confinados.....	48
2.5.7) Transporte de materiales y equipos dentro de la obra	50
2.5.8) Movimiento de tierras (terraplenes y rellenos)	51
2.5.9) Trabajos con hormigón.....	51
2.5.10) Maniobras de izado, situación de obra y montaje de equipos y materiales	52
2.5.11) Tendido de conductores subterráneos	53

2.6) Relativo a las maquinarias y herramientas	54
2.6.1) Maquinaria de movimiento de tierras	54
2.6.2) Máquinas herramientas	64
2.6.3) Herramientas manuales en general.....	71
2.6.3) Herramientas de izado en general	72
2.7) Relativo a los medios auxiliares	73
2.7.1) Plataforma elevadora autopropulsada.....	73
2.7.2) Escaleras manuales	74
3) Prevención del riesgo	76
3.1) Información	76
3.2) Formación	76
3.3) Charla sobre riesgos específicos	76
3.4) Medicina preventiva y primeros auxilios	76
3.4.1) Servicios sanitarios.....	77
3.4.2) Medios de actuación y primeros auxilios.....	77
3.4.3) Medicina asistencial en caso de accidente o enfermedad profesional	77
3.4.4) Reconocimiento Médico.....	77
3.5) Prevención de riesgos de daños a terceros	78
3.6) Plan de Seguridad	78
3.7) Libros de Incidencias	78
3.8) Recursos preventivos	79
3.9) Instalaciones eléctricas provisionales	80
3.9.1) Cuadros de Distribución.....	81
3.9.2) Prolongadores, Clavijas, Conexiones y Cables	81
3.10) Medidas de protección contra incendios	81
3.11) Reuniones de seguridad	82
3.12) Vestuarios y aseos	82
4) Equipos de protección individual	83
4.1) Equipos de Protección Colectiva	83
4.2) Equipos de Protección Individual	83
4.2.1) Protección de la cabeza.....	84
4.2.2) Protección auditiva	84
4.2.3) Protección ocular y facial.....	84
4.2.4) Protección respiratoria	85

4.2.5) Protección de las extremidades inferiores	85
4.2.6) Protección de las extremidades superiores.....	85
4.2.7) Sistemas de sujeción	86
4.2.8) Sistemas anticaídas.....	86

Estudio de Seguridad y Salud

1) Antecedentes y Objeto del Estudio de Seguridad y Salud

De acuerdo con lo estipulado en el Real Decreto 1627/97 de 24 de octubre sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en Obras de Construcción, la redacción del Estudio de Seguridad y Salud tendrá carácter obligatorio cuando en las obras a que se refiere el proyecto de referencia se dé alguno de los siguientes supuestos:

- a) Que el presupuesto de ejecución material de la obra por contrata sea igual o superior a 450.759 €.
- b) Que la duración estimada de la obra sea superior a 30 días laborables, empleando en algún momento a más de 20 trabajadores.
- c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores sea superior a 500.
- d) Que se trate de obras de túneles o galerías, conducciones subterráneas y presas.

En base a lo indicado en el párrafo anterior, se elabora el presente Estudio de Seguridad y Salud, que establece durante la realización de la obra, los medios y condiciones precisas para la prevención de riesgos de accidentes laborales y enfermedades profesionales.

En este estudio se dan las directrices básicas a las empresas constructoras para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su trabajo bajo el control de la dirección del Coordinador en Materia de Seguridad y Salud o en su defecto de la Dirección Facultativa de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y de Salud en las obras de construcción. Dicho estudio deberá formar parte del proyecto de obra, ser coherente con el contenido del mismo y recoger las medidas preventivas adecuadas a los riesgos que conlleve la realización de la obra.

1.1) **Ámbito de Aplicación**

El ámbito de aplicación del presente Estudio de Seguridad y Salud, es la obra por título **PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED DE 5.80 MW EN SAN ROQUE (CÁDIZ)**, así como a todo el personal que va a intervenir en la misma.

1.2) **Objeto del Estudio de Seguridad y Salud**

El Estudio Básico de Seguridad y Salud establece, durante la ejecución de estas instalaciones, las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como información útil para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores de mantenimiento.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa instaladora para llevar a cabo sus obligaciones en el terreno de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el cual se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud a las obras de construcción.

1.2.1) Justificación del Estudio

El estudio básico de seguridad y salud, se redacta de acuerdo con lo que dispone el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1997, y en concreto da cumplimiento al artículo 4 de este Real Decreto.

1.2.2) Principios Generales Aplicaciones en Ejecución de Instalaciones

El artículo 10 del RD 1627/1997 establece que se aplicarán los principios de acción preventiva recogidos en el art. 15º de la “Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995, de 8 de Noviembre)” durante la ejecución de las instalaciones y en particular en las siguientes actividades:

- a) El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- b) La elección del emplazamiento de los lugares y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- c) La manipulación de los diferentes materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- d) El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con el objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- e) La adaptación en función de la evolución de la obra del periodo de tiempo efectivo que se deberá dedicar a las diferentes tareas o fases del trabajo.
- f) La cooperación entre los contratistas, subcontratista y trabajadores autónomos.
- g) Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice a la obra o cerca de la obra.

Los principios de acción preventiva establecidos en el artículo 15º de la Ley 31/95 son los siguientes:

- 1.- El empresario aplicará las medidas que integren el deber general de prevención, de acuerdo con los siguientes principios generales:
 - a) Evitar riesgos.
 - b) Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
 - c) Combatir los riesgos en su origen.
 - d) Adaptar el trabajo a la persona, en particular con lo que respecta a la concepción de los lugares de trabajo, la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, a fin de reducir los efectos del mismo a la salud.
 - e) Tener en cuenta la evolución de la técnica.
 - f) Sustituir aquello que es peligroso por aquello que tenga poco o ningún peligro.
 - g) Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.

- h) Adoptar medidas que pongan por delante la protección colectiva a la individual.
- i) Dar las debidas instrucciones a los trabajadores

2.- El empresario tendrá en consideración las capacidades profesionales de los trabajadores en materia de seguridad y salud en el momento de asignar las tareas.

3.- El empresario adoptará las medidas necesarias para garantizar que solo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.

4.- La efectividad de las medidas preventivas deberá prever las distracciones e imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador. Para su aplicación se tendrá en cuenta los riesgos adicionales que pudieran implicar determinadas medidas preventivas, que solo podrán adoptarse cuando la magnitud de los mencionados riesgos sea sustancialmente inferior a la de aquellos que se pretenden controlar y para los que no existen alternativas más seguras.

5.- Podrán concertar operaciones de seguros que tengan como finalidad garantizar como ámbito de cobertura la previsión de riesgos derivados del trabajo, la empresa respecto de sus trabajadores, los trabajadores autónomos respecto de ellos mismos y las sociedades cooperativas respecto a los socios, la actividad de los cuales consista en la prestación de su trabajo personal.

1.2.3) Características Generales de la obra

El presente Estudio de Seguridad y Salud, se corresponde con el proyecto **DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 5.80 MW_p CONECTADA A RED EN LA LOCALIDAD DE SAN ROQUE (CÁDIZ).**

La actividad desarrollada es "Explotación de centrales de generación eléctrica con recursos de origen renovable". Se ha proyectado una breve reforma de las instalaciones para adecuarlas al uso o actividad anteriormente citada.

La obra constará de las siguientes fases:

- Movimientos de tierras y cimentaciones: durante esta primera fase se llevará a cabo el acondicionamiento del terreno de la finca. Se realizará el correspondiente movimiento de tierras y se compactará convenientemente, para posteriormente realizar las cimentaciones.
- Montaje del seguidor solar para el soporte de los módulos fotovoltaicos: En dicha fase de obra se llevará a cabo el montaje de la estructura metálica para posteriormente colocar los paneles fotovoltaicos.
- Montaje de módulos fotovoltaicos e inversores:

1. Huerto solar: se podrán instalar los paneles fotovoltaicos sobre el propio seguidor solar una vez montado éste, o bien, instalar los paneles fotovoltaicos previamente, lo que supone un anclaje posterior al bastidor del seguidor solar más pesado. En cualquier caso se optará por la recomendada por el fabricante del seguidor solar.

2. Cubierta del edificio: se instalarán los paneles fotovoltaicos sobre la cubierta del edificio, nunca fuera de ella.

- Cableado y conexionado: una vez montada la estructura del seguidor solar y colocados los paneles fotovoltaicos sobre él, se realiza el cableado y conexionado de los mismos. El cableado se tira hasta los centros de inversión y transformación donde se realiza el acondicionamiento de potencia, ya que se invierte la corriente continua a alterna y de baja tensión a media. El centro de transformación (CT) es un elemento prefabricado que se descarga en el huerto mediante grúa. Los trabajos deben realizarse sin tensión.
- Pruebas y puesta en marcha de los distintos equipos y sistemas: finalmente se realizarán las pruebas y puesta en marcha de equipos y sistemas.

La obra se enclava en una zona de clima continental, con inviernos fríos y veranos calurosos. Los trabajos se desarrollarán al aire libre teniendo en cuenta que los trabajos en altura y manipulación de cargas con grúas, estarán limitadas en función de la lluvia, nieve, heladas o de las velocidades del viento (no realizar trabajos en altura en intemperie, ni movimientos de cargas con grúas con vientos superior a 50 km/h).

1.2.3.1) Acceso y vallado

Quedará prohibido el paso de personas ajenas a la obra, por tanto se construirán con carácter temporal, vallas, cercas, o barreras que impidan el paso al interior de la zona de trabajo.

Una vez realizado el acondicionamiento de los terrenos, se dispondrá el vallado perimetral del recinto de obra, con el fin de evitar que cualquier persona ajena tenga fácil acceso a la misma.

Los accesos de materiales y para el personal, estarán debidamente señalizados y se realizarán desde las carreteras adyacentes existentes. En dichos accesos, en sitio visible, se colocarán carteles prohibiendo la entrada a personas ajenas a la obra, así como carteles de uso obligatorio de los equipos de protección individual en el recinto de la misma, de prohibición y de advertencia de peligros.

El tráfico rodado estará formado por camiones de transporte de material, camiones hormigonera y camiones grúa. También podrán acceder a la obra vehículos pertenecientes a trabajadores, coordinador de seguridad, encargados técnicos, así como de las personas necesarias para la buena ejecución de dicho proyecto.

Circulación peatonal: No se ve afectada por la realización de esta obra.

Se ejecutarán viales de acceso que recorran el interior de la parcela, según proyecto, de tal manera que los vehículos puedan circular sin dificultades y acceder a todos los lugares durante la ejecución de las tareas. Estos caminos garantizarán el tránsito de vehículos independientemente de las condiciones climáticas.

1.2.3.2) Suministro de Energía eléctrica y agua potable.

La energía eléctrica será suministrada por un grupo electrógeno de potencia suficiente para la ejecución de los trabajos a realizar.

El suministro de agua está previsto mediante un servicio periódico de abastecimiento de agua potable a la obra.

1.2.3.3) Acopio de Materiales y Contenedores.

Se realizará el acopio de materiales en una zona habilitada a tal fin y que gestionará el supervisor de obra bajo el mando directo del jefe de obra. El acopio se realizará de forma ordenada y racional, evitando obstruir zonas de paso o tránsito de personas o máquinas.

Se instalarán también contenedores de obra al objeto de separar escombros, papeles, plásticos y cartones, con la intención de llevar a cabo un reciclaje de dichos materiales sobrantes.

1.2.3.4) Seguro de Responsabilidad Civil.

La empresa contratista dispone de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia; imputables al mismo o a las personas de las que debe responder.

1.2.3.5) Actuaciones en caso de emergencia.

En base a las circunstancias habituales de la ejecución de la obra, se considera razonable contemplar las siguientes actuaciones de emergencia:

- **Plan de emergencia para emergencias médicas.**

Siempre que acontezca una emergencia médica, se actuará de la siguiente forma:

- Si se trata de un accidente menor se realizarán las primeras curas empleando el material existente en el botiquín con el fin de minimizar las consecuencias (pequeños vendajes, inmovilizaciones, compresiones en caso de hemorragias,...).
- Si fuera necesaria la actuación del personal sanitario cualificado, se acompañará al accidentado al centro sanitario más próximo, al centro concertado por la mutua de la persona afectada con vehículos propios, transporte público o ambulancia en función de la gravedad.

- **Plan de actuación frente a emergencia de incendios.**

Cuando se produzca una situación de emergencia por incendio se actuará, en función del tipo de incendio que se presente, de la forma que se indica a continuación:

- Plan de actuación frente a un incendio de pequeña importancia:

Ante un incendio de este tipo, el trabajador que lo detecte, tras dar la voz de alarma y hacer que se avise al Responsable de Emergencias, tratará de controlar el mismo mediante la utilización de extintor portátil, si fuera preciso. La rapidez de actuación es fundamental a la hora de evitar que el conato se convierta en un incendio de mayor entidad.

Si el incendio adquiere mayor severidad o no pudiera ser controlado adecuadamente, deberá seguirse el Plan de actuación siguiente.

- Plan de actuación ante un incendio importante:

En esta situación el Responsable de Emergencias deberá actuar de la siguiente forma:

1. Dará orden de aviso al Servicio de Bomberos.
2. Pondrá en marcha el plan de evacuación.

- **Plan de evacuación**

El Plan de evacuación se pondrá en marcha por indicación del Responsable de Emergencias, persona responsable de la misma.

El Responsable de Emergencias se asegurará de que todos los trabajadores hayan salido de sus respectivos puestos de trabajo y deberá contabilizar en el punto de reunión determinado que no falta nadie. En caso contrario, avisará de ello al Servicio de Bomberos.

- **Actuación ante un atraco.**

En caso de presentarse una emergencia de este tipo conviene tener presente que no se debe intentar frustrar el atraco y, ni siquiera activar el sistema de alarma si ello pone en peligro a alguna persona. Ante esta situación, la actuación recomendada sería:

- Permanecer absolutamente pasivo.
- No hacer ningún tipo de movimiento brusco o sospechoso.
- Obedecer las órdenes del atracador con la mayor calma posible.
- No hablar, salvo contestar alguna pregunta.
- Si para cumplir una orden del atracador es preciso hacer algún movimiento extraño, explicar por qué se hace.
- No intentar apresar o desarmar al atracador.
- No interrumpir su huida ni emprender su persecución.
- Observar el vehículo utilizado para huir (matrícula, color, marca, desperfectos, ocupantes) y la dirección tomada.
- Activar el sistema de alarmar cuando desaparezca el peligro.

1.2.3.6) **Presupuesto estimado.**

El presupuesto total estimado para la ejecución de la reforma asciende a 24.441.639,31 €.

1.2.3.7) **Datos del emplazamiento.**

La instalación se ubica en el terreno incluido en proyecto del nuevo Parque tecnológico de San Roque. Las coordenadas del centro de la instalación son

Latitud: 36°11'31.68"N

Longitud: 5°23'2.54"O

1.2.3.8) Accesos a la obra.

El emplazamiento posee acceso para elementos de transporte y peatones

1.2.3.9) Centro asistencial sanitario más cercano.

Hospital de La Línea de la Concepción
AVENIDA MENÉNDEZ PELAYO, 103, 11300 La Línea de la Concepción
956 69 62 00

1.2.3.10) Actividades Principales.

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

- Replanteo y estaquillado
- Implantación de obra y Señalización
- Acopio y Manipulación de materiales
- Transporte de materiales y equipos dentro de la obra
- Obras de excavación
- Movimiento de tierras (terraplenes y rellenos)
- Armaduras (ferralla)
- Encofrados
- Obras de hormigón
- Cerramiento, relleno de zanjas, y reposición de material
- Montaje de estructuras metálicas y prefabricados
- Maniobras de izado, situación en obra y montaje
- Tendido y conexionado de conductor subterráneo
- Retirada de materiales y equipos existentes dentro e la obra
- Puesta en marcha de la instalación

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

- **Oficios**

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

- Jefes de Equipo, Mandos de Brigada
- Encofradores
- Ferrallistas
- Albañiles
- Pintores
- Montadores de estructuras metálicas
- Montadores de equipos auxiliares
- Montadores de equipos e instalaciones eléctricas
- 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 / Medio Ambiente
- Encargados
- Administrativos

- **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.

MAQUINARIA:

- Maquinaria de transporte por carretera
- Grúa autopropulsada
- Camión autocargante
- Camión hormigonera autopropulsado
- Camión basculante
- Dumpers autovolquetes
- Bobcat
- Máquina de excavación con martillo hidráulico
- Máquina retroexcavadora mixta
- Compactadores de tambor

MAQUINAS HERRAMIENTAS:

- Cabrestantes de izado y de tendido
- Máquinas de compresión
- Compresor
- Martillo rompedor y picador, etc.
- Grupos electrógenos
- Equipos de soldadura oxiacetilénica-oxicorte
- Equipos de soldadura eléctrica
- Radiales y esmeriladoras
- Taladradoras de mano
- Compactadora de pata de cabra

HERRAMIENTAS MANUALES:

- Herramientas de mano (cinceles y punzones, martillos, alicates, destornilladores, limas, llaves)
- Herramientas de izado (eslingas, poleas, cuerdas, cables, cadenas, aparejos, grilletes, trácteles, etc.)
- Juego alzapobinas, rodillos, etc.

MEDIOS AUXILIARES:

- Plataforma elevadora autopropulsada
- Escaleras manuales
- Andamios borriquetas
- Andamios metálicos modulares
- Cuadros eléctricos auxiliares
- Bancos de trabajo
- Equipos de medida

2) Identificación de Riesgos. Análisis y medidas preventivas

2.1) Método de Evaluación de Riesgos

La Evaluación de Riesgos Laborales es el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse.

La evaluación de riesgos incluida en el presente estudio, se encuadra dentro del contexto del Capítulo II, artículos del 3 al 7 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, que desarrolla y aplica lo expuesto en el Art. 16 Evaluación de Riesgos de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

El método mediante el cual se ha elaborado la evaluación de riesgos del presente estudio de seguridad y salud, corresponde al método editado y aprobado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

La evaluación de riesgos se comprobará de dos fases:

- Análisis del riesgo, mediante el cual: Se identifica el peligro, y se estima el riesgo, valorando conjuntamente la probabilidad y las consecuencias de que se materialice el peligro.
 - Valoración del riesgo, con el valor del riesgo obtenido se emite un juicio sobre la tolerabilidad del riesgo en cuestión.
- NOTA:
 - PELIGRO, fuente o situación con capacidad de daño en términos de lesiones, daños a la propiedad, daños al medio ambiente o una combinación de ambos.
 - RIESGO, combinación de la frecuencia o probabilidad y de las consecuencias que pueden derivarse de la materialización de un peligro.

2.2) Análisis del Riesgo

2.2.1) Identificación de peligros

La identificación de peligros se va a realizar en función de las unidades constructivas del proyecto de ejecución, y los equipos técnicos y medios auxiliares necesarios para llevar a cabo la ejecución de las obras.

2.2.2) Estimación del riesgo

Para cada peligro detectado debe estimarse el riesgo, determinando la potencial severidad del daño (Consecuencias) y la probabilidad de que ocurra el hecho.

- Severidad del daño. Para determinar la potencial severidad del daño, debe considerarse:
 - Partes del cuerpo que se verán afectadas.
 - Naturaleza del daño, clasificándolo en:
 - a) Ligeramente dañino (LD). Daños superficiales: cortes, magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo, dolor de cabeza, disconfort.
 - b) Dañino (D). Laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores, sordera, dermatitis, asma.
 - c) Extremadamente dañino (ED). Amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales, cáncer.
- Probabilidad de que ocurra el daño. La probabilidad de que ocurra el daño se puede graduar según el siguiente criterio:
 - a) Alta (A). El daño ocurrirá siempre o casi siempre.
 - b) Media (M). El daño ocurrirá en algunas ocasiones.
 - c) Baja (B). El daño ocurrirá raras veces.

A la hora de establecer la probabilidad de daño, se debe considerar si las medidas de control ya implantadas son adecuadas.

2.2.3) Valoraciones de los riesgos

Los niveles de riesgos indicados en el cuadro anterior, forman la base para decidir si se requieren mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos, así como la temporización de las acciones.

Los siguientes enunciados muestran un criterio sugerido como punto de partida para la toma de decisiones. También se indican los esfuerzos precisos para el control de los riesgos y la urgencia con la que deben adoptarse las medidas de control.

- **Riesgo Trivial (T)**. No se requiere acción específica.
- **Riesgo Tolerable (TO)**. No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
- **Riesgo Moderado (MO)**. Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
- **Riesgo Importante (I)**. No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.

- **Riesgo Intolerable (IN).** No debe comenzarse ni continuarse el trabajo hasta que reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

El resultado de una evaluación de riesgos debe servir para hacer un inventario de acciones, con el fin de diseñar, mantener o mejorar los controles de riesgos.

La evaluación de riesgos debe ser, en general, un proceso continuo. Por lo tanto, la adecuación de las medidas de control debe estar sujeta a una revisión continua y modificarse, si es preciso. De igual forma, si cambian las condiciones de trabajo, y con ello los peligros y los riesgos, habrá de revisarse la evaluación de los riesgos.

		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
Probabilidad	Baja	Riesgo Trivial	Riesgo Tolerable	Riesgo Moderado
	Media	Riesgo Tolerable	Riesgo Moderado	Riesgo Importante
	Alta	Riesgo Moderado	Riesgo Importante	Riesgo Intolerable

2.3) Identificación de los Riesgos

2.3.1) Riesgos laborales evitables

Se exponen a continuación los riesgos excepcionales que pueden ser evitados gracias a unas medidas de prevención oportunas:

- Riesgos derivados de la rotura de instalaciones eléctricas existentes.
- Riesgos derivados de contactos accidentales con instalaciones eléctricas.
- Riesgos modificados por la presencia de electricidad.
- Riesgos derivados de la rotura de instalaciones de agua existentes.
- Riesgos modificados por la presencia de agua.
- Riesgos derivados de la rotura de instalaciones de gas existentes.
- Riesgos modificados por la presencia de gas.

Antes de iniciar los trabajos, el contratista encargado de los mismos, deberá informarse de la existencia o situación de las diversas canalizaciones de servicios existentes, tales como electricidad, agua, gas, etc., y su zona de influencia.

Caso de encontrarse con ellas, se deberán señalar convenientemente, se protegerán con medios adecuados y, si fuese necesario, se deberá entrar en contacto con el responsable del servicio que afecte al área de los trabajos para decidir de común acuerdo las medidas preventiva a adoptar, o en caso extremo, solicitar la suspensión temporal del suministro del elemento en cuestión.

Se establecerá un programa de trabajos claro que facilite un movimiento ordenado en el lugar de los mismos de personal, medios auxiliares y materiales.

2.3.2) Riesgos laborales inevitables

Los riesgos laborales inevitables que se pueden asociar a los trabajos a desarrollar en la ejecución de las obras se hayan contemplados en cada una de las N.U.C., incluidas a tal efecto, anteriormente señaladas.

En las mismas, tal y como ya se ha comentado, aparte de incorporarse los riesgos específicos de cada una de las actividades, también se enumeran las protecciones colectivas y los equipos de protección individual, si las primeras no fueran suficientes, necesarios para su eliminación o minimización y, posteriormente, la propia evaluación de los riesgos para comprobar que las medidas adoptadas son coherentes y efectivas.

- **Riesgos asociados a esta actividad**

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Caída de objetos en manipulación.
- Pisadas sobre objetos.
- Golpes o cortes con objetos o herramientas.
- Contactos eléctricos.
- Explosión.
- Incendio.

- **Evaluación de riesgos asociados a esta actividad**

La evaluación de riesgos que se ha realizado se presenta en la tabla siguiente:

RIESGO ASOCIADO	PROBABILIDAD			CONSECUENCIAS			VALORACIÓN				
	B	M	A	LD	D	ED	T	TO	MO	I	IN
Caídas a distinto nivel	X				X			X			
Caídas al mismo nivel	X			X			X				
Caída de objetos en manipulación	X			X			X				
Pisada sobre objetos	X			X			X				
Golpes, cortes, objetos o herramientas	X			X			X				
Contactos eléctricos	X					X			X		
Explosión	X					X			X		
Incendio	X					X			X		

- **Medidas preventivas de riesgos asociados a esta actividad**
 - Señalizaciones de acceso a obra y uso de elementos de protección personal.
 - Las zonas de peligro deberán estar acotadas y señalizadas.
 - La iluminación de los puestos de trabajo deberá ser la adecuada para el desarrollo correcto del trabajo.
 - Acotamiento y señalización de zona donde exista riesgo de caída de objetos desde altura.
 - Se montaran barandillas resistentes 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 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.
 - Los productos tóxicos y peligrosos se almacenarán y manipularán según lo establecido en las condiciones de uso específicas de cada producto.
 - Respetar la señalización y limitaciones de velocidad fijadas para circulación de vehículos y maquinaria en el interior de la obra.
 - Aplicar las medidas preventivas contra riesgos eléctricos que desarrollaremos más adelante.
 - Todos los vehículos llevarán los indicadores ópticos y acústicos que exija la legislación vigente.
 - En actividades con riesgo de proyecciones a terceros, se colocarán mamparas opacas de material ignífugo.
 - Se protegerá a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y su salud.

2.4) Instalaciones

Analizamos a continuación los riesgos y medidas preventivas generales en función del tipo de instalación donde se desarrollan los trabajos de ejecución previstos en las obras. Estos riesgos y medidas preventivas será necesario concretarlas y desarrollarlas para cada trabajo.

2.4.1) Línea Aérea de Alta Tensión

- **Riesgos**
 - Caídas de personas al mismo nivel.
 - Caídas de personas a distinto nivel.
 - Caída de objetos.
 - Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
 - Contactos eléctricos.
 - Arco Eléctrico.

- **Medidas preventivas**

- Orden y Limpieza.
- Señalización de la zona de trabajo.
- Utilizar los pasos y vías existentes.
- Iluminación adecuada.
- Calzado adecuado.
- Extremar las precauciones con hielo, agua o nieve.
- Trabajar en una superficie lo más uniforme y lisa posible y lo suficientemente amplia.
- Para zanjas de alturas de 2 m. o más, se colocarán barandillas con rodapiés, listón intermedio y listón superior a una altura mínima de 90 cm.
- Para alturas menores de dos metros se colocarán vallas, se señalarán los huecos o se taparán de forma efectiva.
- Iluminación adecuada.
- Utilización de la Línea de Vida y el Arnés Anticaídas (el cinturón solo sirve para trabajos en altura estáticos).
- No se utilizará maquinaria diseñada solo para elevación de cargas para transportar o elevar personas.
- Escaleras.
- Andamios.
- Zanja. NTP 278.
- Procedimientos de trabajos en altura.
- Medidas preventivas B.T.
- Medidas preventivas A.T.

2.4.2) Línea Subterránea de Alta Tensión

- **Riesgos**

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Choques y golpes.
- Desprendimientos, desplomes o derrumbes.
- Contactos eléctricos.
- Arco Eléctrico.

- **Medidas preventivas**

- Orden y Limpieza.
- Señalización de la zona de trabajo.
- Utilizar los pasos y vías existentes.
- Iluminación adecuada.
- Calzado adecuado.
- Casco de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Extremar las precauciones con hielo, agua o nieve.
- Trabajar en una superficie lo más uniforme y lisa posible y lo suficientemente amplia.
- Para zanjas de alturas de 2 m. o más, se colocarán barandillas con rodapiés, listón intermedio y listón superior a una altura mínima de 90 cm.

- Para alturas menores de dos metros se colocarán vallas, se señalizarán los huecos o se tapanán de forma efectiva.
- Utilización de la Línea de Vida y el Arnés Anticaídas (el cinturón solo sirve para trabajos en altura estáticos).
- No se utilizará maquinaria diseñada solo para elevación de cargas para transportar o elevar personas.
- Escaleras. Se cumplirá lo dispuesto en su sección correspondiente.
- Zanja. NTP 278 (Ver anexo).
- Utilización de las herramientas adecuadas para la función para la que fueron diseñadas.
- Comprobación del buen estado de las herramientas.
- Entibación o ataluzado de zanjas de profundidad mayor a 1,3 m o en terreno poco estable. Para zanjas de profundidad mayor a 1,3 m se mantendrá un trabajador fuera de la zanja.
- Mantener distancias de la mitad de la profundidad de la zanja entre zanja y acopios cercanos o vallados. Esta distancia será igual a la profundidad de la zanja si el terreno es arenoso.
- En la medida de lo posible se evitará que los operarios realicen trabajos en el interior de zanjas.
- Comprobación del estado de las entibaciones y del terreno antes de cada jornada y después de una lluvia copiosa.
- Medidas preventivas B.T.
- Medidas preventivas A.T.

2.4.3) Centro de Transformación

- **Riesgos**

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos.
- Choques y golpes.
- Contactos eléctricos.
- Arco Eléctrico.
- Incendios.
- Ventilación.
- Iluminación.

- **Medidas preventivas**

- Orden y Limpieza.
- Señalización de la zona de trabajo.
- Utilizar los pasos y vías existentes.
- Iluminación adecuada.
- Calzado adecuado.
- Casco de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Extremar las precauciones con hielo, agua o nieve.
- Trabajar en una superficie lo más uniforme y lisa posible y lo suficientemente amplia.

- Para alturas de 2 m. o más, se colocarán barandillas con rodapiés, listón intermedio y listón superior a una altura mínima de 90 cm.
- Para alturas menores de dos metros se colocarán vallas, se señalizarán los huecos o se taparán de forma efectiva.
- Utilización de la Línea de Vida y el Arnés Anticaídas (el cinturón solo sirve para trabajos en altura estáticos).
- No se utilizará maquinaria diseñada solo para elevación de cargas para transportar o elevar personas.
- Andamios. Se cumplirá lo dispuesto en su sección correspondiente.
- Procedimientos de trabajos en altura.
- Escaleras. Se cumplirá lo dispuesto en su sección correspondiente.
- Zanja. NTP 278 (Ver anexo).
- Utilización de las herramientas adecuadas para la función para la que fueron diseñadas.
- Comprobación del buen estado de las herramientas.
- Señalización de la zona de acopio.
- Los trabajos con riesgo de incendio deberán procedimentarse.
- Deberá de haber un Plan de Emergencia y Evacuación en los centros que lo precisen.
- El personal estará formado en los procedimientos de trabajo así como en los Planes de Emergencia y Evacuación.
- Se evitará el contacto de las sustancias combustibles con fuentes de calor intempestivas: Fumar, recalentamientos de máquinas, instalaciones eléctricas inapropiadas, operaciones de fuego abierto descontroladas, superficies calientes, trabajos de soldadura, chispas de origen mecánico o debidas a electricidad estática.
- Se ventilarán los vapores inflamables.
- Se limitará la cantidad de sustancias combustibles en los lugares de trabajo.
- Los combustibles se almacenarán en locales y recipientes adecuados.
- Tener prevista la iluminación adicional o de socorro, en función de la zona (24 V. antideflagrante, etc.).
- Modificar el tipo de lámparas.
- Actuar sobre la superficie reflejante.
- Medidas preventivas B.T.
- Medidas preventivas A.T.

2.5) Con carácter específico

En este apartado incluimos los riesgos generales que pueden afectar a todo los trabajadores, independientemente de la actividad concreta que realicen. Se prevé que puedan darse los siguientes:

2.5.1) Señalización

2.5.1.1) Normas Generales de Señalización

Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas según el R.D. 485/1997.

Se acotará y señalizará la zona de trabajo, a la cual se accederá siempre por accesos concretos.

Se señalizarán aquellas zonas en las que existan los siguientes riesgos:

- **Caída desde altura de objetos**

- Zonas donde se realicen maniobras con cargas suspendidas hasta que se encuentren totalmente apoyadas.
- Caídas de personas sobre plataformas, forjados, etc. en las que además se montarán barandillas resistentes en todo el perímetro o bordes.
- Caídas de personas dentro de huecos, etc. para lo que se protegerán con barandillas o tapas de suficiente resistencia.
- Aquellos huecos que se destapen para introducción de equipos, etc., que se mantendrán perfectamente controlados y señalizados durante la maniobra, reponiéndose las correspondientes protecciones nada más finalizar éstas.

- **Productos inflamables**

- En las zonas de ubicación se dispondrá de al menos un extintor portátil de polvo polivalente.
- Es obligatoria la delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.

- **Vías y salidas de emergencia**

Incluidas las puertas que deban ser atravesadas durante la misma, deberán estar señalizadas desde el inicio del recorrido hasta el exterior o zona de seguridad. Asimismo, se tendrá especial cuidado en la señalización de la alternativa correcta en aquellos puntos que puedan inducir a error. Estas señales deberán ser visibles en todo momento, por lo que, ante un posible fallo del alumbrado normal, dispondrán de fuentes luminosas incorporadas externa o internamente, o bien ser fotoluminiscentes.

En obras cerradas será obligatorio colocar en la entrada un cartel indicativo de los riesgos y de los EPI's a utilizar, además de la prohibición de entrada a personas ajenas a la obra.

Los pictogramas serán lo más sencillos posible, evitándose detalles inútiles para su comprensión. Podrán variar ligeramente o ser más detallados que los indicados en el apartado 3, siempre que su significado sea equivalente y no existan diferencias o adaptaciones que impidan percibir claramente su significado.

Las señales serán de un material que resista lo mejor posible los golpes, las inclemencias del tiempo y las agresiones medio ambientales.

Las dimensiones de las señales, así como sus características colorimétricas y fotométricas, garantizarán su buena visibilidad y comprensión.

Las señales se instalarán preferentemente a una altura y en una posición apropiadas en relación al ángulo visual, teniendo en cuenta posibles obstáculos, en la proximidad inmediata del riesgo u objeto que deba señalizarse o, cuando se trate de un riesgo general, en el acceso a la zona de riesgo.

El lugar de emplazamiento de la señal deberá estar bien iluminado, ser accesible y fácilmente visible. Si la iluminación general es insuficiente, se empleará una iluminación adicional o se utilizarán colores fosforescentes o materiales fluorescentes.

A fin de evitar la disminución de la eficacia de la señalización no se utilizarán demasiadas señales próximas entre sí.

Las señales deberán retirarse cuando deje de existir la situación que las justificaba.

En la siguiente tabla se puede comprobar la relación entre el tipo de señal, su forma geométrica y colores utilizados.

TIPO DE SEÑAL DE SEGURIDAD	FORMA GEOMÉTRICA	COLOR			
		Pictograma	Fondo	Borde	Banda
Advertencia	Triangular	Negro	Amarillo	Negro	-
Prohibición	Redonda	Negro	Blanco	Rojo	Rojo
Obligación	Redonda	Blanco	Azul	Blanco ó Azul	-
Lucha contra Incendios	Rectangular o Cuadrada	Blanco	Rojo		-
Salvamento o Socorro	Rectangular o Cuadrada	Blanco	Verde	Blanco o Verde	-

La señalización relativa a los riesgos eléctricos viene dada en “Riesgos Eléctricos” del apartado de Riesgos Específicos, debiendo señalizarse de forma clara y permanente la existencia del riesgo eléctrico.

- **Equipos de Protección Individual y Colectiva**

- Equipo de protección general.
- Chaleco reflectante.
- Vallas metálicas.
- Cinta o cadena de señalización.

2.5.1.2) Señalización en Entorno Urbano

La señalización, balizamiento y en su caso, defensas en las obras que afecten a la libre circulación por las vías públicas, se atenderán a las normas establecidas o instrucciones complementarias que ordene la administración competente.

En entorno urbano, los trabajadores irán provistos de prendas de color amarillo o naranja, con elementos retroreflectantes.

Se acotará la zona de trabajo mediante cerramientos rígidos (vallas metálicas) en población.

Las excavaciones no se quedarán nunca sin proteger o señalar.

Cuando circulen vehículos, los cerramientos se colocarán dependiendo de las características del terreno a una distancia, como mínimo, de 1 m para firmes de hormigón.

Cuando por razones de la obra se ocupen los espacios destinados a la circulación peatonal (aceras, pasos, etc.) se habilitarán pasos alternativos debidamente señalizados y protegidos. Se colocarán balizas luminosas de señalización por la noche.

Se extremarán las precauciones en cruzamientos de carreteras, zonas transitadas y/o cruzamiento de servicios.

Al término de la jornada, en las zonas transitadas se señalarán y protegerán los posibles obstáculos que puedan ser causa de daños a terceros.

- **Equipos de Protección Individual y Colectiva**

- Equipo de protección general.
- Chaleco reflectante.
- Vallas metálicas.
- Cinta o cadena de señalización.

2.5.1.3) Señalización en Entorno no Urbano

Se acotará la zona de trabajo mediante cerramientos rígidos (vallas metálicas) o cintas de limitación. En este último caso, se colocará una cinta delimitadora a una altura mínima de 1 metro respecto del suelo, rodeando el perímetro de la excavación. Dicha cinta se fijará a piquetas, situadas a una distancia mínima de 2 metros entre ellas.

La señalización habrá de ser claramente visible por la noche, disponiendo de bandas reflectantes verticales de 10 cm. de anchura.

Los recintos vallados o balizados llevarán siempre luces propias, colocadas a intervalos máximos de 30 metros y siempre en los ángulos salientes.

Las excavaciones no se quedarán nunca sin proteger o señalar.

En entorno no urbano, los trabajadores irán provistos de prendas de color amarillo o naranja, con elementos retroreflectantes siempre que realicen trabajos próximos a carreteras o caminos por donde pueda haber circulación de vehículos.

- **Equipos de Protección Individual y Colectiva**

- Equipo de protección general.
- chaleco reflectante.
- Vallas metálicas.
- Cinta o cadena de señalización.

2.5.1.3) Señalización en Carreteras (Norma de Carreteras 8.3 – IC “Señalización de Obras”)

Se seguirán siempre las indicaciones que proporcione el organismo propietario de la carretera.

Las señales deberán tener las dimensiones mínimas especificadas por la Norma de carreteras 8.3 – IC “Señalización de Obras”, y ser siempre reflectantes, de nivel 1 como mínimo si son obras fijas y de nivel 2 si es señalización móvil de obra (según norma UNE).

Se recomienda utilizar siempre un nivel superior en lugares donde la iluminación ambiente dificulte su percepción y en lugares de elevada peligrosidad, asimismo las señales de STOP tendrán siempre, como mínimo, un nivel 2 de reflectancia.

El color amarillo que distingue a las señales de obra de las normales, solamente se debe emplear en las señales con fondo blanco.

En las obras en las que la señalización provisional esté implantada durante las horas nocturnas, las señales y los elementos de balizamiento no sólo serán reflectantes, sino que deberán ir acompañados de elementos luminosos. En general, las obras en el interior de túneles tendrán siempre la consideración de obras en horas nocturnas.

A juicio del Director de Obra y dependiendo de las circunstancias que concurren en la misma, se podrá señalar horizontalmente con marcas en color amarillo o naranja, las alteraciones que se produzcan sobre la situación normal de la vía.

Estas marcas viales podrán ser sustituidas por captafaros TB-10, aplicados sobre el pavimento. El material de señalización y balizamiento se descargará y se colocará en el orden en que haya de encontrarlo el usuario. De esta forma el personal encargado de la colocación trabajará bajo la protección de la señalización precedente.

Si no se pudieran transportar todas las señales y balizas en un solo viaje, se irán disponiendo primeramente fuera de la calzada y de espaldas al tráfico.

Se recomienda anular la señalización permanente cuando no sea coherente con la de obra, tapando para ello las señales necesarias, mientras la señalización de obra esté en vigor. La retirada de la señalización y balizamiento se realizará en orden inverso al de colocación y siempre que sea posible desde la zona vedada al tráfico o desde el arcén, pudiendo entonces el vehículo dedicado a ello, circular con la correspondiente luz prioritaria en sentido opuesto al de la calzada.

Una vez retirada la señalización de obra, se restablecerá la señalización permanente que corresponda. Si los operarios van en vehículos, su protección vendrá dada por el propio vehículo. Si los operarios van a pie sobre la calzada, deberán protegerse mediante un vehículo.

En todas las circunstancias, los operarios irán provistos de prendas de color amarillo o naranja, con elementos retroreflectantes.

Se recomienda que las máquinas y vehículos que se utilicen en señalización móvil sean de colores blanco, amarillo o naranja. Llevarán como mínimo, una luz ámbar giratoria o intermitente omnidireccional en su parte superior, dispuesta de forma tal que pueda ser perfectamente visible por el conductor al que se quiere indicar su presencia, con una potencia mínima de 55 vatios en el caso de luz giratoria y de 1,5 julios en el caso de luz intermitente.

La señales TP-18 (peligro, obras) y TP-31 llevarán siempre tres luces ámbar intermitentes de encendido simultáneo y dispuestas en triángulo en los vértices.

Las dimensiones mínimas de las señales utilizadas en señalización móvil serán las clasificadas como “grandes” en la Tabla 4 de la Norma 8.3-I.C.

- **Equipos de Protección Individual y Colectiva**

- Equipo de protección general.
- Chaleco reflectante.
- Vallas metálicas.
- Cinta o cadena de señalización.

2.5.2) Trabajos con Riesgo Eléctrico

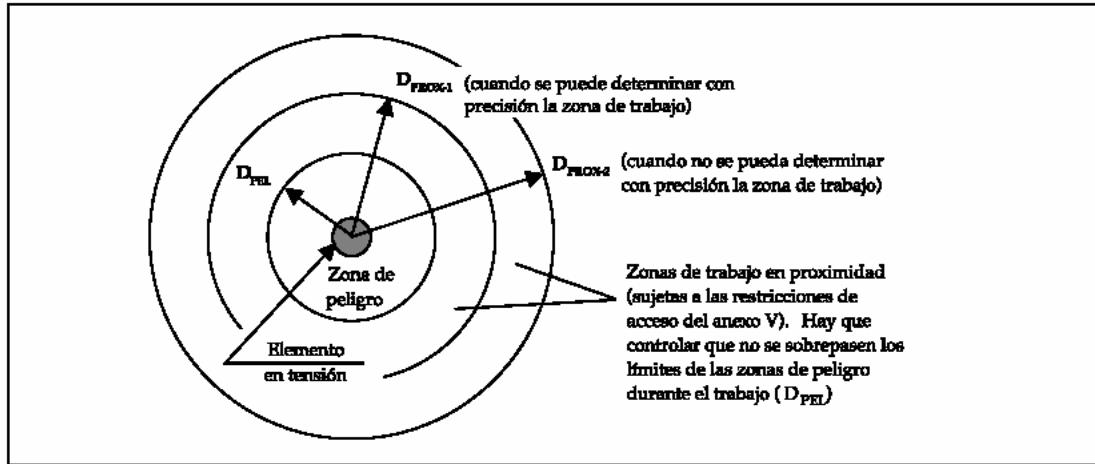
Todo trabajo en una instalación eléctrica, o en su proximidad, que conlleve un riesgo eléctrico deberá de efectuarse sin tensión, salvo en el caso de que las condiciones de explotación o de continuidad del suministro así lo requieran (4.4.b R.D. 614/2.001).

En ningún caso se prevé la realización de trabajos en tensión. Caso de ser necesaria la realización de este tipo de trabajos, se elaborará un plan específico para ello.

2.5.2.1) Definiciones

- **Trabajos sin tensión:** Trabajos en instalaciones eléctricas que se realizan después de haber tomado todas las medidas necesarias para mantener la instalación sin tensión.
- **Zona de peligro o zona de trabajos en tensión:** Espacio alrededor de los elementos en tensión en el que la presencia de un trabajador desprotegido supone un riesgo grave e inminente de que se produzca un arco eléctrico, o un contacto directo con el elemento en tensión, teniendo en cuenta los gestos o movimientos normales que puede efectuar el trabajador sin desplazarse.
- **Trabajo en proximidad:** Trabajo durante el cual el trabajador entra, o puede entrar, en la zona de proximidad, sin entrar en la zona de peligro, bien sea con una parte de su cuerpo, o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula.
- **Zona de proximidad:** Espacio delimitado alrededor de la zona de peligro, desde la que el trabajador puede invadir accidentalmente esta última. Donde no se interponga una barrera física que garantice la protección frente al riesgo eléctrico, la distancia desde el elemento en tensión al límite exterior de esta zona será la indicada en la tabla 1.

- **Trabajo en proximidad:** Trabajo durante el cual el trabajador entra, o puede entrar, en la zona de proximidad, sin entrar en la zona de peligro, bien sea con una parte de su cuerpo, o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula.



En función del tipo de trabajo a realizar, los trabajadores deberán de contar con los requisitos de formación y capacitación siguiente. A continuación se muestra una tabla resumen de la formación o capacidad mínima de los trabajadores:

	Trabajos sin tensión		Trabajos en tensión		Maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones		Trabajos en proximidad	
	Supresión y reposición de la tensión	Ejecución de trabajos sin tensión	Realización	Reponer fusibles	Mediciones, ensayos y verificaciones	Maniobras locales	Preparación	Realización
BAJA TENSIÓN	A	T	C	A	A	A	A	T
ALTA TENSIÓN	C	T	C + AE (con vigilancia de un Jefe de trabajo)	C (a distancia)	C o C auxiliado por A	A	C	A o T vigilado por A
T = CUALQUIER TRABAJADOR A = AUTORIZADO C = CUALIFICADO C + AE = CUALIFICADO Y AUTORIZADO POR ESCRITO					1.- Los trabajos con riesgos eléctricos en AT no podrán ser realizados por trabajadores de una Empresa de Trabajo Temporal (RD 616/1999). 2.- La realización de las distintas actividades contempladas se harán según lo establecido en las disposiciones del presente Real Decreto.			

- **Trabajador autorizado:** trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta, según los procedimientos establecidos en el R.D. 614/2001.
- **Trabajador cualificado:** trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años.
- **Jefe de trabajo:** persona designada por el empresario para asumir la responsabilidad efectiva de los trabajos.

2.5.2.2) Trabajos en proximidad de elementos en tensión (ANEXO V. R.D. 614/2001)

a) **Disposiciones generales:**

En todo trabajo en proximidad de elementos en tensión, el trabajador deberá permanecer fuera de la zona de peligro y lo más alejado de ella que el trabajo permita.

A.1 Preparación del trabajo.

Antes de iniciar el trabajo en proximidad de elementos en tensión, un trabajador autorizado, en el caso de trabajos en baja tensión, o un trabajador cualificado, en el caso de trabajos en alta tensión, determinará la viabilidad del trabajo, teniendo en cuenta lo dispuesto en el párrafo anterior y las restantes disposiciones del presente anexo.

De ser el trabajo viable, deberán adoptarse las medidas de seguridad necesarias para reducir al mínimo posible:

- El número de elementos en tensión.
- Las zonas de peligro de los elementos que permanezcan en tensión, mediante la colocación de pantallas, barreras, envolventes o protectores aislantes cuyas características (mecánicas y eléctricas) y forma de instalación garanticen su eficacia protectora.

Si, a pesar de las medidas adoptadas, siguen existiendo elementos en tensión cuyas zonas de peligro son accesibles, se deberá:

- Delimitar la zona de trabajo respecto a las zonas de peligro; la delimitación será eficaz respecto a cada zona de peligro y se efectuará con el material adecuado.
- Informar a los trabajadores directa o indirectamente implicados, de los riesgos existentes, la situación de los elementos en tensión, los límites de la zona de trabajo y cuantas precauciones y medidas de seguridad deban adoptar para no invadir la zona de peligro, comunicándoles, además, la necesidad de que ellos, a su vez, informen sobre cualquier circunstancia que muestre la insuficiencia de las medidas adoptadas.

Sin perjuicio de lo dispuesto en los apartados anteriores, en las empresas cuyas actividades habituales conlleven la realización de trabajos en proximidad de elementos en tensión, particularmente si tienen lugar fuera del centro de trabajo, el empresario deberá asegurarse de que los trabajadores poseen conocimientos que les permiten identificar las instalaciones eléctricas, detectar los posibles riesgos y obrar en consecuencia.

A.2 *Realización del trabajo.*

En el desempeño de su función de vigilancia, los trabajadores autorizados deberán velar por el cumplimiento de las medidas de seguridad y controlar, en particular, el movimiento de los trabajadores y objetos en la zona de trabajo, teniendo en cuenta sus características, sus posibles desplazamientos accidentales y cualquier otra circunstancia que pudiera alterar las condiciones en que se ha basado la planificación del trabajo. La vigilancia no será exigible cuando los trabajos se realicen fuera de la zona de proximidad o en instalaciones de baja tensión.

b) Disposiciones particulares

B.1 *Acceso a recintos de servicio y envolventes de material eléctrico.*

El acceso a recintos independientes destinados al servicio eléctrico o a la realización de pruebas o ensayos eléctricos (centrales, subestaciones, centros de transformación, salas de control o laboratorios), estará restringido a los trabajadores autorizados, o a personal, bajo la vigilancia continuada de éstos, que haya sido previamente informado de los riesgos existentes y las precauciones a tomar.

Las puertas de estos recintos deberán señalizarse indicando la prohibición de entrada al personal no autorizado. Cuando en el recinto no haya personal de servicio, las puertas deberán permanecer cerradas de forma que se impida la entrada del personal no autorizado.

La apertura de celdas, armarios y demás envolventes de material eléctrico estará restringida a trabajadores autorizados.

El acceso a los recintos y la apertura de las envolventes por parte de los trabajadores autorizados sólo podrá realizarse, en el caso de que el empresario para el que estos trabajan y el titular de la instalación no sean una misma persona, con el conocimiento y permiso de este último.

B.2 *Obras y otras actividades en las que se produzcan movimientos o desplazamientos de equipos o materiales en la cercanía de líneas aéreas, subterráneas u otras instalaciones eléctricas.*

Para la prevención del riesgo eléctrico en actividades en las que se producen o pueden producir movimientos o desplazamientos de equipos o materiales en la cercanía de líneas aéreas, subterráneas u otras instalaciones eléctricas (como ocurre a menudo, por ejemplo, en la edificación, las obras públicas o determinados trabajos agrícolas o forestales) deberá actuarse de la siguiente forma:

- Antes del comienzo de la actividad se identificarán las posibles líneas aéreas, subterráneas u otras instalaciones eléctricas existentes en la zona de trabajo, o en sus cercanías.
- Si, en alguna de las fases de la actividad, existe riesgo de que una línea subterránea o algún otro elemento en tensión protegido pueda ser alcanzado, con posible rotura de su aislamiento, se deberán tomar las medidas preventivas necesarias para evitar tal circunstancia.
- Si, en alguna de las fases de la actividad, la presencia de líneas aéreas o de algún otro elemento en tensión desprotegido, puede suponer un riesgo eléctrico para los trabajadores y, por las razones indicadas en el artículo 4.4 de este Real Decreto, dichas líneas o elementos no pudieran desviarse o dejarse sin tensión, se aplicará lo dispuesto en la parte A de este anexo.

A efectos de la determinación de las zonas de peligro y proximidad, y de la consiguiente delimitación de la zona de trabajo y vías de circulación, deberán tenerse especialmente en cuenta:

- Los elementos en tensión sin proteger que se encuentren más próximos en cada caso o circunstancia.
- Los movimientos o desplazamientos previsibles (transporte, elevación y cualquier otro tipo de movimiento) de equipos o materiales.

2.5.2.3) Trabajos en tensión (ANEXO III R.D. 614/2001)

Disposiciones generales:

1. Los trabajos en tensión deberán ser realizados por trabajadores cualificados, siguiendo un procedimiento previamente estudiado y, cuando su complejidad o novedad lo requiera, ensayado sin tensión, que se ajuste a los requisitos indicados a continuación. Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.
2. El método de trabajo empleado y los equipos y materiales utilizados deberán asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico, garantizando, en particular, que el trabajador no pueda contactar accidentalmente con cualquier otro elemento a potencial distinto al suyo.

Entre los equipos y materiales citados se encuentran:

- Los accesorios aislantes (pantallas, cubiertas, vainas, etc.) para el recubrimiento de partes activas o masas.
- Los útiles aislantes o aislados (herramientas, pinzas, puntas de prueba, etc)
- Las pértigas aislantes
- Los dispositivos aislantes o aislados (banquetas, alfombras, plataformas de trabajo, etc.).
- Los equipos de protección individual frente a riesgos eléctricos (guantes, gafas, cascos, etc.).

Existen tres métodos de trabajo en tensión para garantizar la seguridad de los trabajadores que los realizan:

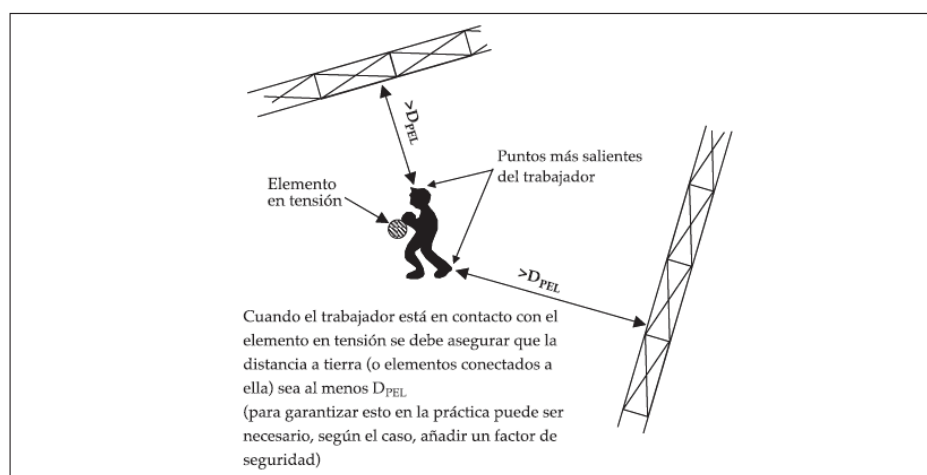
- **Método de Trabajo a Potencial:**

Este método requiere que el trabajador manipule directamente los conductores o elementos en tensión, para lo cual es necesario que se ponga al mismo potencial del de la instalación donde trabaja. En estas condiciones, debe estar asegurado su aislamiento respecto a tierra y a las otras fases de la instalación mediante elementos aislantes adecuados a las diferencias de potencial existentes.

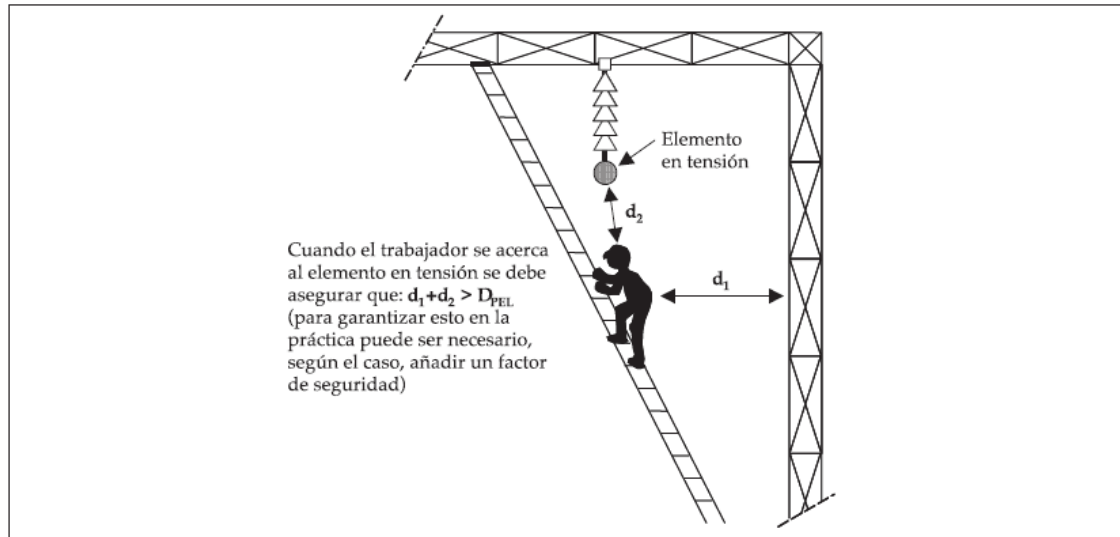
Este método de trabajo requiere para su ejecución una alta especialización y contar con los medios adecuados y el concurso de trabajadores especialmente entrenados.

Las precauciones requeridas serán:

- El aislamiento del trabajador respecto a tierra (y respecto a las otras fases) es un aspecto esencial de este método de trabajo.
- Los elementos que sostienen al trabajador (escalas aislantes, dispositivos elevadores, etc.) deben proporcionar un aislamiento adecuado al nivel de la tensión existente.
- Antes de comenzar el trabajo se comprobará la corriente de fuga que circula por el elemento del que depende el aislamiento del trabajador. En caso de que este aislamiento pueda variar debido a las condiciones ambientales (condensaciones por humedad del ambiente, contaminación del aire, etc.) se recomienda controlar la corriente de fuga durante la ejecución del trabajo. Esto puede lograrse mediante un microamperímetro vigilado por un trabajador o mediante la instalación de un dispositivo automático de alarma. El criterio de seguridad comúnmente admitido es que la citada corriente de fuga se mantenga por debajo de un microamperio por cada kilovoltio nominal de la instalación. Por ejemplo, si la tensión nominal es de 220 kilovoltios, la intensidad de fuga admisible sería de 220 microamperios.
- Durante el acceso del trabajador hasta el elemento en tensión, por ejemplo, izado mediante un dispositivo elevador con brazo aislante o subiendo por sí mismo a través de una escala aislante, deben respetarse en todo momento las distancias mínimas de trabajo establecidas en este Real Decreto. (D_{PEL}). (Ver figura siguiente).



- Durante la ejecución del trabajo también debe cumplirse, en todo momento, dicho requisito, considerando el tamaño de las herramientas y materiales conductores utilizados (ver figura siguiente). En la práctica, para garantizar tales distancias puede ser necesario, según el caso, trabajar con un margen o factor de seguridad que deberá estudiarse para cada tipo de operación, en función de la evaluación de riesgos.



- Los operarios que trabajan con el método «a potencial» deben ir vestidos con ropa externa conductora (pantalón, chaqueta, capucha, guantes y calzado). Esta indumentaria constituye un apantallamiento tipo Faraday que impide la penetración del campo eléctrico en su cuerpo. En la práctica, se considera necesario tomar dicha medida siempre que la tensión nominal de la instalación sea igual o superior a 66 kV. Para tensiones menores la decisión se basará en el resultado de la evaluación de riesgos. Antes de que el trabajador toque el elemento en tensión, debe unirse eléctricamente a él con el fin de ponerse al mismo potencial. Esto se realiza mediante la conexión del conductor auxiliar unido por el otro extremo al traje conductor que viste el trabajador. Dicho conductor debe permanecer conectado al elemento en tensión durante todo el tiempo que dure el trabajo.

Los elevadores empleados para el trabajo a potencial deben cumplir lo establecido en el RD 1435/1992, de 27 de noviembre, sobre máquinas (modificado por el RD 56/1995 de 20 de enero). En el Apartado 6 del Anexo I, se establecen los requisitos específicos para dichos equipos. Entre otros, se establece que el habitáculo debe estar diseñado y construido de forma que las personas que se encuentren dentro del mismo dispongan de órganos de accionamiento de los movimientos de subida y bajada y, en su caso, desplazamiento de dicho habitáculo con respecto a la máquina. Dichos órganos deben prevalecer sobre los demás órganos de accionamiento de los mismos movimientos, salvo sobre los dispositivos de parada de emergencia.

Por otro lado, dichos elevadores deben cumplir también el RD 1215/1997, de 18 de julio, sobre equipos de trabajo, el cual, en el apartado 3 de su Anexo I, establece las condiciones de utilización de los equipos de elevación de personas.

Antes de iniciar la elevación, el vehículo de elevación debe ser puesto a tierra y en conexión equipotencial con el resto de masas metálicas existentes en la zona de trabajo.

Asimismo, antes de comenzar el trabajo debería hacerse una comprobación de la corriente de fuga del brazo aislante del elevador y mantener este control en el transcurso de las operaciones cuando el aislamiento pueda variar debido a las condiciones ambientales; condensaciones por humedad, contaminación ambiental, etc. La verificación inicial puede realizarse poniendo la barquilla situada en el extremo del brazo aislante en contacto con una fuente cuya tensión sea igual a la de la instalación donde se vaya a trabajar. La corriente de fuga no debería exceder de un microamperio por cada kilovoltio de tensión nominal de la instalación. En caso contrario, el trabajo debería ser suspendido.

Las distancias mínimas de trabajo especificadas en el Anexo 1 (Dpel) deben ser respetadas respecto a todos los elementos metálicos puestos a tierra.

Durante el desarrollo de estos trabajos, no se debe entregar al operario que permanece a potencial ningún material, desde los apoyos o desde el suelo, sin las debidas condiciones de aislamiento.

Por otra parte, hay que asegurarse de que los dispositivos utilizados para la elevación del trabajador estén libres de balanceos u oscilaciones, con el fin de controlar en todo momento las distancias de aproximación y proporcionar al operario un apoyo seguro y estable durante la ejecución del trabajo.

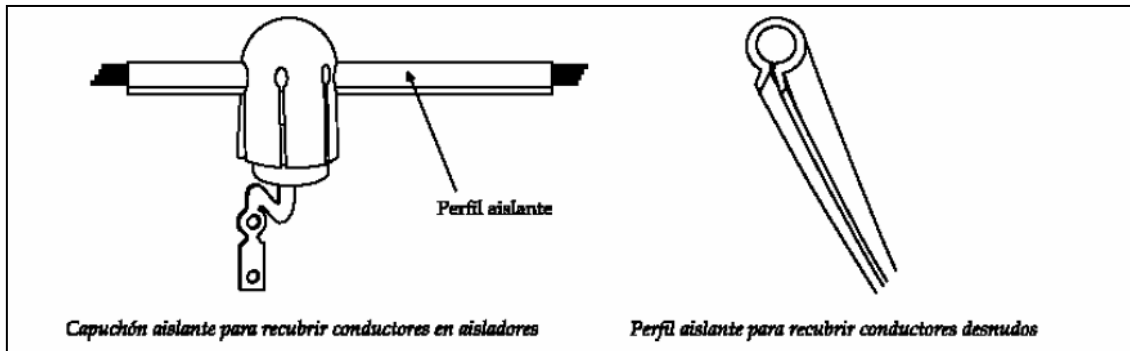
- **Método de Trabajo en Contacto:**

Este método requiere la utilización de guantes aislantes en las manos y para poder aplicarlo es necesario que las herramientas manuales utilizadas (alicates, destornilladores, llaves de tuercas, etc.) dispongan del recubrimiento aislante adecuado, conforme con las normas técnicas que les sean de aplicación.

Cuando los trabajos deban realizarse en la proximidad de partes conductoras desnudas en tensión, pertenecientes a instalaciones de baja tensión, y no sea posible dejarlas sin tensión, se adoptarán las medidas de protección siguientes, para garantizar la seguridad del personal:

- Delimitar perfectamente la zona de trabajo, señalizándola adecuadamente.
- Mantener las manos protegidas mediante guantes aislantes adecuados.
- Realizar el trabajo sobre una alfombra o banqueta aislantes que, asimismo, aseguren un apoyo seguro y estable.
- Vestir ropa de trabajo sin cremalleras u otros elementos conductores.
- No portar pulseras, cadenas u otros elementos conductores.
- Usar herramientas aisladas, específicamente diseñadas para estos trabajos.
- Los metros y reglas empleados en la proximidad de partes desnudas en tensión o insuficientemente protegidas, deben ser de material no conductor. Siempre que se pueda se utilizarán medidores láser para evitar posibles contactos con partes en tensión.

- Aislar, en la medida de lo posible, las partes activas y elementos metálicos en la zona de trabajo mediante protectores adecuados (fundas, capuchones, películas plásticas aislantes, etc.)



Equipos de protección individual:

- Guantes aislantes y, si es preciso, manguitos aislantes
- Pantalla facial para la protección de proyecciones por arco eléctrico
- Gafas inactivas (salvo que la pantalla facial usada lo sea)
- Casco aislante con barbuquejo
- Guantes de protección contra riesgos mecánicos

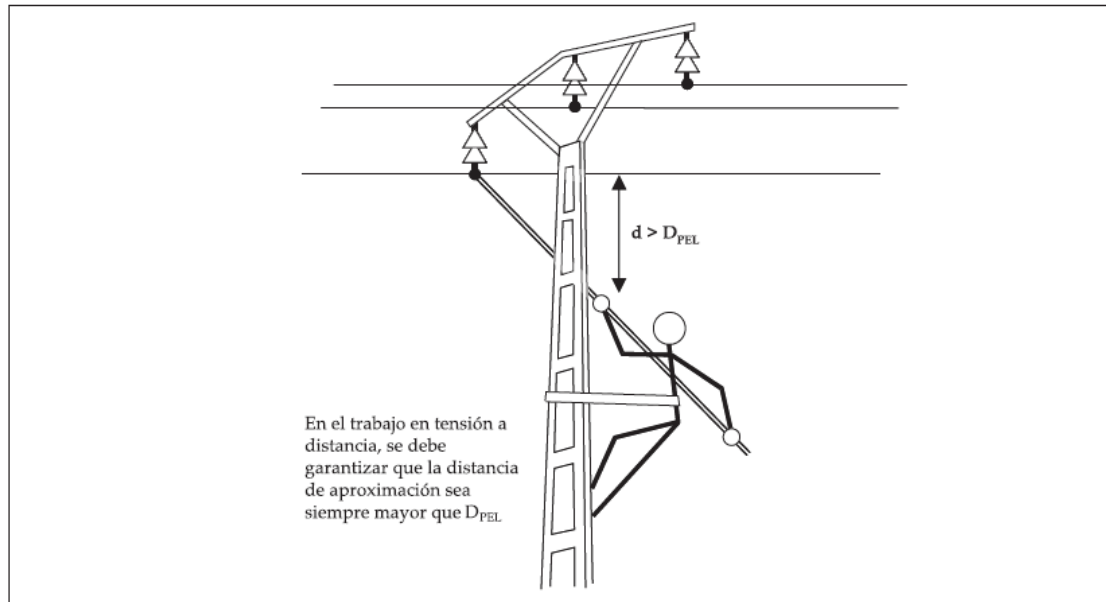
- **Método de trabajo a Distancia:**

En este método, el trabajador permanece al potencial de tierra, bien sea en el suelo, en los apoyos de una línea aérea o en cualquier otra estructura o plataforma. El trabajo se realiza mediante herramientas acopladas al extremo de pértigas aislantes. Las pértigas suelen estar formadas por tubos de fibra de vidrio con resinas epoxi, y las herramientas que se acoplan a sus extremos deben estar diseñadas específicamente para realizar este tipo de trabajos.

Antes de iniciar el trabajo es preciso revisar el buen estado de las herramientas de las pértigas aislantes. Dichos elementos han de ser verificados periódicamente mediante los oportunos ensayos, de acuerdo con las normas técnicas aplicables.

Para llevar a cabo el trabajo mediante este método se pueden utilizar diferentes clases de protectores aislantes, destinados al recubrimiento de conductores, herrajes, aisladores y otros elementos de la instalación. Estos protectores aislantes deben ser seleccionados entre los fabricados especialmente para este fin conforme a las normas que les sean de aplicación y su aislamiento debe estar dimensionado para soportar con garantías de seguridad las tensiones de la instalación (ver más adelante el cuadro de normas técnicas de aplicación).

El método de trabajo a distancia requiere planificar cuidadosamente el procedimiento de trabajo, de manera que en la secuencia de ejecución se mantengan en todo momento las distancias mínimas de aproximación establecidas en el Anexo I de este Real Decreto (D_{PEL}) en las condiciones más desfavorables. (Ver figura siguiente).



En la práctica, para garantizar estas distancias puede ser necesario trabajar con un margen o factor de seguridad que habrá de establecerse, para cada tipo de trabajo, en función de la evaluación de riesgos.

La distancia D_{PEL} se establece respecto a los conductores desnudos en tensión, por tanto, no se aplica respecto a elementos en tensión protegidos mediante pantallas o envolventes que los hagan inaccesibles al trabajador, impidiendo cualquier contacto o arco eléctrico con el mismo.

En el caso de que los trabajos no se realicen desde el suelo, los elementos de apoyo y sujeción del trabajador, tales como plataformas, arneses de seguridad, etc., deben garantizar un apoyo seguro y estable al trabajador, de manera que se puedan controlar con precisión las distancias de aproximación.

Equipos de protección individual:

- Guantes aislantes y, si es preciso, manguitos aislantes
- Pantalla facial para la protección de proyecciones por arco eléctrico
- Gafas de protección inactiva
- Arnés de seguridad
- Casco aislante con barbuquejo
- Guantes de protección contra riesgos mecánicos
- Otros equipos complementarios:
- Ropa de trabajo
- Calzado de trabajo

A efectos de lo dispuesto en todos los apartados anteriores, los equipos y materiales para la realización de trabajos en tensión se elegirán, de entre los concebidos para tal fin, teniendo en cuenta las características del trabajo y de los trabajadores y, en particular, la tensión de servicio, y se utilizarán, mantendrán y revisarán siguiendo las instrucciones de su fabricante.

En cualquier caso, los equipos y materiales para la realización de trabajos en tensión se ajustarán a la normativa específica que les sea de aplicación.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES A LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- UNE-EN 50237:1998.- Guantes y manoplas con protección mecánica para trabajos eléctricos.
- UNE-EN 50321.- Calzado aislante de la electricidad para uso en instalaciones de baja tensión.
- UNE-EN 50286:2000.- Ropa aislante de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión.
- UNE-EN 60895:1998.- Ropa conductora para trabajos en tensión hasta 800 kV de tensión nominal en corriente alterna.
- UNE-EN 60903/A11:1997.- Guantes y manoplas de material aislante para trabajos eléctricos.
- UNE-EN 60903:2000.- Guantes y manoplas de material aislante para trabajos eléctricos.
- UNE-EN 60984:1995.- Manguitos de material aislante para trabajos en tensión.

Entre las normas reseñadas conviene destacar las referidas a los guantes aislantes, dada su importancia y uso generalizado en los trabajos eléctricos. En ellas se contemplan seis clases de guantes y manoplas aislantes que difieren en sus características eléctricas:

Clase 00, Clase 0, Clase 1, Clase 2, Clase 3, Clase 4

GUANTES Y MANOPLAS AISLANTES

Clase	Tensión máxima de la red Us (valor eficaz)	Color del símbolo
CLASE 00	500 V	Beige
CLASE 0	1 000 V	Rojo
CLASE 1	7 500 V	Blanco
CLASE 2	17 000 V	Amarillo
CLASE 3	26 500 V	Verde
CLASE 4	36 000 V	Naranja

Los trabajadores deberán disponer de un apoyo sólido y estable, que les permita tener las manos libres, y de una iluminación que les permita realizar su trabajo en condiciones de visibilidad adecuadas. La zona de trabajo deberá señalizarse y/o delimitarse adecuadamente, siempre que exista la posibilidad de que otros trabajadores o personas ajenas penetren en dicha zona y accedan a elementos en tensión.

Las medidas preventivas para la realización de trabajos al aire libre deberán tener en cuenta las posibles condiciones ambientales desfavorables, de forma que el trabajador quede protegido en todo momento; los trabajos se prohibirán o suspenderán en caso de tormenta, lluvia o viento fuertes, nevadas, o cualquier otra condición ambiental desfavorable que dificulte la visibilidad, o la manipulación de las herramientas. Los trabajos en instalaciones interiores directamente conectadas a líneas aéreas eléctricas deberán interrumpirse en caso de tormenta.

2.5.3) Trabajos en Altura

2.5.3.1) Medidas Generales

Destacaremos, entre otras, las siguientes medidas:

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

- 1.- Coordinar los trabajos de forma que no se realicen trabajos superpuestos. Sin embargo, si existiera la necesidad ineludible de trabajos simultáneos sobre la misma vertical, se instalarán protecciones (redes, marquesinas, etc.).
- 2.- Acotar y señalizar las zonas con riesgo de caída de objetos.
- 3.- Señalizar y controlar la zona donde se realicen maniobras con cargas suspendidas, que serán manejadas desde fuera de la zona de influencia de la carga, y acceder a esta zona sólo cuando la carga esté prácticamente arriada.
- 4.- Equipos de Protección Individual y Colectiva: Equipos de protección general.

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

- 1.- Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente. Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores. La altura de 2,00 m. a la que se hace mención se medirá desde la superficie en la que esté situado el trabajador hasta la del nivel inferior en la que quedaría retenido el mismo si no se dispusiera de un medio de protección.

La altura mínima de las barandillas se fija, al igual que en otras normativas, en 90 cm. No obstante, se debe considerar que tanto por los ensayos realizados en España, como en otros países europeos, y debido al incremento de la talla media de las personas, la altura mínima de recogida que se hace constar en distintas Normas Europeas, por ejemplo, la Norma UNE 76502:1990 "Andamios de servicio y de trabajo, con elementos prefabricados. Materiales, medidas, cargas de proyecto y requisitos de seguridad", es de 100 cm. Por otra parte, en la Norma UNE-EN 1495:1998 "Plataformas Elevadoras o Plataformas Elevadoras sobre Mástil", la citada altura se fija en 110 cm.

Se entiende como "otros sistemas de protección colectiva de seguridad equivalente" aquellos destinados a impedir la caída a distinto nivel como pueden ser: cerramiento de huecos con tapas, entablados continuos, mallazos, etc.

La cita del texto "rebordo de protección" se refiere al rodapié.

2.- Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse arnés de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalente.

Se entiende por "trabajos en altura" aquellos que se ejecutan en un lugar por encima del nivel de referencia, entendiéndose como tal la superficie sobre la que se puede caer. Tal y como se indica en el apartado anterior, a partir de 2,00 m. se requiere la protección contra las caídas de altura; ello no significa que cuando se trabaje en alturas inferiores no deban utilizarse los medios y equipos adecuados para cada caso.

Para la realización de trabajos en altura se pueden plantear tres opciones:

- Utilizar equipos de trabajo específicamente diseñados o proyectados para la naturaleza de la tarea a la que se destinan (plataformas elevadoras, andamios, escaleras, etc.). Cada uno de estos equipos deberá cumplir los requisitos establecidos en la normativa que le corresponda. Además de los artículos de la Ordenanza Laboral de la Construcción citados en el apartado anterior (cuando sean de aplicación), la citada normativa incluye: RD 1435/1992, de 27 de noviembre (BOE nº 297, de 11 de diciembre), por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, modificado por el RD 56/1995, de 20 de enero (BOE nº 33, de 8 de febrero); RD 1215/1997 "Equipos de trabajo", modificado por el RD 2177/2004 "Equipos de trabajo en materia de trabajos temporales en altura"; del RD 486/1997 "Lugares de trabajo" ; etc. Asimismo se tendrá en cuenta la Directiva 2001/45/CE - pendiente de transposición al Derecho español de 27 de junio de 2001, por la que se modifica la Directiva 89/655/CEE, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Instalar las protecciones colectivas citadas en este apartado (barandillas, plataformas o redes de seguridad) en función de cada uno de los puestos de trabajo. Existen dos tipos diferentes de protecciones colectivas: las que impiden la caída (barandillas, entablados, redes de seguridad tipo U, etc.) y las que simplemente la limitan (redes de seguridad tipos S, T, V , etc.). Resulta más adecuado utilizar las citadas en primer lugar, dado que el nivel de seguridad que proporcionan es mayor.
- Si no es técnicamente posible aplicar ninguna de las dos opciones A o B anteriores se recurrirá a la utilización de protección individual. Esta solución final se llevará a cabo con carácter excepcional previa justificación técnica. Hay que resaltar que en ocasiones, aun a pesar de instalarse medios de protección colectiva, éstos no eliminan totalmente el riesgo, siendo necesario emplear equipos de protección individual como complemento.

Estos equipos podrán ser sistemas de sujeción o anticaídas.

No obstante lo anterior, y siempre que sea posible, se dará preferencia a la protección colectiva frente a la individual, tal y como se especifica en el principio de acción preventiva del artículo 15.1.h) de la LPRL: "anteponer la protección colectiva a la individual".

En todos los casos es requisito imprescindible que el acceso al lugar donde deba realizarse el trabajo en altura sea seguro.

2.5.3.2) Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- **Escaleras de mano (R.D. 1215/1997 y R.D. 2177/2004):**

1. Las escaleras de mano se colocarán de forma que su estabilidad durante su utilización esté asegurada. Los puntos de apoyo de las escaleras de mano deberán asentarse sólidamente sobre un soporte de dimensiones adecuadas y estables, resistentes e inmóviles, de forma que los travesaños queden en posición horizontal. Las escaleras suspendidas se fijarán de forma segura y, excepto las de cuerda, de manera que no puedan desplazarse y se eviten los movimientos de balanceo.
2. Se impedirá el deslizamiento de los pies de las escaleras de mano durante su utilización ya sea mediante la fijación de la parte superior o inferior de los largueros, ya sea mediante cualquier dispositivo antideslizante o cualquier otra solución de eficacia equivalente. Las escaleras de mano para fines de acceso deberán tener la longitud necesaria para sobresalir al menos un metro del plano de trabajo al que se accede. Las escaleras compuestas de varios elementos adaptables o extensibles deberán utilizarse de forma que la inmovilización recíproca de los distintos elementos esté asegurada. Las escaleras con ruedas deberán haberse inmovilizado antes de acceder a ellas. Las escaleras de mano simples se colocarán, en la medida de lo posible, formando un ángulo aproximado de 75 grados con la horizontal.
3. El ascenso, el descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán de frente a éstas. Las escaleras de mano deberán utilizarse de forma que los trabajadores puedan tener en todo momento un punto de apoyo y de sujeción seguros. Los trabajos a más de 3,5 metros de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza un equipo de protección individual anticaídas o se adoptan otras medidas de protección alternativas. El transporte a mano de una carga por una escalera de mano se hará de modo que ello no impida una sujeción segura. Se prohíbe el transporte y manipulación de cargas por o desde escaleras de mano cuando por su peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador. Las escaleras de mano no se utilizarán por dos o más personas simultáneamente.
4. No se emplearán escaleras de mano y, en particular, escaleras de más de cinco metros de longitud, sobre cuya resistencia no se tengan garantías. No se admitirá el uso de escaleras de construcción improvisada.
5. Las escaleras de mano se revisarán periódicamente. Se prohíbe la utilización de escaleras de madera pintadas, por la dificultad que ello supone para la detección de sus posibles defectos.
6. Los espacios entre peldaños deben ser iguales, con una distancia entre ellos de 20 a 30 cm., como máximo.
7. Las escaleras estarán provistas de un dispositivo antideslizante en su pié, por ejemplo zapatas.
8. No se aceptarán escaleras de mano empalmadas, a menos que utilicen un sistema especial y recomendable de extensión de la misma.

9. Escaleras de madera:

- La madera empleada será sana, libre de nudos, roturas y defectos que puedan disminuir su seguridad.
- Los largueros serán de una sola pieza.
- Los peldaños estarán ensamblados a largueros, prohibiéndose las uniones simplemente efectuadas mediante clavos o amarre con cuerdas.
- Las escaleras de madera se protegerán de las inclemencias climatológicas mediante barnices transparentes que no oculten sus defectos, prohibiéndose expresamente pintarlas.

10. Escaleras metálicas:

- Los largueros serán de una sola pieza. Se prohíben los empalmes improvisados o soldados.
- Sus elementos tanto largueros como peldaños no tendrán defectos ni bolladuras.

11. Escaleras de tijera:

- Independientemente del material que las constituye dispondrán en su articulación superior de topes de seguridad de apertura.
- Dispondrán además de cadenas o cables situados hacia la mitad de la longitud de los largueros que impidan su apertura accidental, usándose totalmente abierta.

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- Equipo de protección general.
- Arnés anticaídas.

- **Andamios (R.D. 1215/1997 y R.D. 2177/2004 y R.D. 1627/1997):**

1. Los andamios deberán proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite que se desplomen o se desplacen accidentalmente. Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deberán construirse, dimensionarse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas caigan o estén expuestas a caídas de objetos. A tal efecto, sus medidas se ajustarán al número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

2. Cuando no se disponga de la nota de cálculo del andamio elegido, o cuando las configuraciones estructurales previstas no estén contempladas en ella, deberá efectuarse un cálculo de resistencia y estabilidad, a menos que el andamio esté montado según una configuración tipo generalmente reconocida.

3. En función de la complejidad del andamio elegido, deberá elaborarse un plan de montaje, de utilización y de desmontaje. Este plan y el cálculo a que se refiere el apartado anterior deberán ser realizados por una persona competente, con una formación universitaria que lo habilite para la realización de estas actividades. Este plan podrá adoptar la forma de un plan de aplicación generalizada, completado con elementos correspondientes a los detalles específicos del andamio de que se trate.

A los efectos de lo dispuesto en el párrafo anterior, el plan de montaje, de utilización y de desmontaje será obligatorio en los siguientes tipos de andamios:

- Plataformas suspendidas de nivel variable (de accionamiento manual o motorizado), instaladas temporalmente sobre un edificio o una estructura para tareas específicas, y plataformas elevadoras sobre mástil.
- Andamios constituidos con elementos prefabricados apoyados sobre terreno natural, soleras de hormigón, forjados, voladizos u otros elementos cuya altura, desde el nivel inferior de apoyo hasta la coronación de la andamiada, exceda de seis metros o dispongan de elementos horizontales que salven vuelos y distancias superiores entre apoyos de más de ocho metros. Se exceptúan los andamios de caballetes o borriquetas.
- Andamios instalados en el exterior, sobre azoteas, cúpulas, tejados o estructuras superiores cuya distancia entre el nivel de apoyo y el nivel del terreno o del suelo exceda de 24 metros de altura.
- Torres de acceso y torres de trabajo móviles en los que los trabajos se efectúen a más de seis metros de altura desde el punto de operación hasta el suelo. Sin embargo, cuando se trate de andamios que, a pesar de estar incluidos entre los anteriormente citados, dispongan del marcado “CE”, por serles de aplicación una normativa específica en materia de comercialización, el citado plan podrá ser sustituido por las instrucciones específicas del fabricante, proveedor o suministrador, sobre el montaje, la utilización y el desmontaje de los equipos, salvo que estas operaciones se realicen de forma o en condiciones o circunstancias no previstas en dichas instrucciones.

4. Los elementos de apoyo de un andamio deberán estar protegidos contra el riesgo de deslizamiento, ya sea mediante sujeción en la superficie de apoyo, ya sea mediante un dispositivo antideslizante, o bien mediante cualquier otra solución de eficacia equivalente, y la superficie portante deberá tener una capacidad suficiente. Se deberá garantizar la estabilidad del andamio. Deberá impedirse mediante dispositivos adecuados el desplazamiento inesperado de los andamios móviles durante los trabajos en altura.

5. Las dimensiones, la forma y la disposición de las plataformas de un andamio deberán ser apropiadas para el tipo de trabajo que se va a realizar, ser adecuadas a las cargas que hayan de soportar y permitir que se trabaje y circule en ellas con seguridad. Las plataformas de los andamios se montarán de tal forma que sus componentes no se desplacen en una utilización normal de ellos. No deberá existir ningún vacío peligroso entre los componentes de las plataformas y los dispositivos verticales de protección colectiva contra caídas.

6. Cuando algunas partes de un andamio no estén listas para su utilización, en particular durante el montaje, el desmontaje o las transformaciones, dichas partes deberán contar con señales de advertencia de peligro general, con arreglo al Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre señalización de seguridad y salud en el centro de trabajo, y delimitadas convenientemente mediante elementos físicos que impidan el acceso a la zona de peligro.

7. Los andamios sólo podrán ser montados, desmontados o modificados sustancialmente bajo la dirección de una persona con una formación universitaria o profesional que lo habilite para ello, y por trabajadores que hayan recibido una formación adecuada y específica para las operaciones previstas, que les permita enfrentarse a riesgos específicos de conformidad con las disposiciones del artículo 5, destinada en particular a:

- La comprensión del plan de montaje, desmontaje o transformación del andamio de que se trate.
- La seguridad durante el montaje, el desmontaje o la transformación del andamio de que se trate.
- Las medidas de prevención de riesgos de caída de personas o de objetos.
- Las medidas de seguridad en caso de cambio de las condiciones meteorológicas que pudiesen afectar negativamente a la seguridad del andamio de que se trate.
- Las condiciones de carga admisible.
- Cualquier otro riesgo que entrañen las mencionadas operaciones de montaje, desmontaje y transformación.

Tanto los trabajadores afectados como la persona que supervise dispondrán del plan de montaje y desmontaje mencionado en el apartado 4, incluyendo cualquier instrucción que pudiera contener.

Cuando, de conformidad con el apartado 4, no sea necesaria la elaboración de un plan de montaje, utilización y desmontaje, las operaciones previstas en este apartado podrán también ser dirigidas por una persona que disponga de una experiencia certificada por el empresario en esta materia de más de dos años y cuente con la formación preventiva correspondiente, como mínimo, a las funciones de nivel básico, conforme a lo previsto en el apartado 1 del artículo 35 del Reglamento de los Servicios de Prevención, aprobado por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

8. Los andamios deberán ser inspeccionados por una persona competente, con una formación universitaria o profesional que lo habilite para ello:

- Antes de su puesta en servicio.
- A intervalos regulares en lo sucesivo.
- Después de cualquier modificación, período de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas, o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia o a su estabilidad.
- Cuando, de conformidad con el apartado 4, no sea necesaria la elaboración de un plan de montaje, utilización y desmontaje, las operaciones previstas en este apartado podrán también ser dirigidas por una persona que disponga de una experiencia certificada por el empresario en esta materia de más de dos años y cuente con la formación preventiva correspondiente, como mínimo, a las funciones de nivel básico, conforme a lo previsto en el apartado 1 del artículo 35 del Reglamento de los Servicios de Prevención, aprobado por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

Persona competente: Es aquella que ha sido designada expresamente por el empresario para el desarrollo de las tareas de que se trate, teniendo en cuenta sus conocimientos técnicos y formación profesional, experiencia y formación preventiva.

9. Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deberán construirse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas caigan o estén expuestas a caídas de objetos. A tal efecto, sus medidas se ajustarán al número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

10. Cuando se utilicen andamios normalizados se entenderán como aceptables las medidas fijadas en la norma correspondiente.

11. En el caso de que se empleen andamios no normalizados las dimensiones mínimas recomendadas son:

- Anchura de plataformas de trabajo: 60 cm.
- Anchura de pasarelas: 50 cm.
- Anchura de escaleras internas: 50 cm.
- Barandillas: altura de pasamanos 90 cm. Plinto o rodapié de 15 cm. Barra intermedia que limite el hueco entre éste y el pasamanos o plinto a un máximo de 47 cm, o bien disponer de barrotes verticales u otros elementos que garanticen un nivel de seguridad equivalente.

12. La empresa a cuyo cargo se instale el andamio deberá establecer el procedimiento necesario para que una persona competente realice las inspecciones y pruebas correspondientes.

13. Los resultados de las inspecciones deberán documentarse y estar a disposición de la autoridad laboral. Los mismos se conservarán durante el tiempo que permanezca instalado el andamio, en cumplimiento del artículo 4.4 del antes citado RD 1215/1997 "Equipos de trabajo".

14. Se entiende por "andamios móviles" aquellas estructuras de servicio cuya movilidad es posible por medio de ruedas. Deberán asegurarse contra los desplazamientos involuntarios. Los dispositivos y las instrucciones para evitar los desplazamientos involuntarios deberán quedar reflejados en las especificaciones del fabricante o en la documentación elaborada por la persona competente que haya realizado el diseño del andamio.

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- Equipo de protección general.
- Arnés anticaídas.
- Redes de seguridad.

- **Cuerdas (R.D. 2177/2004):**

La utilización de las técnicas de acceso y de posicionamiento mediante cuerdas cumplirá las siguientes condiciones:

1. El sistema constará como mínimo de dos cuerdas con sujeción independiente, una como medio de acceso, de descenso y de apoyo (cuerda de trabajo) y la otra como medio de emergencia (cuerda de seguridad).
2. Se facilitará a los trabajadores unos arneses adecuados, que deberán utilizar y conectar a la cuerda de seguridad.
3. La cuerda de trabajo estará equipada con un mecanismo seguro de ascenso y descenso y dispondrá de un sistema de bloqueo automático con el fin de impedir la caída en caso de que el usuario pierda el control de su movimiento. La cuerda de seguridad estará equipada con un dispositivo móvil contra caídas que siga los desplazamientos del trabajador.
4. Las herramientas y demás accesorios que deba utilizar el trabajador deberán estar sujetos al arnés o al asiento del trabajador o sujetos por otros medios adecuados.
5. El trabajo deberá planificarse y supervisarse correctamente, de manera que, en caso de emergencia, se pueda socorrer inmediatamente al trabajador.
6. De acuerdo con las disposiciones del artículo 5 del R.D. 1215/1997, se impartirá a los trabajadores afectados una formación adecuada y específica para las operaciones previstas, destinada, en particular, a:
 - Las técnicas para la progresión mediante cuerdas y sobre estructuras.
 - Los sistemas de sujeción.
 - Los sistemas anticaídas.
 - Las normas sobre el cuidado, mantenimiento y verificación del equipo de trabajo y de seguridad.
 - Las técnicas de salvamento de personas accidentadas en suspensión.
 - Las medidas de seguridad ante condiciones meteorológicas que puedan afectar a la seguridad.
 - Las técnicas seguras de manipulación de cargas en altura.

En circunstancias excepcionales en las que, habida cuenta de la evaluación del riesgo, la utilización de una segunda cuerda haga más peligroso el trabajo, podrá admitirse la utilización de una sola cuerda, siempre que se justifiquen las razones técnicas que lo motiven y se tomen las medidas adecuadas para garantizar la seguridad.

Línea de vida.

Las llamadas “Líneas de Vida” proporcionan al usuario un punto de anclaje móvil para el arnés anticaídas en todo el recorrido por los lugares con peligro de caída desde altura, adaptándose a todo tipo de recorridos.

Está compuesta por:

- Una línea (cuerda, cable, carril, etc.) que partiendo de un lugar seguro recorre toda la zona de peligro a la que se ha de acceder.
- Unas piezas intermedias de sujeción (de la cuerda, cable, carril, etc.) que unen la línea a la estructura.
- Un carro (al cual se engancha el arnés anticaídas) que discurre libremente por la línea, teniendo un único punto de entrada-salida (en el lugar seguro) y desplazándose por encima de las piezas intermedias de sujeción sin que haya que soltarlo en ningún tramo del recorrido.

Este sistema permite al usuario enganchar su arnés anticaídas a la línea en lugar seguro y recorrer toda la zona de peligro sin tener que soltar nunca su arnés anticaídas, ya que el carro al cual lo lleve enganchado pasa por todas las piezas intermedias de sujeción de la línea.

El método de trabajo consistirá en:

- Verificar el buen estado de los equipos y materiales a utilizar (cuerda, cable, carril, arnés anticaídas, etc.).
- Verificar el estado del elemento donde se realizará el trabajo en altura.
- Instalar la 'línea de vida' que garantice la seguridad en el ascenso, descenso.
- Acceder al elemento en altura (enganchando el arnés anticaídas a la línea de vida).
- Realizar el trabajo.
- Descender del elemento en altura y desmontar la 'línea de vida'.
- Recoger los equipos y materiales.

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- Equipo de protección general.
- Casco con barbuquejo.
- Arnés anticaídas completo.
- Línea de Vida.

2.5.4) Manipulación manual de cargas

Se evitará en lo posible la manipulación manual de cargas, utilizando medios mecánicos como transpaletas manuales y carretillas automotoras.

Como norma general, nunca se levantarán manualmente cargas superiores a 25 kg.

Si es preciso realizar labores de manipulación manual de cargas voluminosas, pesadas o irregulares, se pedirá ayuda de uno o varios compañeros si es posible.

En los casos en que se transporte entre 2 o más operarios, sólo uno será el responsable de la maniobra.

En labores de carga manual, manipular las cargas sobre superficies estables, de forma que no sea fácil perder el equilibrio.

Las zonas de trabajo así como sus accesos se mantendrán limpias y libres de obstáculos, los materiales o restos estarán almacenados en los lugares destinados a tal fin.

Cargar los materiales de forma simétrica (levantar enderezando las piernas con la espalda recta y los brazos pegados al cuerpo).

Acondicionar la carga de forma que se impidan los movimientos del contenido.

En el transporte, se tratará de aproximar la carga (su centro de gravedad) lo más posible al cuerpo, andando en pasos cortos y manteniendo el cuerpo erguido.

La carga se transportará de forma que no impida ver y que estorbe lo menos posible el andar natural. Se evitará, en la medida de lo posible, el movimiento de rotación del tronco en la manipulación manual de cargas.

Es conveniente que la anchura de la carga no supere la anchura de los hombros (860 cm. aproximadamente).

La profundidad de la carga no debería superar los 50 cm., aunque es recomendable que no supere los 35 cm. Se prohíbe el transporte y la manipulación de cargas por o desde escaleras de mano cuando su peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador.

Se evitará manejar cargas subiendo cuestas, escalones o escaleras. Se deberá evitar las corrientes de aire frío en los locales interiores y las ráfagas de viento en el exterior.

El calzado constituirá un soporte adecuado para los pies, será estable, con la suela no deslizante, y proporcionará una protección adecuada del pie contra la caída de objetos.

En el manejo de cargas se seguirán los siguientes pasos:

- Planificar el levantamiento.
- Colocar los pies en frente de la carga, ligeramente paralelos; asir la misma con las palmas de las manos y la base de los dedos, no con la punta de los mismos.
- Sujetar firmemente la carga empleando ambas manos.
- Se situará la carga cerca del cuerpo.
- Se mantendrá la espalda recta.
- No se doblará la espalda al levantar o bajar una carga.
- Se usarán los músculos más fuertes, los de las piernas flexionándolas, nunca los de los brazos o la espalda.

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- Equipo de protección general: ropa de trabajo, guantes de protección mecánica y calzado de seguridad
- Para trabajos continuados es obligatorio el uso de “cinturón antilumbago”.

2.5.5) Manipulación mecánica de cargas

Las medidas preventivas para trabajos con Camión Grúa autocargante o Grúa autopropulsada están descritas en el apartado específico para estos trabajos.

Las medidas preventivas para trabajos con Grúa autopropulsada están descritas en el apartado específico para estos trabajos.

Las medidas preventivas para trabajos con Herramientas de izado están descritas en el apartado específico para estos trabajos.

Como norma general se seguirán las siguientes medidas preventivas:

- Adecuar las cargas correctamente.
- Controlar las maniobras por una persona cualificada.
- Realizar un correcto mantenimiento de los equipos necesarios para realizar las cargas y descargas de los materiales.
- Se prohibirá la permanencia de personas bajo cargas suspendidas.
- Si existieran líneas eléctricas cercanas a las zonas de acopio las maniobras deberán estar guiadas por un trabajador cualificado según el RD 614/2001 De 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico”
- Los materiales se almacenarán de forma racional, de manera que no se produzcan derrumbamientos ni deslizamientos.
- Evitar realizar trabajos en la misma vertical.
- Utilizar cuerda de servicio.
- Los aparatos elevadores, grúas, etc., deberán ser utilizadas solo por personal especializado, un operario cualificado para su trabajo, con el carné correspondiente.
- Se prohíbe retirar las protecciones de los aparatos elevadores, grúas, camión-grúa, etc.
- Colocación de topes.
- Utilizar elementos estrobos y eslingas adecuados al peso que se debe manipular.
- Comprobación del buen estado de las eslingas, cadenas, ganchos, etc.
- Adecuar la maquinaria a utilizar al peso y dimensiones de la carga.
- No se utilizará una máquina para elevar cargas si no está diseñada para ello.
-

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- Equipo de protección general: ropa de trabajo, guantes de protección mecánica, calzado de seguridad y casco con barbuquejo

2.5.6) Espacios confinados

Siempre que los medios técnicos lo permitan, realizar los trabajos desde el exterior del espacio confinado.

Antes de entrar en un espacio confinado, evaluar las condiciones de explosividad, contenido de oxígeno y toxicidad de su atmósfera inferior, y proceder en consecuencia.

Como norma general esta valoración deberá continuarse mientras dure la permanencia en el recinto.

El mando planificará e informará a los operarios, de los trabajos y maniobras a realizar y la dirigirá con ORDENES CLARAS Y PRECISAS, controlando en todo momento los trabajos y situaciones.

Antes de entrar en recintos cerrados (E.R.M.s, Excavaciones cerradas, Cámaras, etc.) se comprobará con el detector la ausencia de atmósfera explosiva o tóxica y que la concentración de oxígeno está entre 19 y 23 %. El detector se mantendrá en funcionamiento durante el trabajo y próximo al operario.

Antes de entrar y mientras permanezca personal en el interior, ventilar adecuadamente el recinto, reforzando la ventilación natural con equipos de ventilación forzada, siempre que:

- La ventilación natural no sea suficientemente satisfactoria.
- Los resultados de las evaluaciones ambientales así lo aconsejen.
- Se realicen trabajos con emisión de contaminantes.
- Se utilicen en el recinto o en su área de influencia equipos con motores de combustión tales como motobombas, compresores, etc.
- En general, siempre que suponga una mejora significativa de la calidad del ambiente interior.

Cuando sea necesaria ventilación forzada, que ésta proceda de un compresor o extractor situado en el exterior. Tener dispuesto para el uso y en su caso utilizar equipos respiratorios de protección individual que permitan respirar al usuario independientemente de la atmósfera interior.

Deberán existir Indicadores prohibido fumar en las Zonas de Trabajo.

No se accionarán interruptores eléctricos. No se hará uso de tomas corriente. No se introducirán teléfonos o radioteléfonos.

Las puertas de acceso se anclarán o sujetarán de forma que no se cierren de manera imprevista. Se hará uso de la herramienta adecuada para la apertura y cierre de las tapas de registro.

Se colocará la protección perimetral del hueco de acceso y se comprobará que estén firmemente sujetas y en condiciones de ser utilizadas.

Se colocarán equipos para la señalización del tráfico según proceda (diurno o nocturno).

Las escaleras de acceso se comprobarán que están firmemente sujetas y en condiciones de ser usadas. Para escaleras verticales libres (sin quitamiedos) a partir de 2 m. de altura se utilizará obligatoriamente el SISTEMA ANTICAIDAS - LÍNEA DE VIDA.

En las excavaciones o espacios (recintos) que así lo requieran y/o cuando haya un operario u operarios en el interior, se hará uso de CINTURÓN PROVISTO DE ARNÉS DE SEGURIDAD Y CUERDA SALVAVIDAS, MANTENIÉNDOSE OTRO OPERARIO VIGILANDO DESDE EL EXTERIOR.

Queda terminantemente prohibido realizar trabajos de soldadura, sino se ha comprobado previamente la ausencia de gas. Es obligatorio el uso de herramientas antichispas y antideflagrantes.

Mantener de forma permanente personal de vigilancia en el exterior, con preparación y equipo suficiente para prestar ayuda y lograr un rescate eficaz en caso de emergencia en el interior.

El personal del interior debe estar en comunicación continua con el del exterior, utilizando para ello un sistema adecuado: visual, acústico, radiofónico, etc. En el interior de galerías y colectores, el equipo de trabajo debe estar compuesto al menos por dos personas, como norma general.

Tener siempre disponibles los números de teléfono de coordinación de emergencias (S.O.S) y los de los centros de asistencia correspondientes a la zona de trabajo.

Evacuar inmediatamente el recinto cuando se observen las primeras señales de alarma, tanto por los aparatos e medición, como por síntomas fisiológicos de malestar, indisposición, sensación de calor, etc., o como por cualquier otra causa que indique la propia experiencia.

Vigilancia desde el exterior:

- **PLANTEAMIENTO INICIAL:**

El personal componente del equipo de trabajo, especialmente el responsabilizado de la vigilancia exterior, debe conocer exactamente en qué casos acometerán ellos mismos las operaciones de rescate, y en cuales otros deberán recurrir a equipos especializados de la propia empresa o ajenos como bomberos, S.O.S., policía, etc.

- **PROCEDIMIENTOS DE ACTUACIÓN:**

En caso de que se presente el tipo de accidente en que una o varias personas pierdan parcial o totalmente el conocimiento, aparentemente por asfixia o intoxicación, la actuación a seguir depende fundamentalmente de los medios técnicos de que se disponga y de la preparación y entrenamiento de los que vayan a acometer el rescate.

Antes de entrar en un espacio confinado contestar a las situaciones siguientes:

A) Se dispone de medios suficientes para sacar al accidentado rápidamente, sin necesidad de entrar en la atmósfera peligrosa, como cinturón con cuerda salvavidas, etc.

B) Para sacar al accidentado es necesario entrar en la atmósfera peligrosa, se dispone de equipos respiratorios autónomos o semiautónomos.

Cualquiera que sea la situación real existente, siempre debe respetarse estrictamente los siguientes:

PRINCIPIOS BÁSICOS PARA UN SALVAMENTO EFICAZ:

- El auxiliador debe garantizarse previamente su propia seguridad.
- El accidentado debe recibir aire respirable lo antes posible
- El accidentado necesitará asistencia médica urgente.
-

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- Equipo de protección general.
- Equipo respiratorio de protección individual.
- Arnés anticaídas.
- Equipo de ventilación forzada.
- Cuerda Salvavidas.
- Línea de Vida

2.5.7) Transporte de materiales y equipos dentro de la obra

En esta actividad, además de los riesgos generales son previsibles los siguientes:

- Desprendimiento o caída de la carga, o parte de la misma, por ser excesiva o estar mal sujeta.
- Vuelcos.
- Choques contra otros vehículos o máquinas.
- Golpes o enganches de la carga con objetos, instalaciones o tendidos de cables.

A fin de evitar los posibles accidentes, se adoptarán las siguientes medidas preventivas:

- Se cumplirán las normas de tráfico y límites de velocidad establecida para circular por los viales de obra, las cuales estarán señalizadas y difundidas a los conductores.
- Se prohibirá que las plataformas y/o camiones transporten una carga superior a la identificada como máxima admisible.
- La carga se transportará amarrada con cables de acero, cuerdas o estobos de suficiente resistencia.
- Se señalizarán con placas normalizadas las partes salientes de la carga y, de producirse estos salientes, no excederán de 1,50 m.
- En las maniobras con riesgo de vuelco del vehículo, se colocarán topes y se ayudarán con un señalista.
- Cuando se tenga que circular o realizar maniobras en proximidad de líneas eléctricas, se instalarán gálibos o topes que eviten aproximarse a la zona de influencia de las líneas.
- No se permitirá el transporte de personas fuera de la cabina de los vehículos.
- No se transportarán, en ningún caso, cargas suspendidas por la pluma con grúas móviles.
- Se revisará periódicamente el estado de los vehículos de transporte y medios auxiliares correspondientes.

Equipos de Protección individual

- Equipos de protección general: calzado, casco de seguridad, ropa de trabajo, guantes de protección mecánica.

2.5.8) Movimiento de tierras (terraplenes y rellenos)

En esta actividad, además de los riesgos generales son previsibles los siguientes:

- Caídas de materiales de las palas o cajas de los vehículos.
- Caídas de personas desde los vehículos.
- Vuelcos de vehículos por diversas causas (malas condiciones del terreno, exceso de carga, durante las descargas, etc.).
- Atropello y colisiones.
- Polvo ambiental.
- A fin de evitar los posibles accidentes, se adoptarán las siguientes medidas preventivas:
- No se cargarán los camiones por encima de la carga admisible ni sobrepasando el nivel superior de la caja.
- Se prohíbe el traslado de personas fuera de la cabina de los vehículos.
- Se situarán topes o calzos para limitar la proximidad a bordes de excavaciones o desniveles en zonas de descarga.
- Se limitará la velocidad de vehículos en el camino de acceso y en los viales interiores de la obra a 20 Km/h.
- En caso necesario se procederá al regado de las pistas para evitar la formación de nubes de polvo.
- Se seguirán las indicaciones descritas en la NTP 278: Zanjas. Prevención del desprendimiento de tierras.

Equipos de Protección Individual:

- Equipos de protección general: calzado, casco de seguridad, ropa de trabajo, guantes de protección mecánica.

2.5.9) Trabajos con hormigón

La exposición y manipulación del hormigón, además de los riesgos generales son previsibles los siguientes:

- Salpicaduras de hormigón a los ojos.
- Hundimiento, rotura o caída de encofrados.
- Torceduras de pies, pinchazos, al moverse sobre las estructuras.
- Dermatitis en la piel.
- Aplastamiento o atrapamiento por fallo de entibaciones.
- Lesiones musculares por el manejo de vibradores.
- Electrocuación por ambientes húmedos.

A fin de evitar los posibles accidentes, se adoptarán las siguientes medidas preventivas:

2.5.9.1) 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.

2.5.9.2) 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, arnés de seguridad con sistema de anclaje adecuado.
- El guiado del cubo hasta su posición de vertido se hará siempre a través de cuerdas guía.

2.5.9.3) Hormigonado de pilares y vigas

- Durante el vertido del hormigón se vigilarán los encofrados y se reforzarán los puntos débiles o colocarán más puntales según los casos. En caso de fallo, lo más recomendable, es parar el vertido y no reanudarlo antes de que el comportamiento del encofrado sea el requerido.
- Los vibradores eléctricos protegidos con disyuntor y toma a tierra a través del cuadro general.
- El vertido del hormigón y el vibrado, se realizará desde la torreta de hormigonado en caso de pilares y desde andamios contruidos para construcción de las vigas.
- Las torretas que se empleen para esta función serán de base cuadrada o rectangular, dispondrán de barandilla y rodapié y entre ambos un listón o barra. Podrán llevar ruedas, pero dotadas de sistema de frenado, y llevarán una escalera sólidamente fijada para acceso.

El acceso a la plataforma se cerrará mediante una cadena durante la permanencia sobre la misma.

Equipos de Protección Individual:

- Equipos de protección general: calzado, casco de seguridad, ropa de trabajo, guantes de protección mecánica.
- Gafas de protección.
- Chaleco de alta visibilidad.
- Arnés anticaídas
- Rodilleras
- Botas de goma

2.5.10) Maniobras de izado, situación de obra y montaje de equipos y materiales

En esta actividad, además de los riesgos generales son previsibles los siguientes:

- Caída de materiales, equipos o componentes de los mismos por fallo de los medios de elevación o error en la maniobra.
- Caída de personas desde altura en operaciones de estrobo o desestrobo de las piezas.
- Contactos eléctricos.

- Aprisionamiento/aplastamiento de personas por movimientos incontrolados de la carga.
- Vuelco o caída del medio de elevación.
- Golpes de equipos, en su izado y transporte, contra otras instalaciones (estructuras, líneas eléctricas, etc.). Caída o vuelco de los medios de elevación.

A fin de evitar los posibles accidentes, se adoptarán las siguientes medidas preventivas:

Las medidas de prevención a aplicar en relación con los riesgos inherentes a este tipo de trabajos, que ya se relacionaron, están contempladas y definidas en el punto anterior, destacando especialmente las correspondientes a:

- Señalizar y acotar las zonas de trabajo con cargas suspendidas.
- No permanecer persona alguna en la zona de influencia de la carga.
- Hacer el guiado de las cargas mediante cuerdas.
- Entrar en la zona de riesgo sólo en el momento del acoplamiento.
- Equipos de Protección Individual:
- Equipos de protección general: calzado, casco de seguridad, ropa de trabajo, guantes de protección mecánica.
- Arnés anticaídas, línea de vida y absorbedor de energía

2.5.11) Tendido de conductores subterráneos

En esta actividad, además de los riesgos generales son previsibles los siguientes:

- Caída de materiales por la mala ejecución de la maniobra de tendido o fallo mecánico de equipos.
- Caída de personas a distinto nivel diversas causas.
- Cortes y golpes por manejo de máquinas-herramientas.
- Atrapamiento y/o aplastamiento de manos o pies en el manejo de los materiales o equipos durante el tendido de conductores.
- Caída de objetos y herramientas sueltas.
- Contactos eléctricos.
- Golpes de equipos, contra otras instalaciones (estructuras, líneas eléctricas, etc.).

A fin de evitar los posibles accidentes, se adoptarán las siguientes medidas preventivas:

Las medidas de prevención a aplicar en relación con los riesgos inherentes a este tipo de trabajos, están contempladas y definidas en los puntos anteriores, destacando especialmente las correspondientes a:

- Señalizar y acotar las zonas de trabajo durante el tendido, para impedir el acceso a personas ajenas a la obra.
- No permanecer persona alguna en la zona de influencia de la carga.
- Hacer el guiado del cable a través de rodillos sin colocarse en zona de influencia del conductor ante una fallo en el tendido.
- Sujeción de los conductores durante toda la fase de tendido hasta que no se efectúe la sujeción definitiva.

Durante la realización de esta fase se prevé que no existan riesgos eléctricos, en caso contrario se deberán de tomar las medidas preventivas oportunas.

Equipos de Protección Individual.

- Equipos de protección general: calzado, casco de seguridad, ropa de trabajo, guantes de protección mecánica.

2.6) Relativo a las maquinarias y herramientas

2.6.1) Maquinaria de movimiento de tierras

2.6.1.1) Maquinaria de movimiento de tierras en general

Riesgos:

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Choques o contacto con objetos o elementos móviles.
- Golpes o cortes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Explosiones e incendios.
- Atropellos o golpes con vehículos.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Contactos térmicos.
- Contactos eléctricos.
- Exposición al ruido.

Equipos de Protección Individual

- Casco de seguridad (a usar cuando se abandone la cabina de la máquina).
- Calzado de seguridad.
- Gafas de seguridad (cuando la máquina no disponga de cabina o se realicen tareas de mantenimiento y haya riesgo de salpicadura) .
- Guantes de cuero para evitar quemaduras y salpicaduras en las manos.
- Protección auditiva cuando se prevean niveles de ruido superiores a 80-85 dB.
- Cinturón antivibratorio para operadores de las máquinas y conductores de los vehículos que lo precisen.
- Chaleco reflectante (a usar cuando se abandone la cabina de la máquina en trabajos nocturnos o lugares con poca iluminación en condiciones de escasa visibilidad y con riesgo de atropello por máquinas o vehículos).

Medidas preventivas

Factor humano:

- Sólo se permitirá el manejo a aquellas personas que conozcan su funcionamiento y tengan una categoría profesional adecuada.
- El maquinista tendrá buen conocimiento de las zonas de circulación y trabajo (zanjas, cables, limitaciones de altura, etc.).
- Utilizar las máquinas de acuerdo con las instrucciones del fabricante y sólo en aquellos para los que han sido diseñadas.
- El maquinista se encontrará en perfecto estado de salud antes de subir a la máquina.
- Estará prohibido circular con cualquier tipo de maquinaria que no disponga de matriculación, por carreteras abiertas al tráfico rodado. Cuando la circulación afecta a viales públicos, las máquinas llevarán en zona visible una luz giratoria, siendo aconsejable llevar encendidas las luces de posición en todo momento.
- La máquina se revisará antes de iniciar los trabajos, para que esté en condiciones de realizar su tarea.
- Se respetarán las cargas admisibles para las que está diseñada la máquina.
- No se realizarán maniobras bruscas ni se frenará de repente.
- Se prohíbe la manipulación y operaciones de ajuste y arreglo de máquinas a personal sin la debida preparación y conocimientos de los riesgos a los que puede estar expuesto.
- Cuando abastezca de combustible no lo haga cerca de un punto caliente ni fume.
- No guarde material combustible ni trapos grasientos en la maquina, puede ser el origen de incendio.
- Si debe arrancar la máquina, mediante la batería de otra, tome precauciones para evitar chisporroteos de los cables. Recuerde que los electrolitos emiten gases inflamables y se puede producir una explosión.
- Para acceder a la máquina se tomarán las siguientes precauciones:
- Utilice los peldaños y asideros dispuestos para tal fin, se evitará lesiones por caída.
- Suba y baje de la máquina de forma frontal (mirando hacia ella), asiéndose con ambas manos; lo hará de forma segura.
- No salte nunca directamente al suelo si no es por peligro inminente para su persona.
- Previo al comienzo de la jornada:
- Realizar los controles y verificaciones previstas en el libro de instrucciones de la máquina.
- Comprobar visualmente el estado de la máquina. Limpiar cristales y espejos para así tener una mejor visión, comprobar que funcionan los dispositivos luminosos.
- Verificar el panel de mandos y el buen funcionamiento de los diversos órganos de las máquinas, así como frenos, dirección, etc.
- Comprobar antes de arrancar que los mandos están en posición neutra. Tocar el claxon.
- Asegurarse del perfecto estado de las señales ópticas y acústicas.

Durante el desarrollo de la jornada:

- No subir o bajar del vehículo en marcha.
- No abandonar la máquina cargada, con el motor en marcha ni con la cuchara subida.
- Queda terminantemente prohibido el transportar pasajeros, bien en la cabina o en cualquier otra parte de la máquina.
- Si se detecta cualquier anomalía en la máquina, se parará y se dará parte a su superior. No se reanudará los trabajos hasta que se halla subsanado la avería.
- Cuando abandone la máquina, se parará el motor y se accionará el mecanismo de frenado, incluso se dispondrá de calzos si fuera necesario.
- Se respetarán los límites de velocidad, la señalización en la obra y de carreteras así como las prioridades y prohibiciones fijadas en el Plan de Seguridad.

Al final de la jornada:

- Estacionar la máquina en las zonas previstas para ello (en ningún caso a menos de 3 metros del borde de zanjas y vaciados).
- Apoyar el cazo o la cuchara en el suelo.
- Accionar el freno de estacionamiento, dejar en punto muerto los diversos mandos, cortar la llave de la batería y sacar la llave de contacto. Desconectar todos los mecanismos de transmisión y bloquear las partes móviles.
- Cerrar la cabina bajo llave.

Factor mecánico:

- Se usará la máquina más adecuada el trabajo a realizar.
- Sólo se usarán máquinas cuyo funcionamiento sea correcto, comprobadas por personal competente.
- Los resguardos y protecciones de partes móviles estarán colocados correctamente.

Si se procediera a quitar alguno, se parará la máquina.

- La cabina estará dotada de extintor timbrado y con las revisiones al día.
- Si las máquinas afectan a viales públicos, durante el trabajo dispondrán en su parte superior de luces giratorias de advertencia.
- El maquinista deberá ajustar su asiento para que de este modo pueda alcanzar los controles sin dificultad.
- Para evitar el peligro de vuelco ningún vehículo podrá ir sobrecargado, especialmente aquellos que han de circular por caminos sinuosos.
- También se evitará el exceso de volumen en la carga de los vehículos y su mala repartición.
- Los dispositivos de frenado han de encontrarse en perfectas condiciones, para lo cual se realizarán revisiones frecuentes.

Factor trabajo:

- Las zonas de trabajo se mantendrán en todo momento limpias y ordenadas. Tendrán además la suficiente iluminación para los trabajos a realizar.
- Se regarán con la frecuencia precisa las áreas en donde los trabajos puedan producir polvaredas.
- Delimitar los accesos y recorridos de los vehículos, siendo estos independientes (siempre que se pueda) de los delimitados para el personal a pie.
- Cuando sea obligatorio el tráfico por zonas de trabajo, estas se delimitarán convenientemente y se indicarán los distintos peligros con sus señales indicativas de riesgo correspondientes.
- La distancia del personal a una máquina que esté trabajando en el mismo tajo vendrá determinada por la suma de la distancia de la zona de influencia de la máquina más
- 5 metros.
- Existirá una separación entre máquinas que estén trabajando en el mismo tajo de al menos 30 metros.
- Las maniobras de marcha atrás se realizarán con visibilidad adecuada. En caso contrario se contará con la ayuda de otra persona que domine la zona. En ambos casos funcionará en la máquina el dispositivo acústico de marcha atrás.
- Los movimientos de máquinas durante la ejecución de trabajos que puedan producir accidentes serán regulados por personal auxiliar.
- Cualquier máquina o vehículo que vaya cargado tendrán preferencia de paso en pista.
- Se establecerá una limitación de velocidad adecuada para cada máquina.
- Para trabajos en proximidad de líneas eléctricas aéreas consultar las normas dispuestas para ello.

Factor terreno:

- En todo trabajo a realizar con maquinaria de movimiento de tierras se inspeccionarán los tajos a fin de observar posibles desmoronamientos que puedan afectar a las máquinas.
- Para evitar romper en una excavación una conducción enterrada (agua, gas, electricidad, saneamientos, etc.) es imprescindible localizar y señalar de acuerdo con los planos de la zona. Si a pesar de ello se rompe la misma, se interrumpirán los trabajos, se acordonará la zona (si se precisa) y se dará aviso inmediato.
- Si topa con cables eléctricos, no salga de la máquina hasta haber interrumpido el contacto y alejado la máquina del lugar. Salte entonces, sin tocar a un tiempo el terreno u objeto en contacto con este.
- Cuando el suelo esté en pendiente, frenar la máquina y trabajar con el equipo orientado hacia la pendiente.

2.6.1.2) Máquinas excavadoras

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Choques o contacto con objetos o elementos móviles.
- Golpes o cortes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Explosiones e incendios.
- Atropellos o golpes con vehículos.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Contactos térmicos.
- Contactos eléctricos.
- Exposición al ruido.

Equipos de Protección Individual

- Casco de seguridad (a usar cuando se abandone la cabina de la máquina).
- Calzado de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Protección auditiva.
- Cinturón antivibratorio para operadores de las máquinas y conductores de los vehículos que lo precisen.
- Chaleco reflectante (a usar cuando se abandone la cabina de la máquina en trabajos nocturnos o lugares con poca iluminación en condiciones de escasa visibilidad y con riesgo de atropello por máquinas o vehículos).

Medidas preventivas

- Serán de aplicación todas las normas recogidas en el apartado “Maquinaria de movimiento de tierras en general”.
- Cuando los productos de la excavación se carguen directamente sobre el camión no se pasará la cuchara por encima del mismo.
- Como norma general se circulará marcha adelante y con la cuchara bajada. No se circulará en punto muerto.
- No se empleará el brazo como grúa.
- No se abandonará la máquina con el motor en marcha ni con la cuchara elevada.
- Para desplazarse sobre un terreno en pendiente orientar el brazo hacia la parte de abajo tocando casi el suelo.

2.6.1.3) Grúas

Riesgos

- Caída de personas a distinto nivel (durante el estribado o recepción de la carga).
- Caída de objetos desprendidos (por fallo del circuito hidráulico o frenos, por choque de la carga o del extremo de la pluma contra obstáculo, por rotura de cables o de otros elementos auxiliares como ganchos y poleas y por enganche o estribado deficiente de la carga).
- Golpes y cortes por objetos y herramientas (golpe por la carga durante la maniobra o por rotura del cable).

- Atrapamientos por o entre objetos (entre elementos auxiliares como ganchos, eslingas, poleas o por la propia carga).
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos (vuelco por nivelación defectuosa, por fallo del terreno donde se asienta, por sobrepasarse el máximo momento de carga admisible o por efecto del viento).
- Atropellos o golpes con vehículos.
- Sobreesfuerzos (durante la preparación de la carga).
- Contactos eléctricos (por contacto con línea eléctrica).
- Contactos térmicos (por contacto con partes metálicas calientes).
- Exposición a contaminante químico: gases (por gases de escape motores combustión por reglaje defectuoso).
- Exposición a agente físico: ruido.

Equipos de Protección Individual

- Casco de seguridad (a usar cuando se abandone la cabina de la máquina).
- Calzado de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante.
- Guantes de protección.
- Chaleco reflectante (a usar cuando se abandone la cabina de la máquina en trabajos nocturnos o lugares con poca iluminación en condiciones de escasa visibilidad y con riesgo de atropello por máquinas o vehículos).
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares.

Medidas preventivas en la organización del trabajo:

- 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.
- Al finalizar cualquier período de trabajo (mañana, tarde, fin de semana), se realizaran en la grúa las siguientes maniobras:
 - o Izar el gancho libre de cargas a tope junto al mástil.
 - o Dejar la pluma en posición "veleta".
 - o Poner los mandos a cero.
 - o 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 50 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.

2.6.1.4) Camión Autocargante

Riesgos

- Caída de personas a distinto nivel (durante el estribado o recepción de la carga).
- Golpes por caída de objetos desprendidos (por fallo del circuito hidráulico o frenos, por choque de la carga o del extremo de la pluma contra obstáculo, por rotura de cables o de otros elementos auxiliares como ganchos y poleas, por enganche o estribado deficiente de la carga o por desestabilización del camión sobre sus calzos).
- Atrapamientos por o entre objetos (entre elementos auxiliares como ganchos, eslingas, poleas o por la propia carga).
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos (vuelco por nivelación defectuosa, por fallo del terreno donde se asienta, por sobrepasarse el máximo momento de carga admisible o por efecto del viento).
- Atropellos o golpes con vehículos.
- Sobreesfuerzos (durante la preparación de la carga).
- Contactos eléctricos (por contacto con línea eléctrica).
- Contactos térmicos.
- Exposición a contaminante químico: gases (por gases de escape motores combustión por reglaje defectuoso).
- Exposición a agente físico: ruido.

Equipos de Protección Individual

- Casco de seguridad (a usar cuando se abandone la cabina de la máquina).
- Calzado de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante.
- Guantes de protección.
- Chaleco reflectante (a usar cuando se abandone la cabina de la máquina en trabajos nocturnos o lugares con poca iluminación en condiciones de escasa visibilidad y con riesgo de atropello por máquinas o vehículos).
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares.

Medidas preventivas

- El manejo lo realizará personas con formación específica y práctica en esta labor (se estará en posesión de las acreditaciones exigidas por la legislación vigente).
- No operar el camión si no se está en perfectas condiciones físicas. Avisar en caso de enfermedad.
- La grúa que se utilice será la adecuada, en cuanto a su fuerza de elevación y estabilidad, a la carga que deba izar.
- Limpie sus zapatos del barro o grava antes de subir a la cabina. Si se resbalan los pedales durante una maniobra o durante la marcha, puede provocar accidentes.
- Antes de la utilización de la grúa habrán de haberse revisado los cables, desechando aquellos que presenten un porcentaje de hilos rotos igual o superior al 10%.
- Antes de utilizar la grúa se comprobará el correcto funcionamiento de los sistemas hidráulicos de la pluma. Esta maniobra se hará en vacío.
- Antes de la colocación de la grúa se estudiará el lugar más idóneo, teniendo en cuenta que deben evitarse las conducciones eléctricas, teniendo en cuenta que ni la pluma, ni el cable, ni la carga pueden pasar en ningún caso a menos de 5 metros de una línea eléctrica.
- Cuando la grúa se encuentre con los gatos estabilizadores en posición de trabajo, los neumáticos del camión no deben estar en contacto con el suelo
- Está prohibido pasar con cargas por encima de personas.
- Mantenga la máquina alejada de terrenos inseguros, propensos a hundimientos o en proximidad a taludes y excavaciones. La distancia mínima al borde de una excavación será de 2 m.
- Estabilizadores (apoyos telescópicos). Posicionada la máquina, obligatoriamente se extenderán completamente y se utilizarán los apoyos telescópicos de la misma siempre, deberán apoyarse en terreno firme. Los estabilizadores se apoyarán sobre tablonos o traviesas de reparto.
- Extendidos los estabilizadores se calculará el área que encierran, comprobando con los diagramas que debe llevar el camión, que es suficiente para la carga y la inclinación requerida.
- Con anterioridad al izado se conocerá con exactitud o, en su defecto, se calculará el peso de la carga que se deba elevar.
- Se prohíbe sobrepasar la carga máxima admitida por el fabricante de la grúa, en función de la longitud en servicio del brazo. □ Levante una sola carga cada vez y siempre verticalmente.
- Mantenga siempre la vista en la carga. Si debe mirar hacia otro lado pare las maniobras.
- Si la carga, después de izada, se comprueba que no está correctamente situada, debe volver a bajarse despacio.

- No realice nunca arrastres de cargas o tirones sesgados. La grúa puede volcar o dañar los sistemas hidráulicos del brazo.
- No debe permitirse a otras personas viajar sobre el gancho, eslingas o cargas.
- No debe abandonarse el mando de la máquina mientras penda una carga del gancho.
- Las cargas estarán adecuadamente sujetas mediante flejes o cuerdas. Cuando proceda se usarán bateas emplintadas.
- Las cargas suspendidas se gobernarán mediante cuerdas o cabos para la ubicación de la carga en el lugar deseado.
- Si la carga o descarga del material no fuera visible por el operador se colocará un encargado que señalice las maniobras debiendo cumplir únicamente aquellas que este último le señale. Emplearán el código del Anexo VI del R.D. 485/1997 (sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo) y el código de señales definido por la norma UNE-003.

2.6.1.5) Camión Hormigonera

Riesgos

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos desprendidos.
- Choque contra objetos inmóviles.
- Choque o contacto con elementos móviles (por manejo canaleta).
- Golpes y cortes por objetos y herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamientos por o entre objetos (durante el despliegue, montaje y desmontaje de las canaletas).
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos (caída a zanjas).
- Atropellos o golpes con vehículos.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos térmicos.
- Contactos eléctricos.
- Exposición a sustancias nocivas o tóxicas.
- Exposición a agente físico: ruido.

Equipos de Protección Individual

- Casco de seguridad (a usar cuando se abandone la cabina de la máquina).
- Calzado de seguridad.
- Guantes de seguridad contra agresivos mecánicos.
- Guantes de seguridad contra la acción del cemento que eviten aparición de dermatitis.
- Chaleco reflectante (a usar cuando se abandone la cabina de la máquina en trabajos nocturnos o lugares con poca iluminación en condiciones de escasa visibilidad y con riesgo de atropello por máquinas o vehículos).

Medidas preventivas

- El manejo lo realizará personas con formación específica y práctica en esta labor.
- El ascenso y descenso al camión hormigonera se realizará frontalmente al mismo, haciendo uso de los peldaños y asideros dispuestos para tal fin, evitando el ascenso a través de las llantas y el descenso mediante saltos.
- Se evitará que las zonas de acceso o circulación de los camiones se haga por rampas que superen una pendiente de 20% (como norma general), en prevención de atoramientos o vuelco de los camiones hormigoneras.
- Para evitar la aproximación excesiva de la máquina a bordes de taludes y evitar vuelcos o desprendimientos se señalarán dichos bordes, no permitiendo el acercamiento de maquinaria pesada a menos de 2 metros.
- La puesta en estación y los movimientos del camión-hormigonera durante las operaciones de vertido, serán dirigidas por un señalista, en prevención de los riesgos por maniobras incorrectas.
- Durante las operaciones de vertido se calzarán todas las ruedas, con el fin de evitar deslizamientos o movimientos por fallo de los frenos.
- El operario que despliegue el canal de vertido de hormigón del camión hormigonera, deberá prestar sumo cuidado para no verse expuesto a amputaciones traumáticas por cizallamiento en la operación de basculamiento y encaje de los módulos de propagación.
- Una vez que acabe el hormigonado se recogerá la canaleta hasta la posición de lavado del camión hormigonera para evitar movimientos incontrolados.
- La limpieza de la cuba y canaletas se efectuará en los lugares previamente indicados, en prevención de riesgos por la realización de trabajos en zonas próximas a otros tajos.
- El mantenimiento y las intervenciones en el motor se realizarán por personal formado para dichos trabajos previendo las proyecciones de líquidos a altas temperaturas, incendio por líquidos inflamables o atrapamientos por manipulación de motores en marcha o partes en movimiento.

2.6.1.6) Cargadores y excavadoras compactos (BOBCAT)

Riesgos

- Caída de personas al mismo y distinto nivel.
- Caída de objetos desprendidos.
- Choque contra objetos inmóviles.
- Golpes y cortes por objetos y herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos (caída a zanjas).
- Atropellos o golpes con vehículos.
- Sobreesfuerzos.

Equipos de protección individual

- Casco de seguridad (a usar cuando se abandone la cabina de la máquina).
- Calzado de seguridad.
- Guantes de seguridad contra agresivos mecánicos.
- Chaleco reflectante (a usar cuando se abandone la cabina de la máquina en trabajos nocturnos o lugares con poca iluminación en condiciones de escasa visibilidad y con riesgo de atropello por máquinas o vehículos).

Medidas preventivas

- Serán de aplicación todas las normas recogidas en el apartado “Maquinaria de movimiento de tierras en general”.
- No se permitirá el acceso ni la conducción de la máquina “bob-cat” sin la debida autorización.
- No se sobrecargará la pala ni se colmará la misma ya que en su desplazamiento puede ir perdiendo de forma peligrosa parte de la misma. La máquina y sus accesorios elegidos deben ser apropiados a la operación a realizar.
- Para descarga de materiales en proximidad de bordes de taludes se colocarán topes de tal forma que se impida la excesiva aproximación de la máquina al borde.
- No se admitirán máquinas que no vengán con la protección de cabina antivuelco instalada o pórtico de seguridad. Asimismo estos vehículos dispondrán de cinturón de seguridad que impida que en caso de vuelco el conductor pueda salir despedido.
- En el caso de circular por vía pública cumplirán las indicaciones del código de circulación, por ello deberán estar matriculados y tendrán una luz rotativa indicando su presencia y desplazamiento.
- Si por cualquier circunstancia tuviera que parar en rampa el vehículo quedará frenado y calzado con topes.
- Está absolutamente prohibido transportar personas.

2.6.2) Máquinas herramientas

2.6.2.1) Máquinas herramientas en general

Riesgos

- Cortes.
- Quemaduras.
- Golpes.
- Proyección de fragmentos.
- Caída de objetos.
- Contactos con la energía eléctrica.
- Riesgo eléctrico.
- Exposición a agente físico: ruido.
- Exposición a agente físico: vibraciones.
- Explosiones por trasiego de instrumentos.

Equipos de protección individual

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- En los trabajos con riesgo de proyección de partículas se deberá hacer uso de gafas de seguridad contra impactos mecánicos.

Medidas preventivas

- Las máquinas-herramientas eléctricas a utilizar en esta obra, estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento.
- Los motores eléctricos de las máquinas-herramientas estarán protegidos por la carcasa y resguardos propios de cada aparato para evitar los riesgos de atrapamientos o de contacto con la energía eléctrica.
- 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.
- Se prohíbe realizar operaciones o manipulaciones en la máquina accionada por transmisiones por correas en marcha. Las reparaciones, ajustes, etc., se realizarán a motor parado, para evitar accidentes.
- El montaje y ajuste de transmisiones por correas se realizará mediante “montacorreas” (o dispositivos similares), nunca con destornilladores, las manos, etc., para el riesgo de atrapamiento.
- Las transmisiones mediante engranajes accionados mecánicamente, estarán protegidas mediante un bastidor soporte de un cerramiento a base de una malla metálica, que permitiendo la observación del buen funcionamiento de la transmisión, impida el atrapamiento de personas u objetos.
- Las máquinas en situación de avería o de semiavería, que no respondan a todas las órdenes recibidas como se desea, pero si a algunas, se paralizarán inmediatamente quedando señalizadas mediante una señal de peligro con la leyenda: “NO CONECTAR, EQUIPO (O MÁQUINA) AVERIADO”, retirando la manguera de alimentación, y si los lleva quitando los fusibles o contadores.
- Los letreros con leyendas de “MÁQUINA AVERIADA”, “MÁQUINA FUERA DE SERVICIO”, etc., serán instalados y retirados por la misma persona.
- Toda maquinaria a emplear en esta obra dispondrá de los medios de protección (en todos los sentidos) originales de fábrica. Aquella máquina que por su antigüedad o por cualquier otra razón no disponga de los medios de protección exigibles según
- Normativa, Plan de Seguridad y Salud o del Responsable de Proyecto (Dirección Facultativa), será rechazado.
- 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 obra.
- Las máquinas-herramientas a utilizar en lugares en los que existen productos inflamables o explosivos (disolventes inflamables, explosivos, combustibles y similares), estarán protegidos mediante carcasas antideflagrantes.

- En ambientes húmedos la alimentación para las máquinas-herramienta no protegidas con doble aislamiento, se realizará mediante conexión a transformadores a 24 V.
- El transporte aéreo mediante grúa de las máquinas-herramienta (mesa de sierra, tronadora, dobladora, etc.) se realizará ubicándola flejada en el interior de una batea emplumada resistente, para evitar el riesgo de caída de la carga.
- En prevención de los riesgos por inhalación de polvo ambiental, las máquinas herramientas con producción de polvo se utilizarán en vía húmeda, para eliminar la formación de atmósferas nocivas.
- Siempre que no sea posible lo indicado en el punto anterior, las máquinas herramienta con producción de polvo se utilizarán a sotavento, para evitar el riesgo por trabajar en el interior de atmósferas nocivas.
- Las máquinas herramientas de alta sonoridad (ruidosas) se utilizarán a una distancia mínima del mismo de 10 metros (como norma general), para evitar el riesgo por alto nivel acústico (compresores, grupos electrógenos, etc.).
- Se prohíbe en esta obra la utilización de herramientas accionadas mediante combustibles líquidos.
- Se prohíbe el uso de máquinas herramientas el personal no autorizado para evitar accidentes por impericia.
- Se prohíbe dejar las herramientas eléctricas de corte o taladro, abandonadas en el suelo, para evitar accidentes.
- Las conexiones eléctricas de todas las máquinas-herramienta a utilizar en esta obra mediante clemas, estarán siempre protegidas con su correspondiente carcasa anticontactos eléctricos.
- Siempre que sea posible, las mangueras de presión para accionamiento de máquinas herramientas, se instalarán de forma aérea. Se señalarán mediante cuerdas de banderolas, los lugares de cruce aéreo de las vías de circulación interna, para prevenir los riesgos de tropiezo o corte del circuito de presión.

2.6.2.2) Compresor

Riesgos

- Atrapamiento por o entre objetos.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas.
- Choque contra objetos móviles (caída de máquina por terraplén).
- Exposición a agente físico: ruido.
- Exposición a agente físico: vibraciones.
- Rotura de la manguera de presión.
- Exposición a sustancias nocivas o tóxicas (emanación de gases tóxicos por escape del motor).
- Contactos térmicos.
- Incendio o explosiones.

Equipos de Protección Individual

- Casco de seguridad.
- Calzado de seguridad.
- Protectores auditivos (para realizar las maniobras de arranque y parada).
- Guantes de goma o PVC.

Medidas preventivas

- Los compresores se situarán en lugares ventilados, nunca junto a la entrada de pozos o galerías.
- Las operaciones de mantenimiento y de abastecimiento de combustible se efectuarán con el motor parado en prevención de incendios o de explosión.
- Se mantendrá a una distancia mayor de 2 metros del borde de coronación de cortes y taludes (para evitar el desprendimiento de la cabeza del talud por sobrecarga).
- El compresor se situará en terreno horizontal, con sus ruedas calzadas y con la lanza de arrastre en posición horizontal.
- Con el fin de evitar atrapamientos por órganos móviles, quemaduras e incluso disminuir los niveles de ruido, las carcasas deberán permanecer siempre cerradas.
- Es preferible el uso de compresores con bajo nivel de sonoridad, advirtiendo en caso contrario el alto nivel sonoro en la zona alrededor del compresor.
- Se procurará que los trabajadores permanezcan alejados a unos 15 metros de distancia del compresor, evitando así los riesgos producidos por el ruido.
- Las mangueras se protegerán de las agresiones, distribuyéndose evitando zona de pasos de vehículos. Si se distribuyen verticalmente se sostendrán sobre soportes tipo catenarias o cables.
- Se procederá periódicamente a la revisión de elementos del compresor tales como mangueras, carcasas, bridas de conexión y empalme, etc. para evitar un desgaste o deterioro excesivo, procediendo a la sustitución en caso necesario.

2.6.2.3) Martillo Neumático

Riesgos

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Golpes y cortes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Sobreesfuerzo.
- Exposición a temperatura ambiental extrema.
- Contactos eléctricos.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Exposición a agente físico: ruido.
- Exposición a agente físico: vibraciones.
- Rotura de la manguera de presión o proyecciones de aire comprimidos al efectuar conexiones.

Equipos de Protección Individual

- Casco de seguridad.
- Calzado de seguridad.
- Protectores auditivos.
- Guantes.
- Mascarilla antipolvo.
- Gafas para proyección de partículas.
- Cinturón lumbar antivibraciones.
- Chaleco reflectante (en trabajos nocturnos o lugares con poca iluminación en condiciones de escasa visibilidad y con riesgo de atropello por máquinas o vehículos).

Medidas preventivas

- Previamente al comienzo de los trabajos se deberá tener conocimiento del trazado de conducciones enterradas (gas, electricidad, agua, etc.) y solicitar el corte de suministro de la compañía en caso necesario.
- Los compresores se situarán en lugares ventilados, nunca junto a la entrada de pozos o galerías.
- Las operaciones de mantenimiento y de abastecimiento de combustible se efectuarán con el motor parado en prevención de incendios o de explosión.
- Se revisará con periodicidad el estado de las mangueras de presión y compresores, así como los empalmes efectuados en dichas mangueras.
- Las mangueras se distribuirán por zonas donde no haya tránsito de vehículos, protegiéndose de posibles agresiones mecánicas.
- En aquellas situaciones donde exista riesgo de caída de altura, se procurará una protección colectiva (barandilla, etc.) y en el caso de que no sea posible se recurrirá al uso de arnés de seguridad (anticaídas o sujeción) y se dispondrá de los puntos fuertes adecuados para el amarre de los mismos.
- Manejar el martillo agarrado a la cintura-pecho. En ocasiones puede emplearse un caballete de apoyo para trabajos en horizontal.
- No se hará palanca con el martillo en marcha.

2.6.2.4) Grupos Electrógenos

Riesgos

- Choque contra objetos inmóviles.
- Choques o contacto con objetos o elementos móviles.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Contactos térmicos.
- Contactos eléctricos.
- Incendio.
- Ruido.
- Sobreesfuerzo.

Equipos de protección individual

- Casco de seguridad
- Calzado de seguridad
- Protectores auditivos
- Guantes
- Chaleco reflectante (en trabajos nocturnos o lugares con poca iluminación en condiciones de escasa visibilidad y con riesgo de atropello por máquinas o vehículos).

Medidas preventivas

- Los equipos estarán situados en lugares ventilados, alejados de los puestos de trabajo (dado el ruido) y, en cualquier caso, alejados de bocas de pozos, túneles y similares.
- Se asentará sobre superficies planas y niveladas y si dispone de ruedas estas se calzarán.
- Todos los órganos de transmisión (poleas, correas,...) estarán cubiertos con resguardos fijos o móviles.
- Los bordes de conexión estarán protegidos ante posibles contactos directos.
- Se dispondrá de extintor de polvo químico o CO₂ cerca del equipo.
- El grupo electrógeno deberá contar con un cuadro eléctrico que disponga de protección diferencial y magnetotérmica frente a las corrientes de defecto y contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Los cuadros eléctricos a los que alimenta el generador contarán con diferenciales y magnetotérmicos en caja normalizada, puesta a tierra de las masas metálicas, señal indicativa de riesgo eléctrico e imposibilidad de acceso de partes en tensión.
- Las conexiones se realizarán correctamente, mediante las preceptivas clavijas.
- La conexión a tierra se realizará mediante picas de cobre. La resistencia del terreno será la adecuada para la sensibilidad de los diferenciales, recomendándose de forma genérica que no sea superior a los 20 Ω .
- Cada vez que se utilice o cambie de situación y diariamente se comprobará que existe una correcta puesta a tierra de las masas.

2.6.2.5) Equipo de Soldadura Eléctrica

Riesgos

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos en manipulación.
- Pisadas sobre objetos.
- Golpes o cortes por objetos o herramientas.
- Contactos térmicos (quemaduras por salpicadura de metal incandescentes y contactos con los objetos calientes que se están soldando).
- Contactos eléctricos.
- Explosiones.
- Incendios.
- Proyecciones de fragmentos o partículas.

- Exposición a contaminantes químicos: humos metálicos (humos y gases de soldadura, intensificado por sistemas de extracción localiza inexistentes o ineficientes).
- Exposiciones a agentes físicos radiaciones no ionizantes (radiaciones en las bandas de UV visible e IR del espectro en dosis importantes nocivas para los ojos, procedentes del soplete y del metal incandescente del arco de soldadura).

Equipos de protección individual

- Casco de seguridad.
- Calzado de seguridad.
- Polainas de cuero.
- Yelmo de soldador (casco y careta de protección)
- Pantalla de protección de sustentación manual.
- Guantes de cuero de manga larga.
- Manguitos de cuero.
- Mandil de cuero.
- Arnés de seguridad (cuando el trabajo así lo requiera).

Medidas preventivas

- Obligatoriamente esta máquina estará protegida contra los contactos eléctricos indirectos por un dispositivo diferencial y puesta a tierra, además para el circuito secundario se dispondrá de limitador de tensión en vacío.
- Se revisarán periódicamente los revestimientos de las mangueras eléctricas de alimentación de la máquina, aislamiento de los bornes de conexión, aislamiento de la pinza y sus cables
- Se prohíben los trabajos de soldadura y corte, en locales donde se almacenan materiales inflamables, combustibles, donde exista riesgo de explosión o en el interior de recipientes que hayan contenido sustancias inflamables.
- Para trabajar en recipientes que hayan contenido sustancias explosivas o inflamables, se debe limpiar con agua caliente y desgasificar con vapor de agua, por ejemplo. Además se comprobará con la ayuda de un medidor de atmósferas peligrosas (explosímetro), la ausencia total de gases.
- Se debe evitar que las chispas producidas por el soplete alcancen o caigan sobre las botellas, mangueras o líquidos inflamables.
- El operario no deberá trabajar con la ropa manchada de grasa, disolventes o cualquier otra sustancia inflamable.

2.6.3) Herramientas manuales en general

Riesgos

- Golpes y cortes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Pisadas sobre objetos.
- Trastornos musculoesqueléticos.

Equipos de protección individual

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- En los trabajos con riesgo de proyección de partículas se deberá hacer uso de gafas de seguridad contra impactos mecánicos.

Medidas preventivas generales

- Antes de usarlas, inspeccionar cuidadosamente mangos, filos, zonas de ajuste, partes móviles, cortantes y susceptibles de proyección.
- Se utilizarán exclusivamente para la función que fueron diseñados.
- Tienen que estar construidas con materiales resistentes, serán las más apropiadas por sus características y tamaño a la operación a realizar y no tendrán defectos ni desgaste que dificulten su correcta utilización.
- La unión entre sus elementos será firme, para evitar cualquier rotura o proyección de los mismos.
- Los mangos o empuñaduras serán de dimensión adecuada, no tendrán bordes agudos ni superficies resbaladizas y serán aislantes en caso necesario. Las cabezas metálicas deberán carecer de rebabas.
- Se adaptarán protectores adecuados a aquellas herramientas que lo admitan.
- Efectuar un mantenimiento de las herramientas manuales realizándose una revisión periódica, por parte de personal especializado, del buen estado, desgaste, daños, etc.
- Además, este personal se encargará del tratamiento térmico, afilado y reparación de las herramientas que lo precisen. Retirar de uso las que no estén correctamente.
- Seleccionar y realizar un uso de las herramientas manuales adecuado al tipo de tarea, (utilizarlas en aquellas operaciones para las que fueron diseñadas). De ser posible, evitar movimientos repetitivos o continuados.
- Mantener el codo a un costado del cuerpo con el antebrazo semidoblado y la muñeca en posición recta.
- Usar herramientas livianas, bien equilibradas, fáciles de sostener y de ser posible, de accionamiento mecánico.
- Usar herramientas diseñadas de forma tal que den apoyo a la mano de la guía y cuya forma permita el mayor contacto posible con la mano. Usar también herramientas que ofrezcan una distancia de empuñadura menor de 10 cm entre los dedos pulgar e índice.
- Usar herramientas con esquinas y bordes redondeados.
- Cuando se usan guantes, asegurarse de que ayuden a la actividad manual pero que no impidan los movimientos de la muñeca a que obliguen a hacer una fuerza en posición incómoda.

- Usar herramientas diseñadas de forma tal, que eviten los puntos de pellizco y que reduzca la vibración.
- Durante su uso estarán libres de grasas, aceites y otras sustancias deslizantes

2.6.3) Herramientas de izado en general

Riesgos

- Cortes.
- Quemaduras.
- Golpes.
- Proyección de fragmentos.
- Caída de objetos.
- Contactos con la energía eléctrica.
- Riesgo eléctrico.
- Atrapamientos.
- Vuelco de recipiente que contiene la carga.

Equipos de protección individual

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- En los trabajos con riesgo de proyección de partículas se deberá hacer uso de gafas de seguridad contra impactos mecánicos.
- Cinturón antilumbago.
- Arnés anticaídas para trabajos en altura.

Medidas preventivas

- Las piezas serán de buena construcción, material sólido y de resistencia adecuada.
- No debería tirarse de las cadenas, cables o cuerdas que estén aprisionadas debajo de una carga, ni se harán rodar cargas sobre ellas.
- No se dejarán a la intemperie más que el tiempo necesario de trabajo para evitar su deterioro y pérdida de características mecánicas.
- Debería indicarse en lugar visible la carga máxima útil admisible.
- Las cargas deberían ser levantadas, bajadas y trasladadas lentamente.
- Resulta práctico hacer una señal en la cuerda o cable que indique el punto máximo de descenso de la carga.
- Los tornillos empleados en la fabricación de estos aparatos deberían tener rosca de largo suficiente para permitir apretarlos en caso de necesidad.
- Aquellos que se empleen para fijar los mecanismos estarán provistos de contratuerca eficaz o arandela elástica. Los frenos instalados deberían ser capaces de resistir vez y media la carga máxima a manipular.
- Debería existir un código de señales que fuera conocido por todos los operarios que intervengan en trabajos relacionados con el izado y arrastre de cargas.
- Todos los ganchos estarán provistos de pestillo de seguridad eficaz que se revisará periódicamente.
- Todos los engranajes, ejes y mecanismos en general de los distintos aparatos deberán mantenerse lubricados y limpios.
- Todas las piezas sometidas a desgaste deberían ser observadas periódicamente.

- Los aparatos deben ser conservados en perfecto estado y orden de trabajo.
- Los aparatos deberían ser inspeccionados en su posición de trabajo al menos una vez por semana por el operario u otra persona competente.
- Los cables, cadenas, cuerdas, ganchos, etc., deberían examinarse cada día que se utilicen por el operario o personal designado. Se recomienda una inspección completa cada tres meses con expedición de certificado.
- Los brazos del trabajador se extenderán alternativamente lo más posible cuando tiren del elemento de tracción.
- El elemento de tracción no se enrollará en la mano, sino que se asirá fuertemente.
- Los pies asentarán sobre base sólida, separados o uno adelantado al otro, según el caso.
- La espalda se mantendrá siempre recta.
- Se prohibirá terminantemente situarse bajo la carga suspendida.

2.7) Relativo a los medios auxiliares

2.7.1) Plataforma elevadora autopropulsada

Riesgos

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos en manipulación.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Atrapamiento por vuelco de máquina o vehículos.
- Exposición a las condiciones atmosféricas (derivados del trabajo realizado a la intemperie).
- Contacto eléctrico con líneas eléctricas aéreas.
- Atropellos o golpes con vehículos.

Equipos de Protección Individual

- Casco.
- Calzado de seguridad.
- Cinturón portaherramientas.

Medidas preventivas

- Antes de utilizar la plataforma, asegurarse de que todos los sistemas funcionan perfectamente y que todos los dispositivos de seguridad incorporados operan de modo satisfactorio.
- Se debe tener en cuenta el estado del tiempo antes de trabajar con la plataforma en exteriores. No elevar la pluma si la velocidad del viento excede de 38 Km/h. No utilizar la plataforma cerca de líneas de tendido eléctrico.
- El usuario deberá asegurarse de que el personal operador, entienda perfectamente el manejo de la plataforma.
- Respetar todas las recomendaciones de precaución e instrucciones de los adhesivos colocados en el bastidor portante, en la pluma y en la plataforma.

- Antes de manejar los mandos de desplazamiento de la máquina, comprobar la posición de la torre con respecto al sentido de marcha previsto.
- Colocar la pluma siempre orientada en la dirección de desplazamiento. Una persona debe guiar la maniobra si algún obstáculo impide la visibilidad. Se debe reconocer previamente el terreno por donde se ha de desplazar la plataforma, si es necesario a pie.
- La plataforma no deberá conducirse, ni circular por pendientes de más de 5 grados de inclinación.
- Evitar las arrancadas y paradas bruscas ya que originan un aumento de la carga y puede provocar el vuelco de la máquina o una avería estructural.
- Antes de elevar la pluma de la plataforma, esta deberá encontrarse situada sobre una superficie firme y perfectamente horizontal, con los neumáticos inflados a la presión correcta. Durante el trabajo la plataforma ha de estar correctamente nivelada.
- Comprobar siempre que haya espacio suficiente para el giro de la parte posterior de la superestructura antes de hacer girar la pluma.
- No deberá rebasarse la capacidad nominal máxima de carga. Esta comprende el peso del personal, los accesorios y todos los demás elementos colocados o incorporados a la plataforma. Las cargas deberán distribuirse uniformemente por el piso de la plataforma elevadora.

2.7.2) Escaleras manuales

Riesgos

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos en manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Golpes y cortes por objetos o herramientas.
- Exposición a las condiciones atmosféricas (derivados del trabajo realizado a la intemperie).
- Deslizamientos y vuelcos por apoyos incorrectos y rotura de la escalera 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.).
- Contacto eléctrico.

Equipos de Protección Individual

- Casco.
- Calzado de seguridad.
- Arnés o cinturón de seguridad para trabajos por encima de 3,5 metros de altura.
- Cuerdas de amarre.
- Cinturón portaherramientas.

Medidas preventivas

- Antes de subir a una escalera portátil, verificar que las suelas del calzado no tienen barro, grasa, aceite u otra sustancia que pueda ocasionar resbalones.
- Cuando emplee una escalera para subir a un techo, andamio, plataforma, etc., la parte superior de la escalera ha de sobrepasar por lo menos 1 metro.
- Los trabajos a más de 3,5 metros de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, solo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad o se adoptan otras medidas de protección alternativas.
- Siempre que sea posible se utilizará otros medios de elevación adecuados para personas, sobre todo en trabajos arriesgados en fachadas y cruces aéreos.
- Para transportar una escalera se debe hacer con la parte delantera baja, mirando bien por donde se pisa para evitar tropezar y golpear a otras personas. Para transportar una escalera muy larga, deberá pedirse ayuda a un compañero.
- Nunca subirá a una escalera más de una persona.
- Se prohíbe el transporte y manipulación de cargas por o desde la escalera cuando por su peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador.
- Subir y bajar de una escalera debe hacerse siempre de frente a ella utilizando las dos manos para asirse a los peldaños (no a los largueros).
- No se ocuparán nunca los últimos peldaños, se colocará a una distancia del punto de trabajo que permita mantener el equilibrio, no se estirará el cuerpo para alcanzar puntos alejados, se desplazará la escalera.
- Se prohíbe específicamente, desplazar, mover o hacer saltar la escalera con un operario sobre la misma. Para los desplazamientos será necesario bajarse cuantas veces sea preciso.
- Si han de llevarse herramientas u objetos, deben usarse bolsas o cajas colgadas del cuerpo, de forma que las manos queden libres.
- No se debe subir una carga de más de 30 kg sobre una escalera no reforzada.

3) Prevención del riesgo

3.1) Información

Todo el personal, al inicio de la obra o cuando se incorpore, deberá recibir de su empresa, la información de los riesgos y de las medidas correctoras que hará servir en la realización de sus tareas.

3.2) Formación

Cada empresa ha de acreditar que su personal en la obra ha recibido formación en materia de seguridad y salud. A partir de la elección del personal más cualificado, se escogerá quien actuará como socorrista de la obra.

Para la enseñanza de las Técnicas de Prevención, además de los sistemas de divulgación escrita, como folletos, normas, etc., ocuparán un lugar primordial las charlas específicas de riesgos y actividades concretas.

3.3) Charla 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, estos serán los técnicos de seguridad de cada una de las empresas que participan en la ejecución de la obra.

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.
- Riesgos de soldadura eléctrica y oxiacorte.
- Uso de máquinas, manejo de herramientas.
- Manejo de cargas de forma manual y con medios mecánicos.
- Empleo de andamios, plataformas y escaleras

3.4) Medicina preventiva y primeros auxilios

Se dispondrá de un botiquín con el material necesario. El botiquín se revisará mensualmente y se repondrá inmediatamente el material consumido.

Se deberá informar en un cartel visible en la obra del emplazamiento más cercano de los diversos centros médicos (servicios propios, mutuas patronales, mutualidades laborales, ambulatorios, hospitales, etc.) donde avisar o, si es el caso, llevar al posible accidentado para que reciba un tratamiento rápido y efectivo.

3.4.1) Servicios sanitarios

"Deberán adaptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina." (R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción).

Se dispone de un botiquín de primeros auxilios, conteniendo:

- Desinfectantes, (agua oxigenada, alcohol 96°, betadine).
- Antisépticos autorizados.
- Gasas estériles (linitul).
- Vendas.
- Algodón hidrófilo.
- Esparadrapo.
- Apósitos adhesivos (tiritas).
- Analgésicos.
- Bolsas para agua o hielo.
- Termómetro.
- Tijeras.
- Pinzas.
- Guantes desechables.
- Agua potable

3.4.2) 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, de un medio de comunicación (teléfono) 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.

3.4.3) Medicina asistencial en caso de accidente o enfermedad profesional

El contratista debe acreditar que este servicio queda cubierto por la organización de la Mutua Laboral con la que debe tener contratada póliza de cobertura de incapacidad transitoria, permanente o muerte por accidente o enfermedad profesional.

3.4.4) Reconocimiento Médico

Cada contratista acreditará que su personal en la obra ha pasado un reconocimiento médico, que se repetirá cada año.

3.5) Prevención de riesgos de daños a terceros

La parte en intemperie de los trabajos suponen un riesgo debido a que circulan por ellos personas ajenas a las obras.

Los pozos y zanjas abiertos producen un riesgo de posibles caídas de terceras personas o de vehículos en los mismos.

A fin de evitar los posibles accidentes, se adoptarán las siguientes medidas preventivas:

- Se señalizará, de acuerdo con la normativa vigente, el enlace de la zona de obras con la calle, y se adoptarán las medidas de seguridad que cada caso necesite.
- Se señalizarán los accesos naturales en la obra, y se prohibirá el paso a toda persona ajena, colocando una valla y las indicaciones necesarias.
- En las excavaciones para las cimentaciones y en las zanjas que permanezcan abiertas se instalarán las protecciones adecuadas que no sólo indiquen la existencia del riesgo, sino que además lo prevengan adecuadamente.

Se tendrá en cuenta, principalmente:

- La circulación de la maquinaria cerca de la obra.
- La interferencia de tareas y operaciones.
- La circulación de los vehículos cerca de la obra.

3.6) Plan de Seguridad

En cumplimiento del artículo 7 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre de 1997, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud y adoptará este estudio básico de seguridad y salud en sus medios y métodos de ejecución.

Cada plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de las instalaciones, por el coordinador en materia de seguridad y salud en la ejecución de la obra.

Este plan de seguridad y salud se hará llegar a los interesados, según establece el Real Decreto 1627/1997, con la finalidad que se puedan presentar las sugerencias y las alternativas que les parezcan oportunas.

Cualquier modificación que introduzca el contratista en el plan de seguridad y salud, de resultes de las alteraciones e incidencias que se puedan producir en el transcurso de la ejecución de las instalaciones o bien por variaciones en el proyecto de ejecución que ha servido de base para elaborar este estudio básico de seguridad y salud, requerirá la aprobación del coordinador.

3.7) Libros de Incidencias

En la obra habrá un libro de incidencias, bajo el control del coordinador de seguridad en fase de ejecución, y a disposición de la dirección facultativa, la autoridad laboral o el representante de los trabajadores, los cuales podrán hacer las anotaciones que consideren oportunas con la finalidad de control de cumplimiento.

En caso de una anotación, el coordinador enviará una copia de dicha anotación a la Inspección de Trabajo de la provincia de Cádiz en el plazo de 24 horas.

3.8) Recursos preventivos

Según se indica en el artículo 4 de la Ley 54/2003, la presencia de Recursos Preventivos, cualquiera que sea la modalidad de organización de dichos recursos, será de obligación en las diferentes fases de la obra en los siguientes casos:

- Cuando los riesgos puedan verse agravados o modificados en el desarrollo del proceso o la actividad, por la concurrencia de operaciones diversas que se desarrollan sucesiva o simultáneamente y que hagan preciso el control de la correcta aplicación de los métodos de trabajo.
- Cuando se realicen actividades o procesos que reglamentariamente sean considerados como peligrosos o con riesgos especiales.
- Cuando la necesidad de dicha presencia sea requerida por la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, si las circunstancias del caso así lo exigieran debido a las condiciones de trabajo detectadas.

Se consideran recursos preventivos, a los que el empresario podrá asignar la presencia, los siguientes:

- Uno o varios trabajadores designados de la empresa.
- Uno o varios miembros del servicio de prevención propio de la empresa.
- Uno o varios miembros del o los servicios de prevención ajenos concertados por la empresa. Cuando la presencia sea realizada por diferentes recursos preventivos éstos deberán colaborar entre sí.

Los recursos preventivos a que se refiere el apartado anterior deberán tener la capacidad suficiente, disponer de los medios necesarios y ser suficientes en número para vigilar el cumplimiento de las actividades preventivas, debiendo permanecer en el centro de trabajo durante el tiempo en que se mantenga la situación que determine su presencia.

Además, el empresario podrá asignar la presencia de forma expresa a uno o varios trabajadores de la empresa que, sin formar parte del servicio de prevención propio ni ser trabajadores designados, reúnan los conocimientos, la cualificación y la experiencia necesarios en las actividades o procesos de la obra y cuenten con la formación preventiva correspondiente, como mínimo, a las funciones del nivel básico.

Por otra parte, en el artículo 7 de la Ley 54/2003 se establece la presencia de recursos preventivos en las obras de construcción, en el cual se indica lo siguiente:

La preceptiva presencia de recursos preventivos se aplicará a cada contratista.

La presencia de los recursos preventivos de cada contratista será necesaria cuando, durante la obra, se desarrollen trabajos con riesgos especiales.

La preceptiva presencia de recursos preventivos tendrá como objeto vigilar el cumplimiento de las medidas incluidas en el plan de seguridad y salud en el trabajo y comprobar la eficacia de éstas.

Además, según el Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. BOE núm. 127 del viernes 29 de mayo de 2006. dice que:

La presencia en el centro de trabajo de los recursos preventivos de cada contratista prevista en la disposición adicional decimocuarta de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales se aplicará a las obras de construcción reguladas en este real decreto, con las siguientes especialidades:

- El plan de seguridad y salud determinará la forma de llevar a cabo la presencia de los recursos preventivos.
- Cuando, como resultado de la vigilancia, se observe un deficiente cumplimiento de las actividades preventivas, las personas a las que se asigne la presencia deberán dar las instrucciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas y poner tales circunstancias en conocimiento del empresario para que éste adopte las medidas necesarias para corregir las deficiencias observadas, si éstas no hubieran sido aún subsanadas.
- Cuando, como resultado de la vigilancia, se observe ausencia, insuficiencia o falta de adecuación de las medidas preventivas, las personas a las que se asigne esta función deberán poner tales circunstancias en conocimiento del empresario, que procederá de manera inmediata a la adopción de las medidas necesarias para corregir las deficiencias y a la modificación del plan de seguridad y salud

3.9) 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.

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. Como riesgos más frecuentes de estas instalaciones tenemos:

- Contactos eléctricos directos o indirectos.
- Derivados de caídas de tensión en la instalación por sobrecarga.
- Mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección.
- Caída del personal al mismo y a distinto nivel.

Las principales medidas preventivas a aplicar en instalaciones, elementos y equipos eléctricos serán los siguientes:

3.9.1) Cuadros de Distribución

Serán estancos, permanecerán todas las partes bajo tensión inaccesibles al personal y estarán dotados de las siguientes protecciones:

- Interruptor general.
- Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Diferencial de 300 mA.
- Toma de tierra de resistencia máxima 20Ω .
- Diferencial de 30 mA para las tomas monofásicas que alimentan herramientas o útiles portátiles.
- Tendrán señalizaciones de peligro eléctrico.
- Solamente podrá manipular en ellos el electricista.
- Los conductores aislados utilizados tanto para acometidas como para instalaciones, serán de 1.000 voltios de tensión nominal como mínimo.

3.9.2) Prolongadores, Clavijas, Conexiones y Cables

- 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.
- Herramientas y Útiles Eléctricos Portátiles
- Las lámparas eléctricas portátiles tendrán el mango aislante y un dispositivo protector de la lámpara de suficiente resistencia. En estructuras metálicas y otras zonas de alta conductividad eléctrica se utilizarán transformadores para tensiones de 24 V.
- Todas las herramientas, lámparas y útiles serán de doble aislamiento.
- Todas las herramientas, lámparas y útiles eléctricos portátiles, estarán protegidos por diferenciales de alta sensibilidad (30 mA).

3.10) Medidas de protección contra incendios

Cada contratista dispondrá en obra de extintores de Polvo o Gas en número suficiente para cubrir las necesidades de los riesgos de incendio que generen los trabajos que realiza, así como para la protección de sus instalaciones y oficinas, almacenes, vehículos etc.

Estos extintores deberán ser de fácil acceso y manipulación y deberán estar convenientemente señalizados.

Los locales destinados a descanso de los trabajadores, comedores y vestuarios estarán en perfecto estado de limpieza y en ellos se prohíbe hacer fuego.

3.11) Reuniones de seguridad

Para que la política de mentalización, motivación y responsabilización de los mandos de obra en el campo de la prevención de accidentes sea realmente efectiva, son muy importantes las Reuniones de Seguridad en las que la Dirección de Obra, los Mandos responsables de la ejecución de los trabajos, los trabajadores y el personal de Seguridad analicen conjuntamente aspectos relacionados exclusivamente con la prevención de accidentes.

3.12) Vestuarios y aseos

El local cuenta con aseos. No se precisan vestuarios ni comedores en la zona de trabajo.

4) Equipos de protección individual

4.1) Equipos de Protección Colectiva

- Detectores de ausencia de tensión autoverificable.
- Equipo de puesta a tierra y cortocircuito.
- Barandillas.
- Señalización de vehículos.
- Sistema de comunicación apropiado (teléfono móvil, tren, tierra, etc.).
- Señal indicando la situación de botiquines y extintores.
- Señales o carteles de obligatoriedad del uso de EPI.
- Aviso de puesta en tensión (si procede).
- Embridado de la posición de cambios (si procede).
- Enclavamiento mediante barra o útil de cortocircuito (si procede).
- Organizar y coordinar los trabajos.
- Realizar parte de corte y de reposición tensión.
- Reuniones de seguridad.
- Señales de alto a la tracción eléctrica (si procede).
- Señales de parada manual (si procede).
- Iluminación adecuada

4.2) Equipos de Protección Individual

Los equipos de protección individual serán de empleo obligatorio siempre que exista algún riesgo que pueda afectar al trabajador, para el cual las medidas preventivas colectivas de control, no puedan emplearse o sean insuficientes para el control de los riesgos existentes. La protección individual no dispensará, en ningún caso, de la obligación de emplear medios preventivos de carácter general. Los equipos de protección individual deben permitir, en lo posible, la realización del trabajo sin molestias innecesarias para quien lo ejecute, no debiendo entrañar por sí mismos, peligros adicionales.

En muchas ocasiones, el uso de los equipos individuales de protección, es la única medida eficaz de prevención que permite controlar los riesgos existentes.

En general, deben de tenerse en cuenta las siguientes medidas preventivas:

- Se debe proporcionar a los trabajadores los equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones, siendo una obligación del empresario entregar los equipos a sus trabajadores, a los trabajadores con relaciones de trabajo temporales, de duración determinada o de empresas de trabajo temporal que pudieran prestar servicio en la obra. Se recomienda que la entrega esté documentada y firmada por el trabajador.
- Los equipos de protección individual deben cumplir con la norma UNE de certificación de cada equipo. Las exigencias mínimas relativas a la elección y utilización de los EPI se fijan en la Directiva 89/656/CEE de 30 de noviembre, transpuesta al Derecho interno español por el R.D. 773/1997, de 30 de Mayo (BOE de 12 de junio).
- Es importante que la empresa vele para que los trabajadores utilicen los equipos de protección individual necesarios para los trabajos realizados, siendo una obligación del empresario garantizar el uso efectivo de los mismos. El jefe de obra y los encargados, deberán cumplir y hacer cumplir las normas de utilización.

- Dentro de la obra debe existir un stock suficiente de equipos de protección individual, suministrándose a los trabajadores el correspondiente recambio en caso de caducidad, pérdida o deterioro. El trabajador, por su parte, debe utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de éste.

4.2.1) Protección de la cabeza

- El casco de seguridad debe estar certificado conforme a la norma EN397.
- Protege contra las proyecciones sólidas y líquidas, caídas, contactos eléctricos accidentales, golpes contra objetos y radiaciones producidas por el arco eléctrico. El uso correcto de éste exige ajustar el atalaje al perímetro craneal del usuario y el barboquejo a la barbilla, de forma que no pueda moverse debido a movimientos bruscos.
- Deberá llevar barboquejo si se prevén trabajos en posiciones tales que puedan dar lugar a la caída del mismo.
- Se debe comprobar visualmente su buen estado, en especial del atalaje y barboquejo, y se recomienda se limpie periódicamente con agua jabonosa.
- El casco se debe sustituir:
 - o Después de un impacto violento, aunque no presente deterioro superficial.
 - o Cuando presenten abolladuras o alguna perforación.
 - o 10 años después de la fecha de fabricación, aunque no se haya usado.

4.2.2) Protección auditiva

Se recomienda para aquellos trabajos en los que el nivel de ruido ambiental sea superior a 80 dbA, y, es obligatorio su uso en trabajos con niveles de ruido superiores a los 90 dbA, tales como aquéllos que impliquen la utilización de dispositivos de aire comprimido y trabajos de percusión en general.

Las protecciones auditivas habituales pueden ser tipo auricular o tapón, y estarán certificadas conforme EN352-1 ó 352-2, respectivamente. Siempre serán de uso individual.

El mantenimiento de los auriculares exige un lavado periódico con agua y jabón neutro, debiendo ser sustituidos cuando las almohadillas estén deterioradas.

4.2.3) Protección ocular y facial

Deberán utilizarse gafas de protección o pantallas faciales en trabajos de soldadura, corte, etc. Las protecciones de ojos y cara deben estar certificadas conforme a la norma EN166.

En todos aquellos trabajos que presenten riesgos de proyección de partículas sólidas, líquidas frías o incandescentes (trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas,...), se utilizarán gafas de montura tipo universal para protección contra impactos. Aquellos usuarios que lleven gafas graduadas pueden utilizar gafas panorámicas.

Para trabajos de soldadura eléctrica se utilizarán pantallas de soldador con oculares filtrantes, fabricadas de material térmicamente aislante e ignífugo. Debe ofrecer una protección total de la cabeza del soldador, respecto de las radiaciones procedentes del arco eléctrico. Las pantallas con casco incorporado permiten trabajos de soldadura simultáneos a otros trabajos a distinto nivel o con riesgo específico de golpes en la cabeza, ofreciendo, al mismo tiempo, la libertad de ambas manos.

Además no precisan del uso simultáneo de gafas de seguridad.

4.2.4) Protección respiratoria

Los riesgos a prevenir del aparato respiratorio son los originados por: polvos, humos y nieblas; vapores metálicos u orgánicos; gases tóxicos industriales; y óxido de carbono.

En general, en obras de construcción el problema principal suele ser el polvo, para el cual se pueden utilizar respiradores de partículas tipo FFP1S ó FFP2S, conforme EN149, aunque para polvo grueso, en determinados casos, puede ser necesario el uso de mascarillas con filtros específicos. Estos se utilizarán únicamente si la cantidad de oxígeno es superior al 18% en volumen. En caso contrario deberán utilizarse equipos de respiración autónomos.

4.2.5) Protección de las extremidades inferiores

Puesto que en las obras de construcción existe riesgo evidente de accidentes mecánicos en los pies, deberá ser obligatorio el uso de botas o zapatos de seguridad con refuerzo metálico en la puntera. Es recomendable, también, el uso de plantillas de acero flexibles incorporadas a la misma suela o simplemente colocadas en el interior, para proteger frente a la posibilidad de perforación de las suelas por clavos, cristales, etc.

El calzado de seguridad debe estar certificado conforme a la norma EN345.

Los trabajadores ocupados en trabajos con riesgo eléctrico, utilizarán calzado aislante sin ningún elemento metálico. En general, el calzado se debe sustituir cuando el deterioro merme el grado de protección que exige su utilización.

4.2.6) Protección de las extremidades superiores

Para la protección mecánica de las manos durante la manipulación de materiales se utilizarán guantes de cuero, certificados conforme EN388.

Los soldadores deberán disponer de mandil, manguitos, polainas y guantes de cuero curtido al cromo para protegerlo de las partículas incandescentes desprendidas durante la soldadura.

Los instaladores eléctricos dispondrán de guantes de caucho sintético u otro material de similares características aislantes y mecánicas. Para la manipulación de productos agresivos como ácidos, bases, detergentes, amoníaco, etc., se utilizarán guantes impermeables al correspondiente agresivo.

En general, se sustituirán siempre que se observe algún defecto de perforación o de disminución de espesor en cualquiera de las zonas.

4.2.7) Sistemas de sujeción

Los sistemas de sujeción están destinados a sostener al trabajador en altura e impedirle la caída libre. No deben utilizarse con la intención de parar las caídas.

Sólo conviene utilizarlos cuando se haya previsto la utilización de medios de anclaje y si el trabajo puede realizarse con toda seguridad.

Los cinturones de sujeción, conforme EN358, se componen de:

- Cinturón de sujeción: La anchura de la banda que pasa alrededor de la cintura debe ser de 43 mm., como mínimo. Su diseño puede ser ergonómico y puede estar equipado con tirantes y con bandas subglúteas ajustables.
- Elementos de amarre de sujeción: Pueden ser cuerdas, bandas o cadenas.
- Deben estar equipados con un sistema de ajuste de longitud y, en circunstancias normales, deben tener una longitud máxima de 2 m.
- Conectores: Conforme EN362. Empleados para reducir la probabilidad de una apertura involuntaria y, como garantía de seguridad, los ganchos y los mosquetones del extremo libre del elemento de amarre de sujeción, debe ser de cierre automático y de bloqueo automático. Sólo deben poder abrirse procediendo como mínimo a dos operaciones consecutivas efectuadas deliberadamente. Se utilizan en los sistemas de sujeción y en los sistemas anticaídas.

4.2.8) Sistemas anticaídas

En aquellas zonas donde el riesgo de caída a distinto nivel no quede cubierto de manera eficaz mediante protecciones como barandillas o redes de seguridad, o el montaje de éstas sea inviable a causa de las características constructivas del entorno donde se realizan los trabajos o a causa de las características inherentes a éstos, deberán disponerse sistemas anticaídas, conforme EN363.

La finalidad de estos sistemas de protección anticaídas es sostener, o sostener y frenar el cuerpo del trabajador durante la realización de actividades con riesgo de caída, evitando las consecuencias derivadas de la misma.

Los sistemas anticaídas constan de un arnés anticaídas (conforme EN361), un subsistema o un componente de conexión destinado a parar una caída de altura en condiciones de seguridad y, si no está incorporado, un elemento de amarre (conforme EN354).

Los componentes son:

- **Arnés anticaídas:** Dispositivo de prensión del cuerpo destinado a parar las caídas, es decir, componente de un sistema anticaídas. Debe sujetar al trabajador durante una caída y después de la parada de ésta. Un arnés anticaídas puede ser equipado adicionalmente con elementos que permitan utilizarlo con un sistema de sujeción. Son los denominados arneses mixtos (sujeción y caídas).
- **Dispositivo anticaídas:** Sistema que se bloquea automáticamente sobre la línea de anclaje cuando se produce una caída.
- **Elementos de amarre:** Conforme EN354. Pueden ser cuerdas de fibras sintéticas, bandas o cintas, cables metálicos o cadenas. Pueden ser ajustables en longitud y pueden incorporar absorbedor de energía, conforme EN355. La longitud de un elemento de amarre fijo o ajustable que incluya un absorbedor de energía, dado el caso, y los terminales manufacturados, por ejemplo, conectores o gazas, no debe exceder de 2 m.
- **Punto de anclaje:** Conforme EN795. Punto donde el dispositivo anticaídas puede montarse o desmontarse. Pueden ser:
 - o Clase A1: destinados a ser fijados sobre superficies verticales, horizontales e inclinadas.
 - o Clase A2: destinados a ser fijados sobre superficies inclinadas.
 - o Clase B: provisionales y transportables (por ejemplo: trípodes, eslingas de cinta o acero).
 - o Clase C: equipados de un soporte de seguridad flexible horizontal.
 - o Clase D: equipados de un soporte de seguridad rígido horizontal (por ejemplo: raíl).
 - o Clase E: sin sistema de fijación.

Ejemplos de sistemas anticaídas son:

- Sistemas anticaídas con dispositivo anticaídas retráctil. Se especifican en la Norma EN360.
- Sistemas anticaídas con dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje rígida. Norma EN353-1.
- Sistemas anticaídas con dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible. Norma EN353-2.
- Sistemas anticaídas con absorbedor de energía. Los absorbedores de energía se especifican en la Norma EN355.

PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5.80 MW_p San Roque-Parque tecnológico



TOMO IV: Pliego de Condiciones Técnicas

Alumno: Alberto Carlos Fernández Espinar

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad en Electrónica Industrial

Tutor: Carlos Andrés García Vázquez

Convocatoria: Febrero 2012

INDICE

Contenido

1) Importancia del Pliego	5
1.1) Objeto y Campo de Aplicación.....	5
1.2) Normativa.....	5
2) Definiciones.....	7
2.1) Radiación solar.....	7
2.2) Instalación	7
2.3) Módulos.....	8
3) Normas generales.....	9
3.1) Condiciones de los materiales	9
3.1.1) Características de los materiales.....	9
3.1.2) Reconocimiento de los materiales	9
3.2) Ejecución de la obras	9
3.2.2) Perfección de la ejecución	9
3.2.3) Muestras	9
3.3) Condiciones generales	10
3.3.1) Condiciones generales que regirán en la obra.....	10
3.3.2) Cálculo del porcentaje de baja.....	10
3.3.3) Responsabilidad en la ejecución de trabajos	10
3.3.4) Errores en los replanteos.....	10
3.3.5) Accidentes.....	10
3.3.6) Andamios, cimbras y medios auxiliares	10
3.3.7) Cumplimiento de las disposiciones oficiales.....	10
3.3.8) Desperfectos en fincas colindantes	11
3.3.9) Entrega de la obra.....	11
4) Componentes y materiales	12
4.1) Condiciones generales	12
4.2) Sistemas generadores fotovoltaicos.....	12
4.3) Estructura soporte.....	14
4.4) Inversores.....	15
4.5) Cableado	16

4.6)	Protecciones	16
5)	Centro de Transformación	17
5.1)	Calidad de los Materiales	17
5.1.1)	Obra Civil.....	17
5.1.2)	Aparamenta de Alta Tensión.....	18
5.1.3)	Transformadores.....	21
5.1.4)	Equipos de Medida.....	22
5.2)	Normas de ejecución de las instalaciones.	23
5.3)	Pruebas reglamentarias	23
5.4)	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	23
5.5)	Certificados y documentación.....	25
5.6)	Libro de órdenes.....	25
6)	Línea de Alta Tensión, ejecución del trabajo	26
6.1)	Apertura de hoyos.....	26
6.2)	Transportes y acopio a pie de hoyo.....	26
6.3)	Cimentaciones.....	26
6.4)	Armado de apoyos metálicos	27
6.5)	Protección de las superficies metálicas.....	27
6.6)	Izado de apoyos	27
6.7)	Tendido, tensado y recemencionado.....	28
6.8)	Reposición del terreno	28
6.9)	Numeración de apoyos. Avisos de peligro eléctrico	28
6.10)	Puesta a tierra	29
6.11)	Reconocimiento y admisión de materiales.....	29
6.12)	Recepción de la obra	29
7)	Línea de Baja Tensión, ejecución del trabajo	30
7.1)	Conductores	30
7.2)	Caja General de Protección	30
7.3)	Derivaciones.....	30
7.4)	Módulos para contadores.....	30
7.5)	Secuencia de montaje.....	31
8)	Mantenimiento de la instalación fotovoltaica.....	32
8.1)	Mantenimiento a cargo del usuario	32

8.1.1) Operación de mantenimiento A01	33
8.1.2) Operación de mantenimiento A02.....	34
8.1.3) Operación de mantenimiento A03.....	34
8.1.4) Operación de mantenimiento A04.....	35
8.1.5) Operación de mantenimiento A05.....	35
8.1.6) Operación de mantenimiento A06.....	36
8.1.7) Operación de mantenimiento C01	36
8.2) Mantenimiento a cargo del servicio técnico	36
9) Recepción y pruebas	40
10) Medida de la potencia instalada en una central FV conectada a red.....	42
10.1) Introducción	42
10.2) Procedimiento de medida	42

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

1) Importancia del Pliego

1.1) Objeto y Campo de Aplicación

El objetivo del presente documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red, quedando excluidas las instalaciones aisladas, así como valorar la calidad final en cuanto a su rendimiento, producción e integración.

El campo de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas (en lo que sigue, **PTC**) se extiende a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de la instalación.

En determinados supuestos, para la realización del proyecto se podrá adoptar, por la propia naturaleza de los mismos o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las propuestas en este PCT, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad que se especificarán en el mismo.

No obstante, en ningún caso se podrá alegar diferencias entre lo establecido en este PTC y los usos y costumbres de la localidad o los antecedentes de obras similares, bien se trate de la ejecución, de forma de hacer las mediciones o de cualquier otro punto considerado en este PCT.

1.2) Normativa

En cualquier caso se deberá aplicar todas las normativas que afecten a las instalaciones solares fotovoltaicas, y en particular las siguientes:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión del 18/09/2002 e instrucciones técnicas complementarias.
- Reglamento de líneas aéreas de Alta Tensión aprobado por el Real Decreto 233/2008, del 15 de febrero.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, aprobado por el Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, B.O.E. nº 288 de 1 de Diciembre de 1982, e Instrucciones Técnicas complementarias.
- Reglamento de verificaciones eléctricas.
- Normas UNE.
- Recomendaciones UNESA.

- Normas particulares de la compañía suministradora para instalaciones de enlace en el suministro de energía eléctrica en Baja Tensión.
- Pliego de condiciones técnicas del IDAE (Ministerio de Ciencia y Tecnología) de instalaciones eléctricas conectadas a la Red.
- Real decreto 661/2007, del 25 de Mayo del 2007 por el que se regula la actividad de producción de energía en régimen especial.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre del 2000, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1663/2000, del 29 de Septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1578/2008, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 29 de Septiembre de 2008.

2) Definiciones

A continuación se exponen una serie de definiciones imprescindibles a la hora de llevar a cabo una instalación solar fotovoltaica conectada a red, clasificadas según su campo de aplicación.

2.1) Radiación solar

- **Radiación solar:** Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.
- **Irradiancia:** Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m^2 .
- **Irradiación:** Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kW/m^2 , o bien en MJ/m^2 .

2.2) Instalación

- **Instalaciones fotovoltaicas:** Aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.
- **Instalaciones fotovoltaicas interconectadas:** Aquellas que disponen de conexión física con las redes de transporte o distribución de energía eléctrica del sistema, ya sea directamente o a través de la red de un consumidor.
- **Línea y punto de conexión y medida:** La línea de conexión es la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de red de la empresa distribuidora o con la acometida del usuario, denominado punto de conexión y medida.
- **Interruptor automático de la interconexión:** Dispositivo de corte automático sobre el cual actúan las protecciones de interconexión.
- **Interruptor general:** Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.
- **Generador fotovoltaico:** Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.
- **Rama fotovoltaica:** Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.
- **Inversor:** Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna. También se denomina ondulator.
- **Potencia nominal del generador:** Suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.
- **Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal:** Suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

2.3) Módulos

- **Célula solar o fotovoltaica:** Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.
- **Célula de tecnología equivalente (CTE):** Célula solar encapsulada de forma independiente, cuya tecnología de fabricación u encapsulado es idéntica a la de los módulos fotovoltaicos que forman la instalación.
- **Módulo o panel fotovoltaico:** Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.
- **Condiciones Estándar de Medida (CEM):** Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas para caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas como sigue:
 - Irradiancia solar: 1000 W/m^2
 - Distribución espectral: AM 1.5 G.
 - Temperatura de Célula: $25 \text{ }^\circ\text{C}$
- **Potencia pico:** potencia máxima del panel fotovoltaico en CEM.
- **TONC:** temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m^2 con distribución espectral AM 1.5 G, la temperatura ambiente es de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ y la velocidad del viento, de 1 m/s .

3) Normas generales

3.1) Condiciones de los materiales

3.1.1) Características de los materiales

Los materiales a emplear en cada unidad de obra tendrán las características y tolerancias de los materiales cumplirán los mínimos expresados en las normas UNE respectivas. En relación con los incluidos en la misma, se conseguirá el criterio de la Dirección Facultativa.

Las instalaciones eléctricas se realizarán de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Compete exclusivamente a la dirección facultativa, el apreciar si reúne efectivamente estas condiciones, para lo que se establece el reconocimiento previo a que se refiere el artículo siguiente.

3.1.2) Reconocimiento de los materiales

Antes del empleo en obra, todos los materiales serán reconocidos por el director o personal delegado, para el reconocimiento, podrá exigir cuantas pruebas y ensayos crea necesarios, los gastos ocasionados con este motivo, serán por cuenta en todo caso del contratista. El contratista está obligado a retirar inmediatamente de la obra, los materiales rechazados por la dirección, como consecuencia del reconocimiento, sin derecho a ninguna indemnización.

3.2) Ejecución de la obras

3.2.2) Perfección de la ejecución

En la ejecución de todas las unidades de la obra, se seguirán las normas de la buena construcción, tanto a lo que se refiere a la disposición de los elementos, orden de operaciones, etc., compete exclusivamente a la dirección, el apreciar si se cumplen efectivamente estas condiciones, y por tanto puede tomar en todo momento las disposiciones necesarias para que se cumplan, teniendo en cuenta que se exigirá un acabado extremo en todas las unidades de la obra, sin permitir errores de ningún tipo expresados en las normas UNE respectivas. En relación con los incluidos en las mismas, se conseguirá el criterio de la Dirección Facultativa.

Las instalaciones eléctricas se realizarán de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Compete exclusivamente a la Dirección Facultativa, el apreciar si reúne efectivamente estas condiciones, para lo que se establece el reconocimiento previo a que se refiere el artículo siguiente.

3.2.3) Muestras

Antes de ejecutar, cualquier unidad de la obra en cantidad, el contratista ha de presentar una unidad o las que considere necesarias a la dirección, completamente terminada. El contratista no tendrá derecho alguno a abono por la ejecución de estas muestras, si no son aprobadas por la dirección, ni por la demolición necesaria para la nueva ejecución de acuerdo con las normas que dicte el Director Técnico a la vista de la muestra.

3.3) Condiciones generales

3.3.1) Condiciones generales que regirán en la obra

Serán la de los Pliegos citados en la memoria descriptiva, en lo referente a las disposiciones generales de la obra, en tanto que no contradigan al presente Pliego.

3.3.2) Cálculo del porcentaje de baja

El porcentaje de baja, en caso de que la hubiera, se determinará deduciendo del presupuesto de contrato los honorarios del Técnico Director, que son invariables.

3.3.3) Responsabilidad en la ejecución de trabajos

Hasta la recepción definitiva, el Contratista es exclusivamente responsable de la ejecución de la obra que ha contratado, y de las faltas que en ella puedan existir, no sirve de disculpa y no le da derecho alguno la circunstancia de que la dirección haya examinado o reconocido, durante la construcción, dichas obras o los materiales empleados, ni aún el hecho de haber sido valorados en certificaciones oficiales.

3.3.4) Errores en los replanteos

El contratista no podrá alegar en ningún momento, que los errores que puedan existir en la obra, son debido a la actuación de su replanteo de personal dependiente de la dirección, puesto que todos los replanteos han debido ser realizados, o al menos comprobados, por su personal técnico.

3.3.5) Accidentes

En caso de producirse alguna avería, accidente o hundimiento, el contratista no podrá alegar, falta de vigilancia del director o personal delegado por este, pues la misión del técnico es la emisión de directrices para la ejecución de las obras, sin que tenga responsabilidad alguna por la falta de cumplimiento de las mismas, ni aún en caso de que dicha falta sea aparente, correspondiendo en todo caso la responsabilidad al contratista.

3.3.6) Andamios, cimbras y medios auxiliares

Será de cuenta y riesgo del contratista, los andamios, encofrados y demás medios auxiliares de la construcción, no teniendo por tanto responsabilidad alguna el director de obra, por cualquier accidente, avería, etc., que pueda ocurrir en la obra, por insuficiencia o defecto en la disposición de dichos medios auxiliares.

3.3.7) Cumplimiento de las disposiciones oficiales

El contratista será responsable del cumplimiento de todas las disposiciones oficiales, bien sean estatales, provinciales o municipales, relacionadas con la ejecución de las obras, sean laborales, de policía, ordenanzas o de cualquier otra índole.

3.3.8) Desperfectos en fincas colindantes

Si el contratista causara algún desperfecto en las fincas colindantes, ha de repararlo, dejándolo en el mismo estado en que lo encontró al dar comienzo las obras.

3.3.9) Entrega de la obra

El contratista entregará las obras con todas sus partes completamente terminadas, sin defecto alguno de limpieza, tanto en los edificios como en las calles y las instalaciones funcionando perfectamente.

4) Componentes y materiales

4.1) Condiciones generales

Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento de clase 2 y un grado de protección mínimo de IP65. La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución. Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes. Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano y además, si procede, en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

4.2) Sistemas generadores fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, en función de la tecnología del módulo, éste deberá satisfacer las siguientes normas:

- **UNE-EN 61215:** Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para unos terrestre. Cualificación del diseño y homologación.
- **UNE-EN 61646:** Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres. Cualificación del diseño y aprobación de tipo.
- **UNE-EN 62108:** Módulos y sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV). Cualificación del diseño y homologación.

Los módulos que se encuentren integrados en la edificación, aparte de que deben cumplir la normativa indicada anteriormente, además deberán cumplir con lo previsto en la Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

Aquellos módulos que no puedan ser ensayados según estas normas citadas, deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en las mismas por otros medios, y con carácter previo a su inscripción definitiva en el registro de régimen especial dependiente del órgano competente.

Será necesario justificar la imposibilidad de ser ensayados, así como la acreditación del cumplimiento de dichos requisitos, lo que deberá ser comunicado por escrito a la Dirección General de Política Energética y Minas, quien resolverá sobre la conformidad o no de la justificación y acreditación presentadas.

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación. Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación:

- Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.
- Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.
- Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 3 \%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.
- Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.

Será deseable una alta eficiencia de las células.

La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.

4.3) Estructura soporte

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos y se incluirán todos los accesorios que se precisen.

La estructura de soporte y el sistema de fijación de módulos permitirán las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las normas del fabricante.

La estructura soporte de los módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la misma

La tornillería empleada deberá ser de acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando los de sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos, y la propia estructura, no arrojarán sombra sobre los módulos.

En el caso de utilizarse seguidores solares, estos incorporarán el marcado CE y cumplirán lo previsto en la Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, y su normativa de desarrollo, así como la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas.

4.4) Inversores

Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.

La caracterización de los inversores deberá hacerse según las normas siguientes:

- **UNE-EN 62093:** Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- **UNE-EN 61683:** Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- **IEC 62116:** Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Adicionalmente, han de cumplir con la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA.

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superior a las CEM. Además soportará picos de un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
- El rendimiento de potencia del inversor (cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada), para una potencia de salida en corriente alterna igual al 50 % y al 100% de la potencia nominal, será como mínimo del 92% y del 94% respectivamente. El cálculo del rendimiento se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 6168: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- El autoconsumo de los equipos (pérdidas en “vacío”) en “stand-by” o modo nocturno deberá ser inferior al 2 % de su potencia nominal de salida.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25% y el 100 % de la potencia nominal.
- A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente, asimismo, estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa.

Los inversores para instalaciones fotovoltaicas estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 3 años.

4.5) Cableado

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 % y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 2 %, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas. Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

4.6) Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión. En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 Hz y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

5) Centro de Transformación

5.1) Calidad de los Materiales

5.1.1) Obra Civil.

El edificio destinado a alojar en su interior las instalaciones será una construcción prefabricada de hormigón modelo EHM36-5T2D.

Se realizará el transporte, la carga y descarga de los elementos constitutivos del Edificio Prefabricado, sin que estos sufran ningún daño en su estructura. Para ello deberán usarse los medios de fijación previstos por el Fabricante para su traslado y ubicación, así como las recomendaciones para su montaje.

Sus elementos constructivos son los descritos en el apartado correspondiente de la Memoria del presente proyecto.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

La base del edificio será de hormigón armado con un mallazo equipotencial.

Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial, estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio, excepto las piezas que, insertadas en el hormigón, estén destinadas a la manipulación de las paredes y de la cubierta, siempre que estén situadas en las partes superiores de éstas.

Cada pieza de las que constituyen el edificio deberán disponer de dos puntos metálicos, lo más separados entre sí, y fácilmente accesibles, para poder comprobar la continuidad eléctrica de la armadura. Todas las piezas contiguas estarán unidas eléctricamente entre sí. La continuidad eléctrica podrá conseguirse mediante los elementos mecánicos del ensamblaje.

Todos los elementos metálicos del edificio que están expuestos al aire serán resistentes a la corrosión por su propia naturaleza, o llevarán el tratamiento protector adecuado que en el caso de ser galvanizado en caliente cumplirá con lo especificado en la RU.-6618-A.

5.1.2) Apararmenta de Alta Tensión.

- **CELDAS CAS.**

La apararmenta de A.T. estará constituida por conjuntos compactos serie CAS de Merlin Gerin, equipados con dicha apararmenta, bajo envolvente única metálica, para una tensión admisible de 36 kV, acorde a las siguientes normativas:

- UNE 20-139.
- UNE-EN 60298, 60129, 60265-1.
- CEI 60298, 60129, 60265, 60694.
- UNESA Recomendación 6407B.

- Características constructivas.

Los conjuntos compactos deberán tener una envolvente única con dieléctrico de hexafluoruro de azufre. Toda la apararmenta estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre con una sobrepresión de 0'3 bar sobre la presión atmosférica, sellada de por vida y acorde a la norma CEI 62271-1 (anexo EE).

En la parte inferior se dispondrá de una clapeta de seguridad que asegure la evacuación de las eventuales sobrepresiones que se puedan producir, sin daño ni para el operario ni para las instalaciones.

La seguridad de explotación será completada por los dispositivos de enclavamiento por candado existentes en cada uno de los ejes de accionamiento.

- Características eléctricas.

- Tensión nominal **36 kV.**
- Nivel de aislamiento:
 - a) a la frecuencia industrial de **50 Hz** **70 kV** ef.1mn.
 - b) a impulsos tipo rayo **170 kV** cresta.
- Intensidad nominal funciones línea **400 A.**
- Intensidad nominal otras funciones **200 A.**
- Intensidad de corta duración admisible **16 kA** ef. 1s.

- Interruptores.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato de tres posiciones (abierto, cerrado y puesto a tierra), a fin de asegurar la imposibilidad de cierre simultáneo del interruptor y el seccionador de puesta a tierra.

El interruptor deberá ser capaz de soportar al 100% de su intensidad nominal más de 100 maniobras de cierre y apertura, correspondiendo a la categoría B según la norma CEI 60265.

En servicio, se deberán cumplir las exigencias siguientes:

- Poder de cierre nominal sobre cortocircuito: **40 kA** cresta.
- Poder de corte en caso de falta a tierra (A): **50 A**.
- Poder de corte nominal de cables en vacío: **25 A**.

- Cortacircuitos fusibles.

En la protección ruptorfusibles se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos de esta memoria. Los fusibles cumplirán la norma DIN 43-625 y la R.U. 6.407-B y se instarán en tres compartimentos individuales, estancos cuyo acceso estará enclavado con el seccionador de puesta a tierra, el cual pondrá a tierra ambos extremos de los fusibles.

- **CELDAS SM6.**

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Merlin Gerin, compuesta por celdas modulares equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción.

Serán celdas de interior y su grado de protección según la Norma 20-324-94 será IP 307 en cuanto a la envolvente externa.

Los cables se conexionarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra) asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo de interruptor y seccionador de puesta a tierra.

El interruptor será en realidad interruptor-seccionador. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

- Características constructivas.

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de apartamento bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 60298.

Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos,

- a) Compartimento de aparellaje.
- b) Compartimento del juego de barras.
- c) Compartimento de conexión de cables.
- d) Compartimento de mandos.
- e) Compartimento de control.

Que se describen a continuación:

a) Compartimento de aparellaje.

Estará relleno de SF₆ y sellado de por vida según se define en el anexo GG de la recomendación CEI 298-90. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años).

La presión relativa de llenado será de 0,4 bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento aparellaje estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases serían canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección en la parte frontal.

Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

El seccionador de puesta a tierra dentro del SF₆, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 kA.

El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

b) Compartimento del juego de barras.

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre conexas mediante tornillos de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2,8 mdaN.

c) Compartimento de conexión de cables.

Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado.

Las extremidades de los cables serán:

- Simplificadas para cables secos.
- Termorretráctiles para cables de papel impregnado.

d) Compartimento de mando.

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones.
- Bobinas de cierre y/o apertura.
- Contactos auxiliares.

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el centro.

e) Compartimento de control.

En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

- Características eléctricas.

- Tensión nominal **36 kV.**
- Nivel de aislamiento:
 - a) a la frecuencia industrial de **50 Hz 70 kV** ef.1mn.
 - b) a impulsos tipo rayo **170 kV** cresta.
- Intensidad nominal funciones línea **400-630 A.**
- Intensidad nominal otras funciones **200/400 A.**
- Intensidad de corta duración admisible **16 kA** ef. 1s.

- Interruptores-seccionadores.

En condiciones de servicio, además de las características eléctricas expuestas anteriormente, responderán a las exigencias siguientes:

- Poder de cierre nominal sobre cortocircuito: **40 kA** cresta.
- Poder de corte nominal de transformador en vacío: **16 A.**
- Poder de corte nominal de cables en vacío: **50 A.**
- Poder de corte (sea por interruptor-fusibles o por interruptor automático): **16 kA** ef.

- Cortacircuitos-fusibles.

En el caso de utilizar protección ruptorfusibles, se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos de esta memoria. Sus dimensiones se corresponderán con las normas DIN-43.625.

- Puesta a tierra.

La conexión del circuito de puesta a tierra se realizará mediante pletinas de cobre de 25 x 5 mm conectadas en la parte posterior superior de las cabinas formando un colector único.

5.1.3) Transformadores.

Los transformadores a instalar serán trifásicos, con neutro accesible en B.T., refrigeración natural, en baño de aceite, con regulación de tensión primaria mediante conmutador accionable estando el transformador desconectado, servicio continuo y demás características detalladas en la memoria.

5.1.4) Equipos de Medida.

El equipo de medida estará compuesto de los transformadores de medida ubicados en la celda de medida de A.T. y el equipo de contadores de energía activa y reactiva ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

Las características eléctricas de los diferentes elementos están especificada en la memoria.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de A.T. guardado las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en la celda. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

- **CONTADORES.**

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente. Sus características eléctricas están especificadas en la memoria.

- **CABLEADO.**

Los cables de los circuitos secundarios de medida estarán constituidos por conductores unipolares, de cobre de 1 kV de tensión nominal con aislamiento del tipo H07V-R, según norma UNE 21031/3, no propagador de la llama, de polietileno reticulado o etileno-propileno, de 4 mm² de sección para el circuito de intensidad y para el neutro y de 2,5 mm² para el circuito de tensión.

Estos cables irán instalados bajo tubos de acero (uno por circuito) de 36 mm. de diámetro interior, cuyo recorrido será visible o registrable y lo más corto posible.

La tierra de los secundarios de los transformadores de tensión y de intensidad se llevarán directamente de cada transformador al punto de unión con la tierra para medida y de aquí se llevará, en un solo hilo, a la regleta de verificación.

La tierra de medida estará unida a la tierra del neutro de Baja Tensión constituyendo la Tierra de Servicio, que será independiente de la Tierra de Protección.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrá en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la Compañía Suministradora.

5.2) Normas de ejecución de las instalaciones.

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de Endesa Distribución (Compañía Sevillana de Electricidad - C.S.E.).

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

5.3) Pruebas reglamentarias

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

5.4) Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.

- **PREVENCIONES GENERALES.**

- 1) Queda terminantemente prohibida la entrada en el local de esta estación a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.
- 2) Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".
- 3) En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.
- 4) No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.
- 5) No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.
- 6) Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.

7) En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

- **PUESTA EN SERVICIO.**

8) Se conectará primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.

9) Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

- **SEPARACIÓN DE SERVICIO.**

10) Se procederá en orden inverso al determinado en apartado 8, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.

11) Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.

12) Si una vez puesto el centro fuera de servicio se desea realizar un mantenimiento de limpieza en el interior de la apartamenta y transformadores no bastará con haber realizado el seccionamiento que proporciona la puesta fuera de servicio del centro, sino que se procederá además a la puesta a tierra de todos aquellos elementos susceptibles de ponerlos a tierra. Se garantiza de esta forma que en estas condiciones todos los elementos accesibles estén, además de seccionados, puestos a tierra. No quedarán afectadas las celdas de entrada del centro cuyo mantenimiento es responsabilidad exclusiva de la compañía suministradora de energía eléctrica.

13) La limpieza se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y muy atentos a que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

- **PREVENCIÓNES ESPECIALES.**

14) No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

15) Para transformadores con líquido refrigerante (aceite o silicona) no podrá sobrepasarse un incremento relativo de 60K sobre la temperatura ambiente en dicho líquido. La máxima temperatura ambiente en funcionamiento normal está fijada, según norma CEI 76, en 40°C, por lo que la temperatura del refrigerante en este caso no podrá superar la temperatura absoluta de 100°C.

16) Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

5.5) Certificados y documentación.

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.

5.6) Libro de órdenes.

Se dispondrá en este centro del correspondiente libro de órdenes en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación.

6) Línea de Alta Tensión, ejecución del trabajo

6.1) Apertura de hoyos

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el proyecto o en su defecto a las indicadas por el director de la obra. Las paredes de los hoyos serán verticales. Cuando sea necesario variar el volumen de la excavación, se hará de acuerdo con el director de obra.

El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abierto las excavaciones, con objeto de evitar accidentes. Las excavaciones se realizarán con útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo por cuenta del contratista la obtención de los permisos de utilización de explosivos. En terrenos con agua deberá procederse a su desecado, procurando hormigonar después lo más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimientos en las paredes del hoyo, aumentando así las dimensiones del mismo.

Cuando se empleen explosivos, el contratista deberá tomar las precauciones adecuadas para que se puedan provocar accidentes o desperfectos, cuya responsabilidad correrá a cargo del contratista.

6.2) Transportes y acopio a pie de hoyo

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados.

Los apoyos de hormigón se transportarán en góndola por carretera hasta el almacén de obra y desde este punto con carros especiales o elementos apropiados hasta el pie del hoyo. Se tendrá especial cuidado con los apoyos metálicos, ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los angulares que lo componen, dificultando su armado.

El contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al director de obra de las anomalías que se produzcan.

Cuando se transporten apoyos despiezados es conveniente que sus elementos vayan numerados, en especial las diagonales. Por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizarán como palanca o arriostamiento.

6.3) Cimentaciones

La cimentación de los apoyos se realizará de acuerdo con el proyecto. Se empleará un hormigón cuya dosificación sea de 200 Kg/m³.

El amasado de hormigón se hará con hormigón o, si no sobre chapas metálicas, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible.

Tanto el cemento como los áridos serán medidas con elementos apropiados.

Para los apoyos metálicos, los macizos sobrepasarán el nivel del suelo en 10 cm como mínimo en terrenos normales y 20 cm en terrenos de cultivo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, a base de mortero rico en cemento, con una pendiente de 10% como mínimo como vierte-aguas.

Se tendrá la precaución de dejar un conducto para poder colocar el cable de tierra de los apoyos. Este conducto deberá salir a unos 30 cm bajo el nivel del suelo y en la parte superior de la cimentación, junto a un angular o montante.

6.4) Armado de apoyos metálicos

El armado de estos apoyos se realizará teniendo presente las concordancia de diagonales y presillas.

Cada uno de los elementos metálicos del apoyo será ensamblado y fijado por medio de tornillos.

Si en el curso del montaje aparecen dificultades de ensambladura o defectos sobre algunas piezas que necesitan su sustitución o su modificación, el contratista lo notificará al director de la obra.

No se empleará ningún elemento metálico doblado, torcido etc. Solo podrán enderezarse previo consentimiento del director de la obra.

Después de su izado y antes del tendido de los conductores, se aprietan los tornillos dando a las tuercas la presión correcta. El tornillo deberá sobresalir de la tuerca por lo menos tres pasos de rosca, los cuales se granetearán para evitar que puedan aflojarse.

6.5) Protección de las superficies metálicas

Todos los elementos metálicos de acero deberán estar galvanizados por inmersión.

6.6) Izado de apoyos

La operación de izado de los apoyos debe realizarse de tal forma que ningún elemento sea solicitado excesivamente. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite elástico del material.

- **Apoyos de hormigón sin cimentación**

El izado de estos apoyos se efectuará con medios mecánicos apropiados. Estos apoyos sin cimentación no se pondrán nunca en terrenos con agua.

Para realizar la sujeción del apoyo se colocará en el fondo de la excavación un lecho de piedras. A continuación se realiza la fijación del apoyo, bien sobre toda la profundidad de la excavación, bien colocando tres coronas de piedra formando cubas, una en el fondo de la excavación, la segunda a la mitad de la misma y la tercera a 20 cm, aproximadamente, por debajo del nivel del suelo. Entre dichas cubas se apisonará convenientemente la tierra de excavación.

- **Apoyos metálicos o de hormigón con cimentación**

Por tratarse de postes pesados se recomienda sean izados con pluma o grúa, evitando que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste.

6.7) Tendido, tensado y recemencionado

El tendido de los conductores debe realizarse de tal forma que se eviten torsiones, nudos, aplastamientos o roturas de alambres, roces con el suelo, apoyos o cualquier obstáculo. Las bobinas no deben nunca ser rodadas sobre un terreno con asperezas o cuerpos duros susceptibles de estropear los cables, así como tampoco deben colocarse en lugares con polvo o cualquier otro cuerpo extraño que pueda introducirse entre los conductores.

Las operaciones de tendido no serán emprendidas hasta que hayan pasado 15 días desde la terminación de la cimentación de los apoyos de ángulo y anclaje, salvo indicación en contrario del director de obra.

Antes del tendido se instalarán poleas con garganta de madera o aluminio con objeto de que el rozamiento sea mínimo.

Durante el tendido se tomarán todas las precauciones posibles, tales como arriostramiento, para evitar las deformaciones o fatigas anormales de crucetas, apoyos y cimentaciones. En particular en los apoyos de ángulo y de anclaje.

El contratista será responsable de las averías que se produzcan por la no observación de estas preinscripciones.

Después del tensado y regulación de los conductores se mantendrán éstos sobre poleas durante 24 horas como mínimo, para que puedan adquirir una posición estable.

Entonces se procederá a la realización de los anclajes y luego se colocarán los conductores sobre las grapas de suspensión. Se empleará cinta de aluminio para reforzar el conductor, cuando se retenciones el conductor directamente sobre el aislador.

6.8) Reposición del terreno

Las tierras sobrantes, así como los restos del hormigonado, deberán ser extendidas, si el propietario del terreno lo autoriza, o retiradas a vertedero, en caso contrario, todo lo cual será cargo del contratista.

Todos los daños serán por cuenta del contratista, salvo aquellos aceptados por el director de obra.

6.9) Numeración de apoyos. Avisos de peligro eléctrico

Se numeran los apoyos con pintura negra, ajustándose dicha numeración a la dada por el director de obra. Las cifras serán legibles desde el suelo. La placa de señalización de “Riesgo eléctrico” se colocará en el apoyo a una altura suficiente para que no se pueda quitar desde el suelo. Deberá cumplir las características señaladas en Recomendación UNESA 0203.

6.10) Puesta a tierra

Los apoyos de la línea deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con el proyecto y siguiendo las instrucciones dadas en el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

6.11) Reconocimiento y admisión de materiales

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra. Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de Obra, o el representante de la Empresa Suministradora, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

6.12) Recepción de la obra

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de la Obra o el Representante de la Empresa Suministradora de energía de la zona podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductibilidad de la toma de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

- **Cemento**

Se utilizarán cualquiera de los cementos. Portland de fraguado lento. En el caso de terreno yesoso se empleará cemento puzolánico.

- **Agua**

Serán de río o manantial, estando prohibido el empleo de la que proceda de ciénagas.

7) Línea de Baja Tensión, ejecución del trabajo

7.1) Conductores

Se emplearán conductores de Cu de 1 x 240 mm² para las fases y 150 mm² para el neutro.

El aislamiento será polietileno reticulado químicamente (XLPE) para un nivel de aislamiento de 0,6/1 kV. La cubierta exterior del cable será de policromo de vinilo (PVC) de color negro.

7.2) Caja General de Protección

Las C.G.P. serán de material aislante, con categoría de inflamabilidad FVI según UNE 53315/1, correspondiente a su límite de temperatura como mínimo al de los materiales clase A (UNE 21305).

El grado de protección será por lo menos IP-437 (UNE-20324), las caras laterales y el fondo deberán ser resistentes a la álcalis (UNE 21095).

La tapa dispondrá de una cerradura tipo unificado y con dispositivo de ventilación interior para evitar condensación.

Se emplean los armarios para acometidas de Cahors ref. 532221 (protección contadores monofásicos) y 446227 (protección de tres contadores monofásicos).

7.3) Derivaciones

Para efectuar las derivaciones de la red general a la C.G.P. se emplearán crimpits a compresión y para restituir al aislamiento se emplearán piezas para derivación por sistema termoretráctil de cierre por cremallera tipo ELCOTERM mod. DTE 240/240.

7.4) Módulos para contadores

Estarán contruidos por material aislante de clase A, resistente a los álcalis, autoextinguible y su dispositivo de cierre será precintable.

Se emplearán los módulos Himel para exterior.

7.5) Secuencia de montaje

La instalación se realiza bajo tubo de PVC de 200 mm de diámetro.

La zanja tendrá una profundidad mínima de 60 cm y 80 cm en los cruces de calle. En estos casos se protegerá el tubo con una capa de hormigón de 15 cm de espesor.

La zanja previamente se habrá nivelado y limpiado y en el fondo se colocará el tubo, luego se echará tierra procedente de la excavación y se colocará una cinta de aviso de peligro por la existencia de cable eléctrico. A continuación se terminará de rellenar la zanja y se compactará.

Se construirán arquetas tipo A-1 (se acompaña plano) en cada cambio de sentido o cada 40 m en alineaciones rectas, así como en el lugar necesario para efectuar las derivaciones a las cajas de acometida.

El conductor se debe tender a mano y procurando que no roce con el pavimento para evitar que resulte dañado el aislamiento.

La bobina se colocará de forma que se desenrolle por la parte superior.

Las derivaciones se efectuarán por medio de piezas a compresión (crimpits), que aseguren un buen contacto eléctrico y la reposición del aislamiento se realizara por medio de piezas de derivaciones por sistema termoretráctil.

Las cajas de acometida se colocarán en la fachada accesible desde la vía pública (cerca de la parcela), y encima de estas se colocará el módulo.

La parte más baja de la caja de acometida estará como mínimo a 50 cm del suelo.

8) Mantenimiento de la instalación fotovoltaica

Para organizar una alta productividad de la instalación, es esencial reducir los periodos de parada por avería o mal funcionamiento. Para ello son necesarias tanto la supervisión del usuario del sistema, como la asistencia de un servicio técnico. En cualquier caso, las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red ofrecen muy pocos requerimientos de mantenimiento preventivo y, en general, son poco susceptibles a sucesos que provoquen la intervención de un mantenimiento correctivo. Sin embargo, es recomendable seguir el programa de mantenimiento detallado a continuación.

8.1) Mantenimiento a cargo del usuario

Generalmente, el mantenimiento a cargo del usuario es de tipo preventivo (ocasional o programado) y abarca todas aquellas comprobaciones y verificaciones que, ya sea por su sencillez o por su periodicidad, no justifican en modo alguno la intervención del técnico. La finalidad de estas tareas de mantenimiento es doble:

- Mantener la instalación (en la medida de lo posible) en un estado óptimo de conservación y funcionamiento similar al correspondiente a la puesta en marcha de la instalación.
- Detectar a tiempo posibles anomalías que influyan negativamente en el rendimiento general de la instalación FV y en su presentación de servicio.

En la práctica, la presencia del usuario (en instalaciones FV atendidas) favorece la realización de las tareas de mantenimiento de forma frecuente y ocasional, algo muy recomendable, al menos hasta que el usuario conozca cómo se comporta su instalación y pueda determinar la necesidad y la periodicidad más conveniente de dichas tareas de mantenimiento. A continuación se indican y describen las operaciones de mantenimiento a cargo del usuario que se podrían incluir en los manuales generales del usuario de instalaciones FV aisladas y conectadas a red.

Alcance		Operación	Ref
Campo FV	Inspección	Estado de los módulos Estado de la estructura Estado del cableado	A01
	Comprobación	Generación eléctrica	A02
Regulador , inversor y otros aparatos	Inspección	Estado de los aparatos	A03
	Comprobación	Funcionamiento de los aparatos	A04
Instalación eléctrica	Inspección	Estado del cableado Estado de los elementos de desconexión y protección	A05
	Comprobación	Funcionamiento de los elementos de desconexión	A06
Interfaz de conexión con la red	Inspección	Estado del inversor Estado de los elementos de desconexión y protección Estado del cableado	
	Comprobación	Funcionamiento del inversor Funcionamiento de los elementos de desconexión Inyección de energía en la red	C01

8.1.1) Operación de mantenimiento A01

- **FINALIDAD:**

Inspección general del estado del campo FV.

- **PERIODICIDAD:**

Ocasional y ante condiciones ambientales especialmente adversas (de viento, nieve, lluvia o sol).

- **DESCRIPCIÓN:**

Evitar el sombreado no previsto de los módulos FV debido a variaciones en la vegetación circundante o a la colocación de objetos próximos a los módulos. Este sombreado puede disminuir considerablemente la producción de energía eléctrica y, por tanto, las prestaciones de la instalación FV.

Evitar la acumulación prolongada y permanente de objetos y depósitos de suciedad en la superficie de los módulos (especialmente los procedentes de las aves). Sus efectos son análogos a los del sombreado.

- **ATENCIÓN:**

Cuando sea necesario, la limpieza de los módulos se debe realizar de forma manual, utilizando agua y productos no abrasivos, y sin emplear estropajos que puedan rallar la superficie de los módulos.

Advertir al técnico ante cualquier indicio de degradación o alteración en el estado de los módulos (células, cajas de conexiones, etc.): roturas, penetración de agua, etc.

No abrir las cajas de conexiones de los módulos.

Advertir al técnico, ante cualquier indicio de degradación en el estado de la estructura soporte (cimentación, sujeción de los paneles, tornillería, etc.): aflojamientos, roturas, corrosión, etc.

Advertir al técnico ante cualquier indicio de degradación o alteración en el estado del cableado del campo FV (conductores, conductos de protección, canalizaciones, cajas y armarios de intemperie, sujeciones, etc.): deterioro, defectos de aislamiento o estanqueidad, etc.

No manipular el interior de las cajas o armarios de conexiones.

8.1.2) Operación de mantenimiento A02

- **OBJETO:**

Comprobación de la generación eléctrica del campo FV.

- **PERIODICIDAD:**

Ocasional y ante cualquier indicio de mal funcionamiento de la instalación FV.

- **DESCRIPCIÓN:**

En las horas centrales de un día soleado:

Comprobar, observando las señalizaciones e indicaciones del regulador de carga u otros aparatos de monitorización, que la tensión e intensidad del campo FV son las previstas (según se indica en el manual del usuario, en el apartado de funcionamiento de la instalación). Advertir ante cualquier anomalía o discrepancia considerable.

8.1.3) Operación de mantenimiento A03

- **OBJETO:**

Inspección general del estado de los aparatos.

- **PERIODICIDAD:**

Ocasional.

- **DESCRIPCIÓN:**

Comprobar que los estados de conservación, limpieza y sujeción del regulador, inversor y demás aparatos eléctricos presentes en la instalación FV se mantienen en condiciones similares a las de la puesta en marcha de la instalación. Cuando sea necesario, eliminar los restos de polvo y suciedad con un paño humedecido en agua o limpiador multiusos. Advertir al técnico en caso de ser necesaria la manipulación del aparato (por roturas, defectos de estanqueidad, etc.).

Ante cualquier indicio de degradación o alteración en el estado de conservación de los aparatos (desgaste, quemaduras, golpes, etc.), comprobar si el funcionamiento de los mismos se ha visto afectado y, en su caso, advertir al técnico.

8.1.4) Operación de mantenimiento A04

- **OBJETO:**

Comprobación del funcionamiento de los aparatos.

- **PERIODICIDAD:**

Ocasional y ante cualquier indicio de mal funcionamiento de la instalación FV.

- **DESCRIPCIÓN:**

Seguir los procedimientos de comprobación rutinaria (no técnica) del funcionamiento de los aparatos facilitados por el fabricante (en los manuales de operación de los aparatos) o por el instalador (en el manual del usuario, en el apartado de funcionamiento de la instalación). En cualquier caso comprobar:

Indicaciones correctas de estado de funcionamiento y de monitorización.
Ausencia de fallos, alarmas, zumbidos extraños, calentamientos, etc

Advertir al técnico ante cualquier indicio de mal funcionamiento de los aparatos.

- **ATENCIÓN:**

No quitar la carcasa protectora de los aparatos ni manipular sus conexiones.

8.1.5) Operación de mantenimiento A05

- **OBJETO:**

Inspección general del estado de toda la instalación eléctrica.

- **PERIODICIDAD:**

Ocasional

- **DESCRIPCIÓN:**

Advertir al técnico ante cualquier indicio de degradación o alteración en el caso de la instalación eléctrica (elementos de desconexión y protección, canalizaciones, cajas, armarios, sujeciones, etc.): defectos de aislamiento o estanqueidad, desgaste, quemaduras, etc.

8.1.6) Operación de mantenimiento A06

- **OBJETO:**

Comprobación del funcionamiento de los elementos de desconexión.

- **PERIODICIDAD:**

Ocasional.

- **DESCRIPCIÓN:**

Realizar maniobras de conexión-desconexión (según indicación del instalador) y advertir al técnico ante cualquier indicio de mal funcionamiento de los elementos de desconexión.

8.1.7) Operación de mantenimiento C01

- **OBJETO:**

Comprobación de la inyección de energía en la red.

- **PERIODICIDAD:**

Ocasional.

- **DESCRIPCIÓN:**

En las horas centrales de un día soleado:

Comprobar que el controlador de salida de la instalación FV se mueve y/o comparar la lectura de dicho contador con la correspondiente a la comprobación anterior para verificar que la inyección de energía en la red es la prevista (según se indica en el manual de usuario, en el apartado de funcionamiento de la instalación). Advertir al técnico ante cualquier anomalía o discrepancia considerable.

8.2) Mantenimiento a cargo del servicio técnico

Al margen del tipo de contrato y mantenimiento y otros acuerdos establecidos entre la empresa instaladora y el usuario (propietario) de la instalación FV, es muy recomendable la realización de dos visitas técnicas programadas a la instalación, previstas al inicio del periodo invernal y estival, respectivamente.

Ni que decir que serán las características particulares de cada instalación las que determinen en la última instancia la periodicidad de estas tareas de mantenimiento. En cualquier caso, en una instalación FV bien diseñada, bien montada, bien utilizada y permanentemente atendida (presencia del usuario), la periodicidad de las intervenciones programadas del técnico debería ser, como máximo, trimestral, y como mínimo, anual.

El objeto de estas visitas es, como ya se ha mencionado, llevar a cabo una nueva puesta en marcha de la instalación, valiéndose para ello de los procedimientos (convenientemente adaptados) contemplados en el manual de recepción correspondiente.

Es muy recomendable que el técnico realice, al menos una vez al año, una comprobación exhaustiva del estado de los acumuladores eléctricos, con el fin de detectar algún defecto o envejecimiento prematuro que pueda afectar negativamente al buen funcionamiento de todo el sistema de acumulación. Para ello será necesario medir la densidad del electrolito en todos y cada uno de los elementos (en buen estado de carga) y observar si existen diferencias superiores a las indicadas por el fabricante. A falta de datos, una densidad inferior a la prevista en más de 0,030 g/cm³ significaría que el elemento en cuestión está defectuoso, o su envejecimiento es sensiblemente superior al resto, y habría que reemplazarlo.

Por último, conviene recordar que durante las operaciones de mantenimiento es muy probable que el suministro eléctrico se vea interrumpido de forma temporal. De ser así, el técnico debe informar antes al usuario o responsable de la instalación y obtener la autorización o permiso correspondiente.

Averías y detección de errores

En ocasiones, las averías no afectan en modo aparente al funcionamiento de la instalación FV (provocando, por ejemplo, una interrupción del suministro eléctrico), sino que afectan al rendimiento, las prestaciones o la durabilidad de la instalación. Esto obliga al técnico a realizar un diagnóstico exhaustivo de todo el sistema, cuyo resultado ponga de manifiesto la existencia de dichas averías y se pueda proceder a la identificación y reparación de las mismas. Entre las dificultades que se suele topar el técnico a la hora de realizar el diagnóstico de una instalación FV cabe señalar:

- Baja calidad en la realización de las instalaciones: cableado desordenado y no identificado y ausencia de elementos de desconexión que faciliten la labor del técnico.
- Ausencia de indicaciones y señalizaciones en los aparatos: escasa o nula de monitorización.
- Ausencia de un plan de mantenimiento que permita analizar el histórico de la instalación y el seguimiento de las intervenciones correspondientes.

Es importante detectar y corregir las causas de una avería y prevenir su aparición futura.

Generalmente, las causas de una avería son los errores que se hayan podido cometer en algún momento de las fases de diseño, montaje o utilización de la instalación FV. Ni que decir tiene que, en estos casos, la reparación y prevención de la avería requiere la subsanación del error correspondiente.

A continuación se muestran las averías más comunes encontradas en las instalaciones FV, sus posibles causas y los errores que han podido producirlas.

MÓDULOS FV

AVERÍA: Deterioro de la superficie de captación

CAUSA: Caídas.

ERROR: Montaje inadecuado (sujeción insuficiente a la estructura)

CAUSA: Golpes fortuitos

ERROR: Utilización del usuario inadecuada o descuidada.

ERROR: Montaje inadecuado

CAUSA: Actos vandálicos

ERROR: Ausencia de medidas preventivas

AVERÍA: Deterioro del circuito de las células

CAUSA: Penetración de agua por rotura de cristal.

ERROR: Según causa de la rotura.

CAUSA: “Puntos calientes” por sombreado.

ERROR: Ausencia de diodos de paso.

CAUSA: Disipación excesiva de potencia.

ERROR: Ausencia de elementos de protección (diodos o fusibles) en las ramas del circuito fotovoltaico.

AVERÍA: Cortocircuito de los diodos de paso.

CAUSA: Sobretensión de origen atmosférico.

ERROR: Ausencia de medidas de protección anti-rayo.

EFECTOS: Cese o disminución de generación fotovoltaica.

APARATOS

AVERÍA: Fallo interno.

CAUSA: Inversión de polaridad.

ERROR: Montaje inadecuado.

ERROR: Tomas de corriente para elementos de consumo inadecuado

CAUSA: Sobretensión, sobrecarga o cortocircuito por avería en la instalación eléctrica o utilización inadecuada.

ERROR: Ausencia de elemento de protección (por ejemplo, fusibles).

EFECTOS: Interrupción del suministro eléctrico.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

AVERÍA: Fallos y defectos eléctricos.

CAUSA: Corrosión, aflojamiento, desconexión y cortocircuito de las conexiones (por desconexión o por contacto con agua).

ERROR: Montaje inadecuado (terminales inadecuados, aprietes inadecuados, conexiones defectuosas, ausencia de protección contra la corrosión, sellado de cajas de conexión inadecuada).

CAUSA: Puesta a tierra del campo FV defectuosa (ineficaz).

ERROR: Continuidad del tendido de tierra inadecuado (contacto paneles-estructura sólo mecánico, no eléctrico, y ausencia de electrodo de tierra).

CAUSA: Deterioro del aislamiento del cableado.

ERROR: Montaje inadecuado.

ERROR: Ausencia de conductores de protección

CAUSA: Sobrecalentamiento o incendio del cableado.

ERROR: Dimensionado del cableado inadecuado

CAUSA: Deterioro o fallo de la aparamenta eléctrica.

ERROR: Dimensionado de calibre y/o capacidad inadecuado.

ERROR: Utilización en continua de aparamenta para alterna.

EFECTOS: Interrupción del suministro eléctrico, accidentes eléctricos.

9) Recepción y pruebas

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.
- Determinación de la potencia instalada.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

- Entrega de toda la documentación requerida en este PCT, y como mínimo la recogida en la norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Retirada de obra de todo el material sobrante.
- Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.

Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de tres años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía mínima será de 10 años contados a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional.

No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se aprecia que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

ANEXO I

MEDIDA DE LA POTENCIA INSTALADA DE UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED ELÉCTRICA.

10) Medida de la potencia instalada en una central FV conectada a red

10.1) Introducción

Definimos la potencia instalada en corriente alterna (CA) de una central fotovoltaica (FV) conectada a la red, como la potencia de corriente alterna a la entrada de la red eléctrica para un campo fotovoltaico con todos sus módulos en un mismo plano y que opera, sin sombras, a las condiciones estándar de medida (CEM).

La potencia instalada en CA de una central fotovoltaica puede obtenerse utilizando instrumentos de medida y procedimientos adecuados de corrección de unas condiciones de operación bajo unos determinados valores de irradiancia solar y temperatura a otras condiciones de operación diferentes.

Cuando esto no es posible, puede estimarse la potencia instalada utilizando datos de catálogo y de la instalación, y realizando algunas medidas sencillas con una célula solar calibrada, un termómetro, un voltímetro y una pinza amperimétrica. Si tampoco se dispone de esta instrumentación, puede usarse el propio contador de energía. En este mismo orden, el error de la estimación de la potencia instalada será cada vez mayor.

10.2) Procedimiento de medida

Se describe a continuación el equipo mínimo necesario para calcular la potencia instalada:

- 1 célula solar calibrada de tecnología equivalente.
- 1 termómetro de temperatura ambiente.
- 1 multímetro de corriente continua (CC) y corriente alterna (CA).
- 1 pinza amperimétrica de CC y CA.

El propio inversor actuará de carga del campo fotovoltaico en el punto de máxima potencia.

Las medidas se realizarán en un día despejado, en un margen de ± 2 horas alrededor del mediodía solar.

Se realizará la medida con el inversor encendido para que el punto de operación sea el punto de máxima potencia.

Se medirá con la pinza amperimétrica la intensidad de CC de entrada al inversor y con un multímetro la tensión de CC en el mismo punto. Su producto es $(P_{CC})_{INV}$.

El valor así obtenido se corrige con la temperatura y la irradiancia usando las ecuaciones que se muestran a continuación

La temperatura ambiente se mide con un termómetro situado a la sombra, en una zona próxima a los módulos FV. La irradiancia se mide con la célula (CTE) situada junto a los módulos y en su mismo plano.

Finalmente, se corrige esta potencia con las pérdidas.

Ecuaciones:

$$(P_{CC})_{INV} = (P_{CC})_{FOV} \cdot (1 - L_{CAB})$$

$$(P_{CC})_{FOV} = P_O \cdot (R_{TO})_{VAR} \cdot [1 - g \cdot (T_C - 25)] \cdot \frac{E}{1000}$$

$$T_C = T_{AMB} + (T_{ONC} - 20) \cdot \frac{E}{800}$$

Donde:

- $(P_{CC})_{FOV}$: Potencia de CC inmediatamente a la salida de los paneles FV, en W.
- L_{CAB} : Pérdidas de potencia en los cableados de CC entre los paneles FV y la entrada del inversor, incluyendo, las pérdidas en fusibles, conmutadores, conexiones, diodos, antiparalelo si hay, etc.
- E : Irradiancia solar, en W/m^2 , medida con la CTE calibrada.
- g : Coeficiente de temperatura de la potencia, en $1/^\circ C$
- T_C : Temperatura de las células solares, en $^\circ C$.
- T_{AMB} : Temperatura ambiente en la sombra, en $^\circ C$, medida con el termómetro.
- T_{ONC} : Temperatura de operación nominal del módulo.
- P_O : Potencia nominal del generador en CEM, en W.
- $(R_{TO})_{VAR}$: Rendimiento, que incluye los porcentajes de pérdidas debidas a que los módulos fotovoltaicos operan, normalmente, en condiciones diferentes de las CEM.

Se indican a continuación los valores de los distintos coeficientes, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Todos los valores indicados pueden obtenerse de las medidas directas. Si no es posible realizar medidas, pueden obtenerse, parte de ellos, de los catálogos de características técnicas de los fabricantes.
- Cuando no se dispone de otra información más precisa pueden usarse los valores indicados en la tabla que se muestra a continuación.

Parámetro	Valor estimado, medida anual	Valor estimado, día despejado (*)	Ver observaciones
L_{CAB}	0.02	0.02	(1)
g	-	0.0035 (*)	-
T_{ONC}	-	45	-

(*) Al medio día solar ± 2 horas de un día despejado.

(*)(*) Válido para silicio cristalino.

Observaciones:

(1): Las pérdidas principales de cableado pueden calcularse conociendo la sección de los cables y su longitud, por la ecuación:

$$L_{CAB} = R \cdot I^2$$

$$R = 0.000002 \cdot \frac{L}{S}$$

Siendo:

- **R:** Valor de la resistencia eléctrica de todos los cables, en ohmios.
- **L:** Longitud de todos los cables (sumando la ida y la vuelta), en cm.
- **S:** Sección del cable, en cm².

Normalmente, las pérdidas en conmutadores, fusibles y diodos son muy pequeñas y no es necesario considerarlas. Las caídas en el cableado pueden ser muy importantes cuando son largos y se opera a baja tensión en CC. Las pérdidas por cableado en % suelen ser inferiores en plantas de gran potencia que en plantas de pequeña potencia. En nuestro caso, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.

PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5.80 MW_p San Roque-Parque tecnológico



TOMO V: Presupuesto

Alumno: Alberto Carlos Fernández Espinar

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad en Electrónica Industrial

Tutor: Carlos Andrés García Vázquez

Convocatoria: Febrero 2012

INDICE

Contenido

1) Instalación Solar Fotovoltaica	3
2) Red de Baja Tensión	4
3) Centro de Transformación y Entrega	5
3.1) Aparamenta de Alta Tensión	5
3.2) Transformadores	6
3.3) Equipos de Baja Tensión.....	7
3.4) Sistema de puesta a tierra	7
3.5) Otros gastos	7
4) Red de Media Tensión	9
5) Obra Civil.....	12
6) Seguridad y Salud Laboral.....	14
7) Resumen	16

Presupuesto

1) Instalación Solar Fotovoltaica

Concepto	Cantidad ó metros	Precio por unidad ó metro (€)	Precio total (€)
Suministro y Colocación de Seguidor Solar TITAN TRACKER 125-120 ATR	288	5.500	1.584.000
Suministro y colocación de módulos fotovoltaicos modelos SANYO HIP-210NKHE5, de 210 Wp, de Silicio monocristalino, incluida pp de cableado y canalizaciones, de interconexión entre placas y cuadros de campo.	27648	700	19.353.600
Suministro y colocación de inversores modelo FreeSun FS0080, de 96 kWp, entrada tensión máx. 900 Vcc, entrada corriente máx. 206 A y salida tensión alterna 400 Vca, incluida pp. de caseta prefabricada de colocación y pp. de cableado y canalizaciones necesarias para comunicar con el cuadro de Mando y Protección de cada instalación de 96 kW.	72	22000	1.584.000
TARJETAS MODEM GSM. Para la comunicación vía módem GSM con inversores. Permiten controlar desde un PC remoto todas las diferentes variables de la instalación solar: parámetros de funcionamiento del inversor, históricos de datos.	72	520	37.440

TOTAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA:

22.559.040,00 €

2) Red de Baja Tensión

Concepto	Cantidad ó metros	Precio por unidad ó metro (€)	Precio total (€)
Cables de Red de B.T. realizada con conductor 3(1 x 240) + 1 x 150 mm ² , RV 0,6/1 kV, Cu, bajo tubo a 0,80 mts de profundidad, incluida cinta de señalización, placa de seguridad y m.o. de tendido y conexionado.	6963 m	25,50/16,75	164.755,25
Cables de Red de B.T. realizada con conductor 2 x 10 mm ² , RV 0,6/1 kV, Cu, bajo conductores de doble aislamiento en intemperie, incluso cinta de señalización, placa de seguridad y m.o. de tendido y conexionado.	94752 m	2,5	236.880
Caja General de Protección, 400 A Esquema 7 con puerta nicho y contadores, incluida puesta a tierra del neutro.	72	540,25	38.898
Tubo de PVC de 160 mm de diámetro, color rojo y con capa interior lisa	9000 m	3,40	30.600
Arqueta tipo A1, incluida mano de obra y materiales.	321	155,80	50.011,80

TOTAL RED DE BAJA TENSIÓN:**521.145,05 €**

3) Centro de Transformación y Entrega

3.1) Apararamenta de Alta Tensión

Concepto	Cantidad ó metros	Precio por unidad ó metro (€)	Precio total (€)
Compacto Merlin Gerin gama CAS 36, modelo CAS 410 (3L), referencia CAS410A, inmerso en atmósfera de hexafluoruro de azufre, para tres funciones de línea de 400 A preparada para acoplamiento con celdas SM6	6	12.012,00	72.072,00
Cabina de remonte de barras Merlin Gerin gama SM6, modelo GEM, referencia GEM3616, para la unión superior por cables entre celdas CAS y SM6, bornas, cables y terminales incluidos	6	1.160,25	6.961,50
Juego de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16 400 A para celda CAS.	12	607,95	7295,40
Cabina disyuntor Merlin Gerin gama SM6, modelo DM1D, referencia JLJDM1DPFN3616L, con seccionador en SF6, mando CS1, disyuntor SFSET en SF6 de 400 A con Mitop, mando RI manual, indicadores de tensión y 3 toroidales, cajón de BT con relé VIP 300	6	16.745,40	100.472,40
Cabina de medida Merlin Gerin gama SM6, modelo GBCA, referencia JLJGBCA333616L, equipada con tres transformadores de intensidad y tres de tensión	6	9.091,95	54.551,70

<p>Cabina ruptofusible Merlin Gerin gama SM6, modelo QM, referencia JLJQM3616BD, 400A con interruptor-seccionador en SF6 con bobina de apertura, fusibles con señalización fusión, seccionador p.a.t., mando CI1 manual, indicadores presencia de tensión y enclavamientos instalados.</p>	<p>12</p>	<p>5.869,50</p>	<p>70.434,00</p>
--	-----------	-----------------	-------------------------

3.2) Transformadores

Concepto	Cantidad ó metros	Precio por unidad ó metro (€)	Precio total (€)
<p>Transformador reductor de llenado integral, marca Merlin Gerin, de interior y en baño de aceite mineral (según Norma UNE 21428). Potencia nominal: 1000 kVA. Relación: 25/0.42 KV. Tensión secundaria vacío: 420 V. Tensión cortocircuito: 6 %. Regulación: +/-2,5%, +/-5%. Grupo conexión: Dyn11.</p>	<p>12</p>	<p>11.562,6</p>	<p>138.751,20</p>
<p>Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 18/30 kV, de 150 mm2 en Al con sus correspondientes elementos de conexión.</p>	<p>12</p>	<p>983,85</p>	<p>11.806,20</p>
<p>Juego de puentes de cables BT unipolares de aislamiento seco 0.6/1 kV de Al, de 4x240mm2 para las fases y de 2x240mm2 para el neutro y demás características</p>	<p>12</p>	<p>922,95</p>	<p>11.075,40</p>
<p>Termómetro para protección térmica de transformador, incorporado en el mismo, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección</p>	<p>12</p>	<p>315</p>	<p>3.780,00</p>

3.3) Equipos de Baja Tensión

Concepto	Cantidad ó metros	Precio por unidad ó metro (€)	Precio total (€)
Cuadro contador tarifador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación, instalado en armario homologado	6	4.439,51	26.637,06

3.4) Sistema de puesta a tierra

Concepto	Cantidad ó metros	Precio por unidad ó metro (€)	Precio total (€)
Tierras exteriores código 5/32 Unesa, incluyendo 3 picas de 2,00 m. de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1kV y elementos de conexión, instalado.	12	699,52	8.394,24
Tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50mm ² de Cu desnudo para la tierra de protección y aislado para la de servicio, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado.	6	1.029,20	6.175,20

3.5) Otros gastos

Concepto	Cantidad ó metros	Precio por unidad ó metro (€)	Precio total (€)
Punto de luz incandescente adecuado para proporcionar nivel de iluminación suficiente para la revisión y manejo del centro, incluidos sus elementos de mando y protección, instalado.	12	208,80	2.505,60

Punto de luz de emergencia autónomo para la señalización de los accesos al centro.	6	164,20	985,20
Banqueta aislante para maniobrar aparata.menta.	6	154,80	928,80
Par de guantes de maniobra.	6	55,70	334,20
Extintor de eficacia 89B, Instalado	6	95,60	573,60
Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas.	12	12,40	148,80
Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.	6	12,40	74,40

SUBTOTAL APARAMENTA ALTA TENSIÓN: **311.787,00 €**

SUBTOTAL TRANSFORMADORES: **165.412,60 €**

SUBTOTAL EQUIPOS BAJA TENSIÓN: **26.637,06 €**

SUBTOTAL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA: **14.569,44 €**

SUBTOTAL OTROS GASTOS: **5.550,60 €**

TOTAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN: **212.481,49 €**

4) Red de Media Tensión

Concepto	Cantidad ó metros	Precio por unidad ó metro (€)	Precio total (€)
Circuito M.T. realizado con conductores 3x240 mm ² + 1x150 mm ² , RHZ-1240 18/30 kV, Al, bajo tubo de protección de PVC de 200 mm de diámetro, más un tubo de reserva por todo su recorrido.	1850 m	9.50	17.575
Desmontaje de las grapas de suspensión instaladas en los apoyos existentes, montaje de grapas de amarre que retienen fuertemente el conductor sin posibilidades de deslizamiento, incluido trabajos auxiliares, mano de obra y material necesario. Completamente acabada.	2	120,00	240,00
Cadenas de amarre formadas por tres elementos, Modelo E-40, incluso grapas, grilletes, horquillas, y bulones y mano de obra empleada en el montaje.	2	120,00	240,00
Seccionadores unipolares de 400 A de intensidad nominal y 24 kV de tensión nominal, posición horizontal, mando por pértiga y mano de obra empleada en el montaje	2	180,00	360,00
Toma de tierra, formada por un electrodo (pica) de 2,5 m de longitud y 14 mm de diámetro exterior y elementos de conexión, incluso conductor según se describe en la memoria y mano de obra empleada en el montaje.	2	110,00	220,00

<p>Paso de red aérea a subterránea en media tensión formado por: juego de pararrayos autovalvulares para protección de sobretensiones de tipo atmosférico, terminales exteriores de intemperie para cable de 12/20 kV, tubo de acero galvanizado de 6" de diámetro para protección mecánica de los cables, provisto de capuchón de protección en su parte superior; puesta a tierra de las pantallas de los cables, y cables hasta pie de apoyo realizado con conductores 3 (1 x 240) mm² RHZ1 18/30 kV Al, incluso pp. mano de obra de montaje</p>	<p>2</p>	<p>889,50</p>	<p>1.779,00</p>
<p>Kits terminales unipolares para exterior 18/30 kV de 240 mm², incluso mano de obra de instalación</p>	<p>3</p>	<p>90,00</p>	<p>180,00</p>
<p>Toma de tierra, formada por un electrodo (pica) de 2,5 m de longitud y 25 mm de diámetro exterior y elementos de conexión, incluso conductor según se describe en la memoria y mano de obra empleada en el montaje</p>	<p>2</p>	<p>110,00</p>	<p>220,00</p>
<p>Triángulo A.T. peligro de muerte L-210</p>	<p>2</p>	<p>8,50</p>	<p>17,00</p>
<p>Tubo de 200 mm de diámetro, rojo, con capa interior lisa</p>	<p>2000 m</p>	<p>4,40</p>	<p>8.800,00</p>
<p>Conjunto de 3 terminaciones unipolares completos para cables seco 18/30 kV, 240 mm² Al, servicio exterior, con mano de obra incluida</p>	<p>20</p>	<p>425,20</p>	<p>8.504,00</p>

Protección de conductores en bajada de apoyo, formado por bandeja de acero galvanizada con tapa, con salida de agua de lluvia, bridas de amarre y material pequeño.	2	540,29	108,58
Suministro y colocación de espirales anticollisión (color naranja y de 40-50 cm de diámetro), cada 10 metros de distancia en los tres cables, en líneas de media y baja.	3250	15,43	50.147,50
Arqueta tipo A1, incluida mano de obra y materiales	43	155,80	6699,40
Arqueta tipo A2, incluida mano de obra y materiales.	11	220	2.420

TOTAL RED DE MEDIA TENSIÓN:

97.510,48 €

5) Obra Civil

Concepto	Cantidad ó metros	Precio por unidad ó metro (€)	Precio total (€)
Excavación y nivelado de terreno, incluyendo carga y transporte a vertedero o zonas de terraplenado	1	20.500,00	20.500
Apertura y cierre de zanja, para canalización de circuitos de corriente continua y alterna (BT y MT) en zona terriza. Con extracción de tierras a los bordes, limpieza y compactación de los fondos.	9000 m	35,00	315.000
Suministro y montaje de caseta para ubicar los inversores. Dimensiones: 1800x2500x2500, con aislamiento de panel sándwich de 40 mm con estructura de suelo reforzada. Consta de una puerta de doble hoja en el lateral de 1800 mm, fabricada con perfiles metálicos y hojas de lamas. Sin ventanas, llevará extractor de aire LHV 160 y rejilla de ventilación de 500x500 mm. Totalmente instalada, incluido obra civil si fuera necesario.	72	8000	576.000
Edificio de hormigón modular modelo EHM36-5T2D, de dimensiones exteriores 9.600 x 3.000 y altura vista 3.130 mm., incluyendo su transporte y montaje.	6	14.938,35	89.630,10

Excavación de foso de dimensiones 3.500 x 10.100 mm. para alojar el edificio prefabricado modular EHM36-5, con un lecho de arena nivelada de 150 mm.(quedando una profundidad de foso libre de 700 mm.) y acondicionamiento perimetral una vez montado	6	1.187,50	7125,00
Suplemento por adaptación del prefabricado de hormigón para que pueda albergar el primer transformador de potencia 1000 kVA, consistente en dotar al prefabricado de mayor ventilación.	6	750,00	4.500,00
Suplemento por adaptación del prefabricado de hormigón para que pueda albergar el segundo transformador de potencia 1000 kVA, consistente en dotar al prefabricado de mayor ventilación.	6	750,00	4.500,00

TOTAL OBRA CIVIL:

1.017.288,10 €

6) Seguridad y Salud Laboral

Concepto	Cantidad ó metros	Precio por unidad ó metro (€)	Precio total (€)
Casco de seguridad homologado.	12	3,20	38,40
Pantalla de soldadura con fijación en cabeza.	1	8,50	8,50
Gafas de seguridad homologadas.	12	4,59	55,08
Cinturón portaherramientas	12	6,60	79,20
Mono de trabajo	12	13,91	166,92
Mandil de cuero para soldador	1	12,60	12,60
Pares de Botas de seguridad homologadas	12	13,50	162,00
Pares de Guantes de trabajo de piel	12	2,73	32,76
Cinturón portaherramientas	12	6,60	79,20
Traje impermeable de dos piezas	12	5,50	66,00
Abriego para el frío	12	13,66	163,92
Arnés para trabajo en altura	3	22,50	67,50
Cuerda de doble mosquetón y gancho. Eslinga anticaída con absorbedor de energía compuesta por doble cuerda drisse de 11 mm. de diámetro y 1,5 m. de longitud con un mosquetón de 17 mm. de apertura y un gancho de 60 mm. de apertura	3	29,38	88,14

Acometida provisional de electricidad a caseta prefabricada de obra.	1	184,50	184,50
Acometida provisional con saneamiento en zanja.	1	143,34	143,34
Mes de Alquiler de caseta de aseo, de medidas 5.98x2.45x2.63 m.	20	235,60	4.712,00
Mes de alquiler de caseta prefabricada para almacén de obra de 5,98x2,45x2,45 m. de 14,65 m ²	20	134,82	2.696,40
Mes de alquiler de caseta prefabricada para un despacho de oficina en obra de 4,64x2,45x2,45 m. de 11,36 m ²	20	151,07	3.021,40
Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuario para 15 trabajadores de 30 m ² de superficie.	20	170,50	3.410,00
Espejos para aseos y vestuarios	2	25,00	50,00
Jabonería Industrial 1 L. Dosificador de jabón.	2	8,38	16,76
Horno Microondas de 18 litros de capacidad con plato giratorio.	1	20,36	20,36
Botiquín de urgencias para obras, color blanco con contenidos mínimos obligatorios.	1	88,20	88,20
Vigilante de seguridad. Formación profesional y experiencia en vigilancia de obras industriales.	15	1.800,00	27.000,00
Reconocimiento médico básico, compuesto por control visual, audiometría y analítica de sangre y orina con 6 parámetros.	12	70,00	840,00

TOTAL SEGURIDAD Y SALUD LABORAL:

43.203,18 €

7) Resumen

- TOTAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: 22.559.040,00 €
- TOTAL RED DE BAJA TENSIÓN: 521.145,05 €
- TOTAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN: 212.481,49 €
- TOTAL RED DE MEDIA TENSIÓN: 97.510,48 €
- TOTAL OBRA CIVIL: 1.017.288,10 €
- TOTAL SEGURIDAD Y SALUD LABORAL: 43.203,18 €

TOTAL: 24.441.639,31 €

Asciende el presente proyecto a un total de: **VEINTICUATRO MILLONES CUATROCIENTOS CUARENTAL Y UN MIL SEISCIENTOS TREINTA Y NUEVE EUROS CON TREINTA Y UN CENTIMOS**

PLANTA FOTOVOLTAICA DE 5.80 MW_p San Roque-Parque tecnológico



TOMO VI: Índice de Planos

Alumno: Alberto Carlos Fernández Espinar

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad en Electrónica Industrial

Tutor: Carlos Andrés García Vázquez

Convocatoria: Febrero 2012

INDICE

Emplazamiento de la Planta.....	Plano 01
Plano General de la Planta.....	Plano 02
Distribución de los Huertos Solares.....	Plano 03
Plano de los Sectores 1-2 en detalle.....	Plano 04
Plano de los Sectores 3-5 en detalle.....	Plano 05
Plano del Sector 4 en detalle.....	Plano 06
Plano del Sector 6 en detalle.....	Plano 07
Red de Baja Tensión.....	Plano 08
Red de Media Tensión.....	Plano 09
Foso del Centro de Transformación.....	Plano 10
Centro de Transformación.....	Plano 11
Arquetas.....	Plano 12
Esquema Unifilar de un Huerto Solar hasta un inversor.....	Plano 13
Esquema Unifilar desde un inversor hasta un Centro de Transformación.....	Plano 14

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



SITUACION

Término Municipal de La Línea de la Concepción

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA			PLANO Nº 01 HOJA Nº 01/01

1 2 3 4 5 9 10 11 12 13 14

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

A

B

C

D

E

F

G

H


I

J

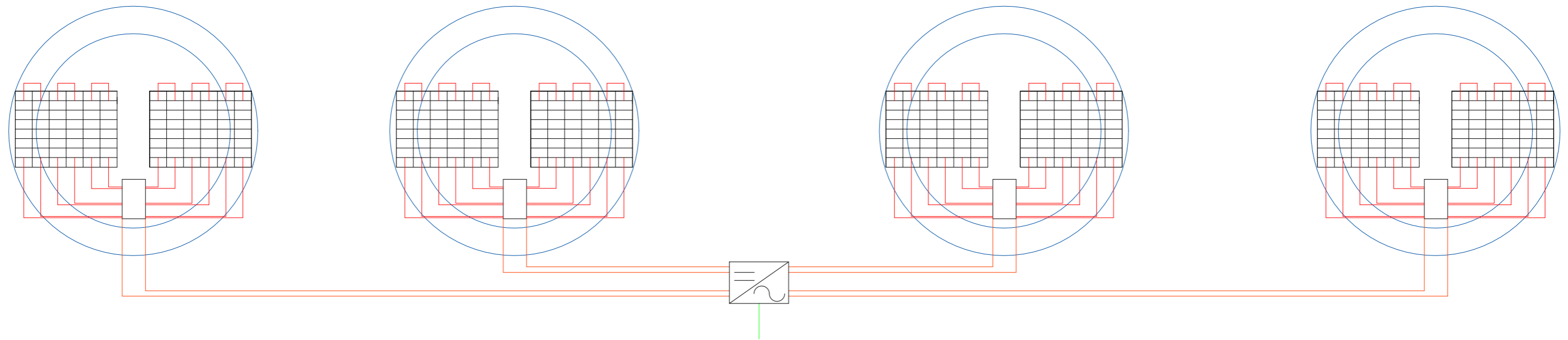


LEYENDA

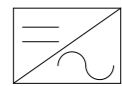
-  INVERSOR
-  ARQUETA TIPO A-2
-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 KVA
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN
-  CENTRO DE ENTREGA
-  CAJA DE SECCIONAMIENTO
-  APOYO DE CELOSÍA C-9000-14
-  CUADRO DE INTERCONEXIÓN
-  ARQUETA TIPO A-1
-  TOMA DE TIERRA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS <small>I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</small>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR			
COMPROB					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:				
	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE				
	DENOMINACIÓN DEL PLANO:				
	PLANO GENERAL				PLANO N°: 02 HOJA N°: 01/01

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



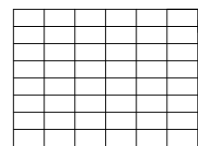
LEYENDA



INVERSOR



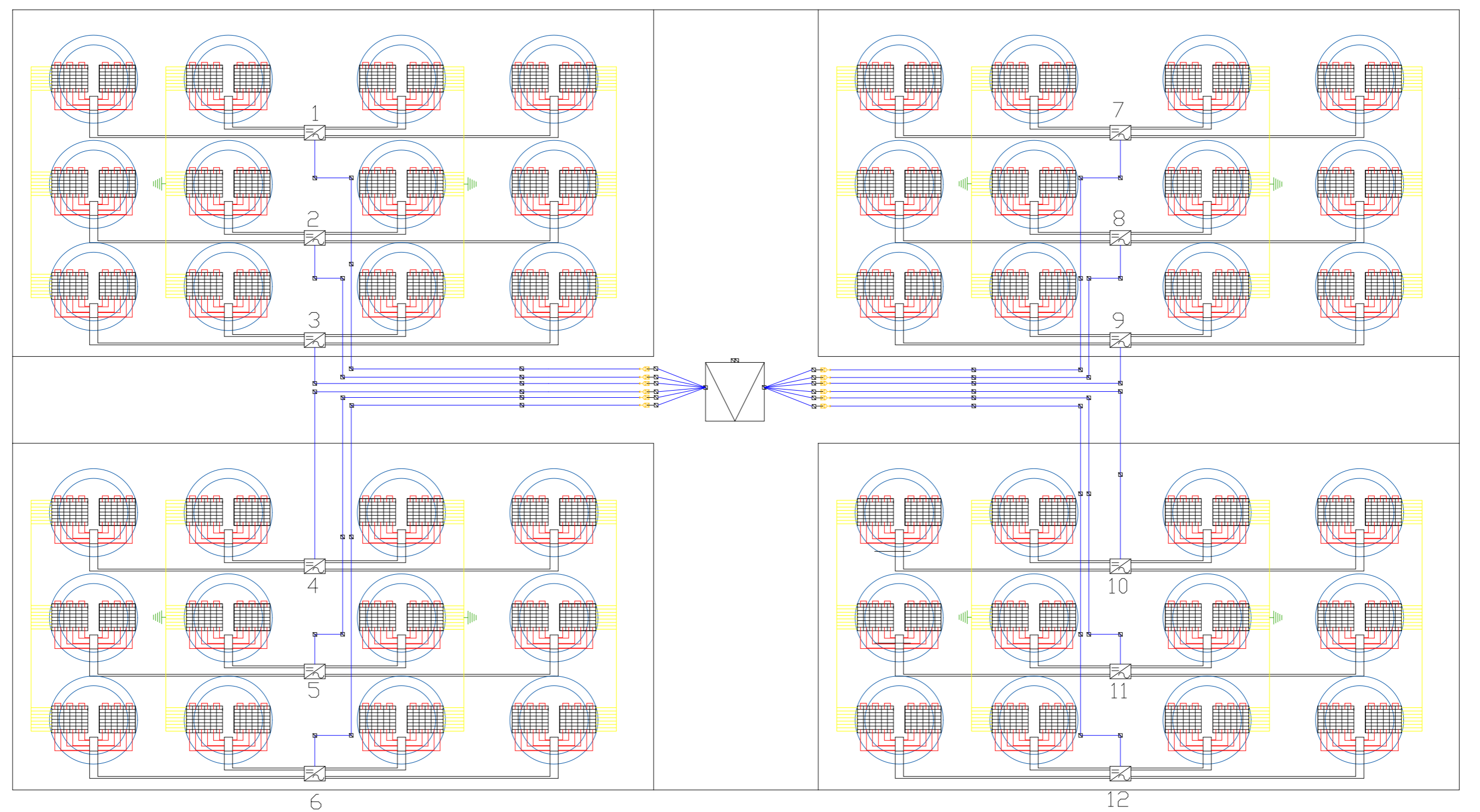
CUADRO DE INTERCONEXIONES







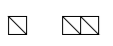



MÓDULO DE PLACAS, 6X8 PLACAS




- LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
- LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
- LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu

	FECHA	NOMBRE	FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR			I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
COMPROB					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE				
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: ESQUEMA HUERTO SOLAR				PLANO N°: 03 HOJA N°: 01/01



LEYENDA

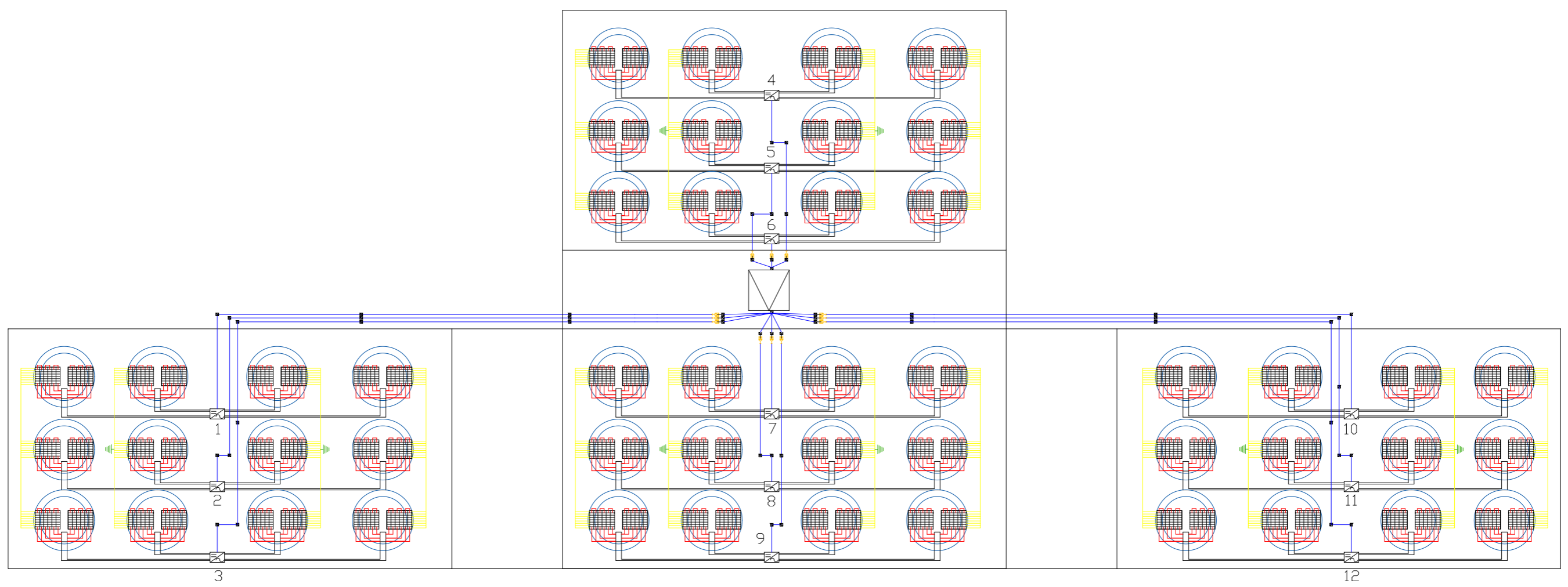
-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  CUADRO DE INTERCONEXIONES
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A
-  CAJA SECCIONADORA
-  ARQUETA TIPOS A-1 Y A-2
-  LÍNEA DE TIERRA 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  INVERSOR
-  TOMA DE TIERRA

-  LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
-  LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu












	FECHA	NOMBRE	FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR			
COMPROB					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:				
	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE				
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO:				
	SECTORES 1-2				PLANO N°: 04 HOJA N°: 01/01

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

A
B
C
D
E
F
G
H

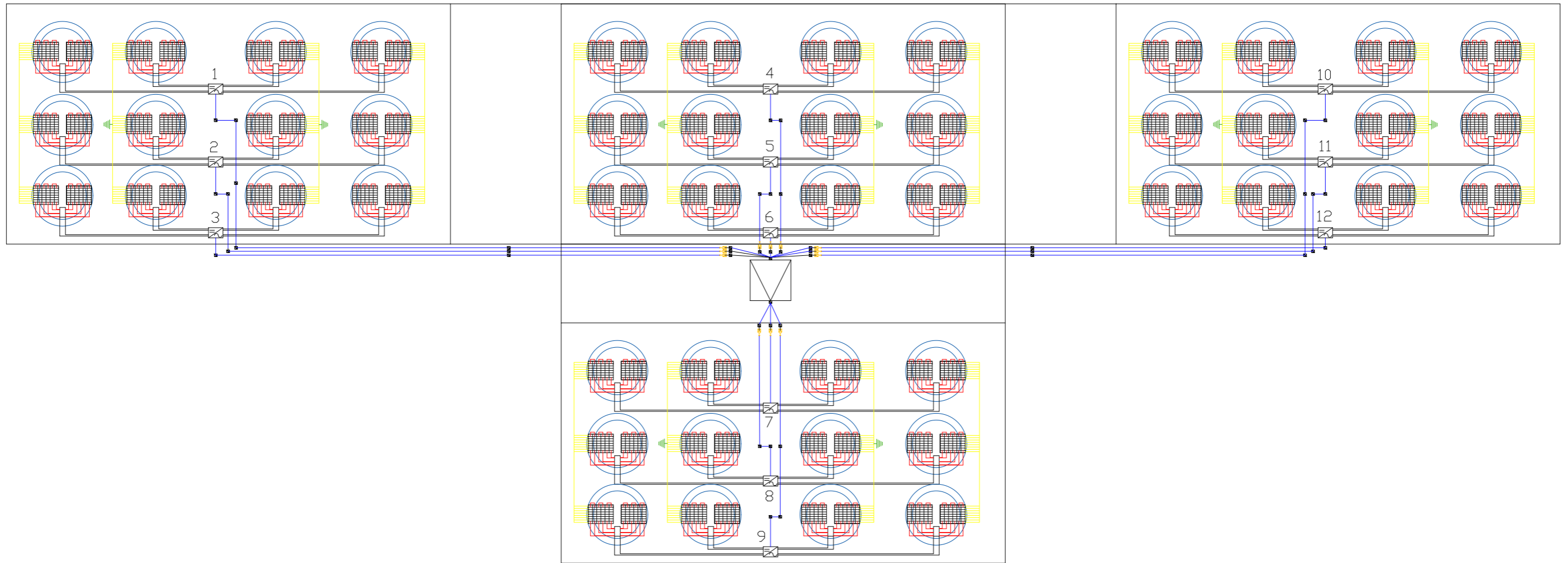


LEYENDA

-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  CUADRO DE INTERCONEXIONES
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A
-  CAJA SECCIONADORA
-  ARQUETA TIPOS A-1 Y A-2
-  INVERSOR
-  TOMA DE TIERRA
-  LÍNEA DE TIERRA 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
-  LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu

	FECHA	NOMBRE	FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR			
COMPROB					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:				
	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE				
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO:				
	SECTORES 3-5				PLANO N°: 05 HOJA N°: 01/01

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



LEYENDA



CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
2X1000 kVA



CUADRO DE INTERCONEXIONES



CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A



CAJA SECCIONADORA



ARQUETA TIPOS A-1 Y A-2



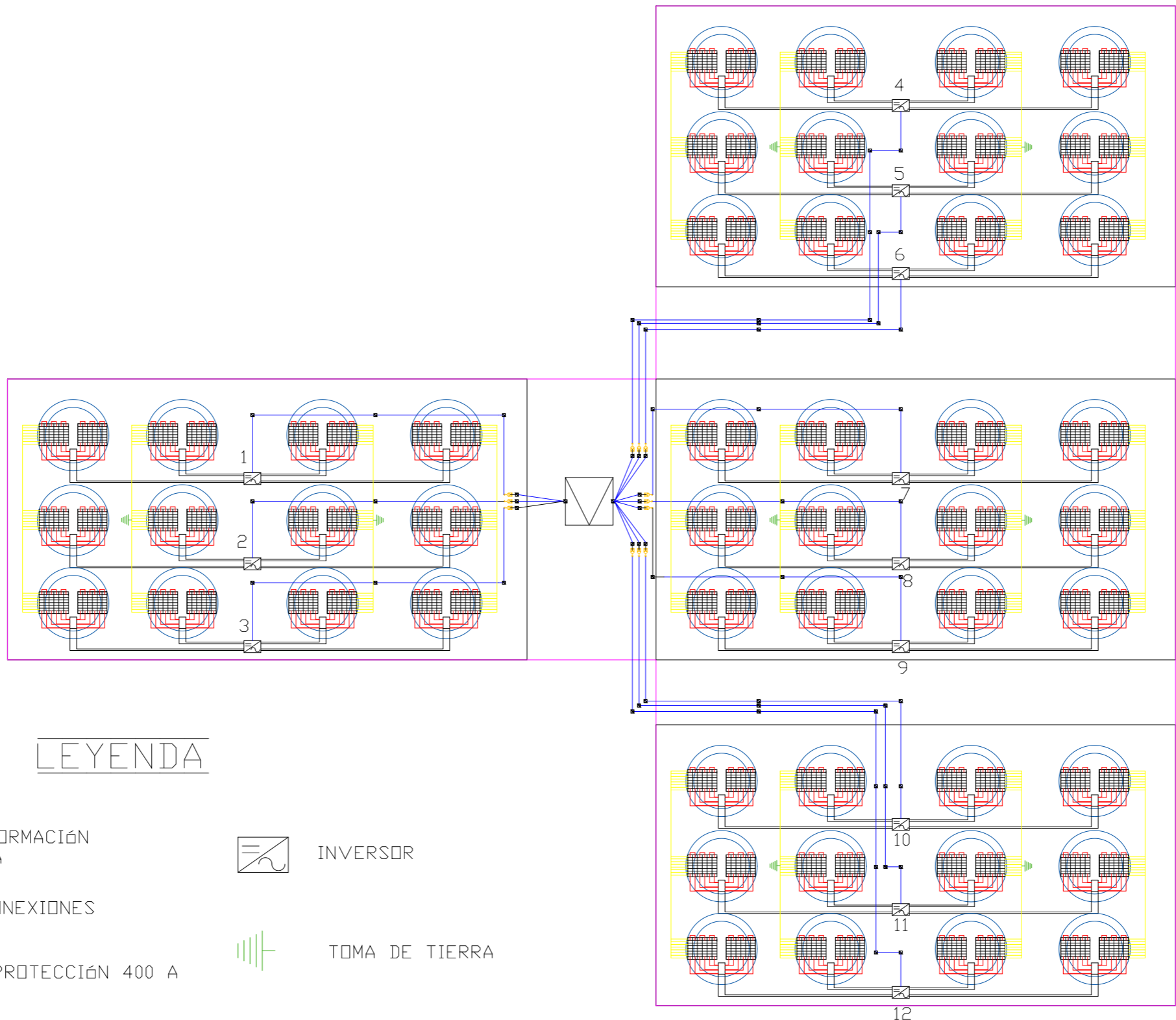
INVERSOR



TOMA DE TIERRA

- LÍNEA DE TIERRA 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
- LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
- LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
- LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu

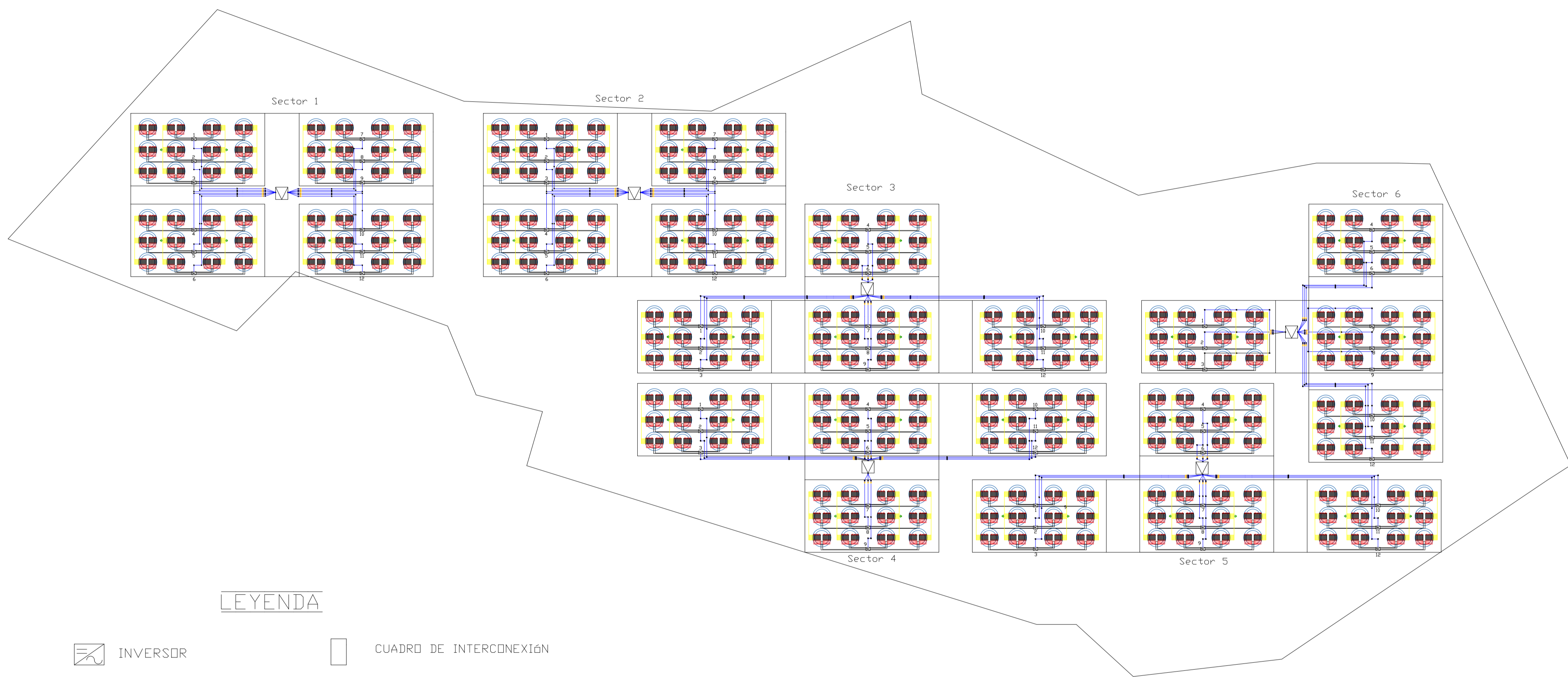
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <p>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</p>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: SECTOR 4			PLANO N°: 06 HOJA N°: 01/01











LEYENDA

-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  CUADRO DE INTERCONEXIONES
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A
-  CAJA SECCIONADORA
-  ARQUETA TIPOS A-1 Y A-2
-  LÍNEA DE TIERRA 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
-  LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu
-  INVERSOR
-  TOMA DE TIERRA

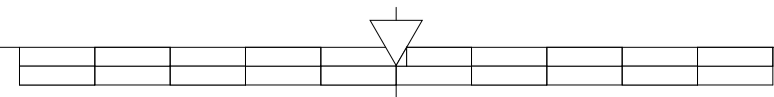
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <p>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</p>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:			
	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO:			
	SECTOR 6			PLANO N°: 07
				HOJA N°: 01/01

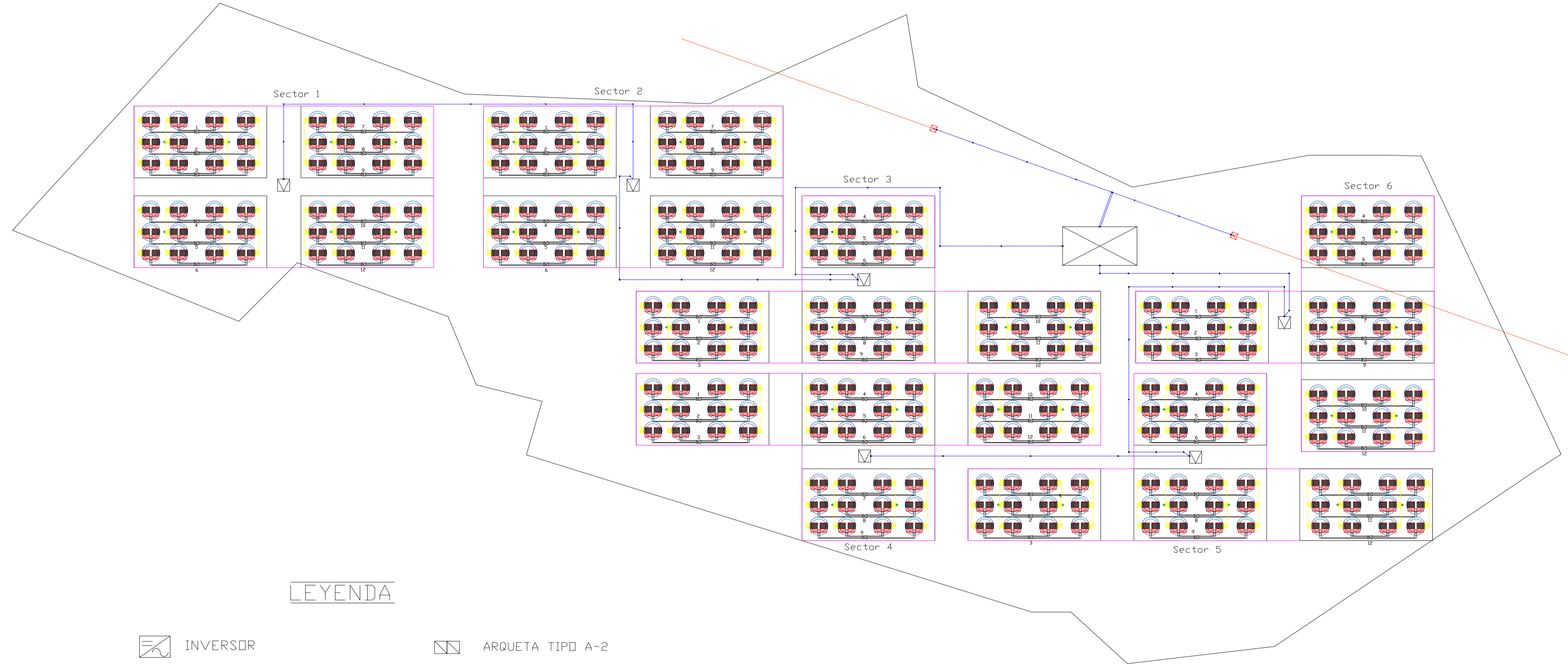


LEYENDA

-  INVERSOR
-  CUADRO DE INTERCONEXIÓN
-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  TOMA DE TIERRA
-  CENTRO DE ENTREGA
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A
-  ARQUETA TIPO A-1
-  CAJA DE SECCIONAMIENTO

	FECHA	NOMBRE	FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR			
COMPROB					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE				
1:30000	DENOMINACIÓN DEL PLANO: RED DE BAJA TENSION				PLANO N°: 08 HOJA N°: 01/01

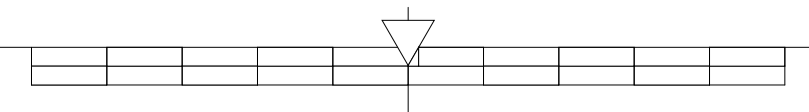


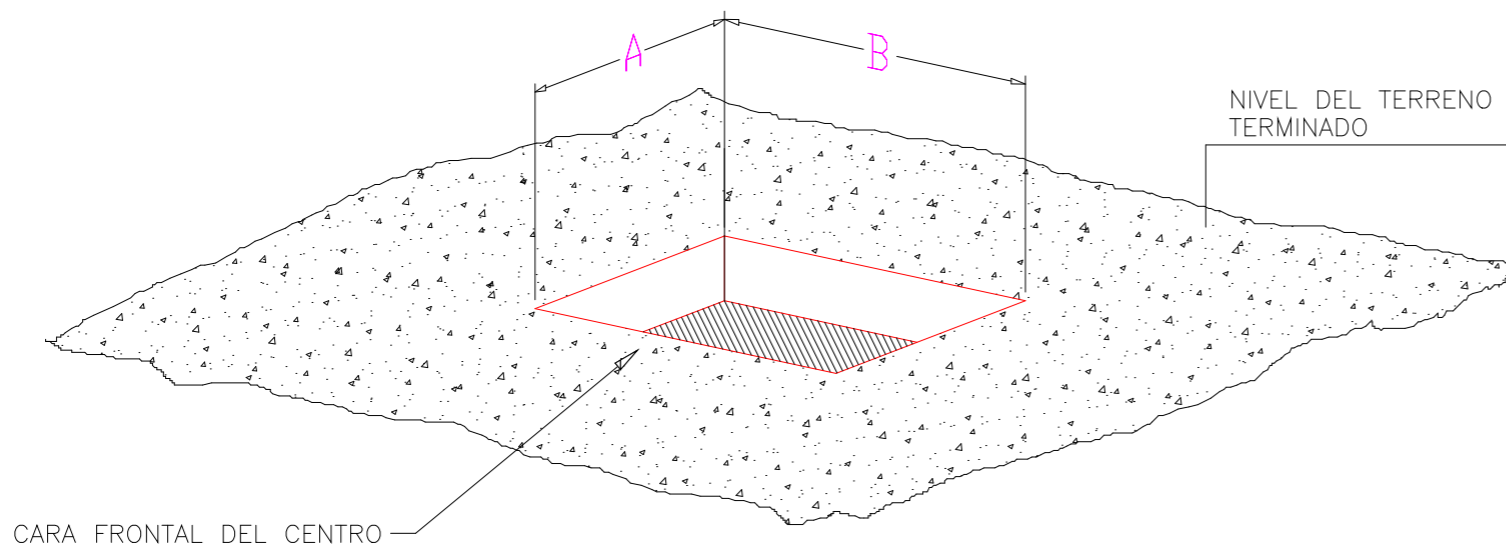


LEYENDA

-  INVERSOR
-  ARQUETA TIPO A-2
-  CENTRO DE TRANSFORMACION 2X1000 kVA
-  CAJA GENERAL DE PROTECCION
-  CENTRO DE ENTREGA
-  CAJA DE SECCIONAMIENTO
-  APOYO DE CELOSIA C-9000-14
-  CUADRO DE INTERCONEXION
-  ARQUETA TIPO A-1
-  TOMA DE TIERRA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR			
COMPROB					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:				
	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE				
1:30000	DENOMINACIÓN DEL PLANO:				PLANO N°: 09
	RED DE MEDIA TENSIÓN				HOJA N°: 01/01





VISTA DE LA EXCAVACION



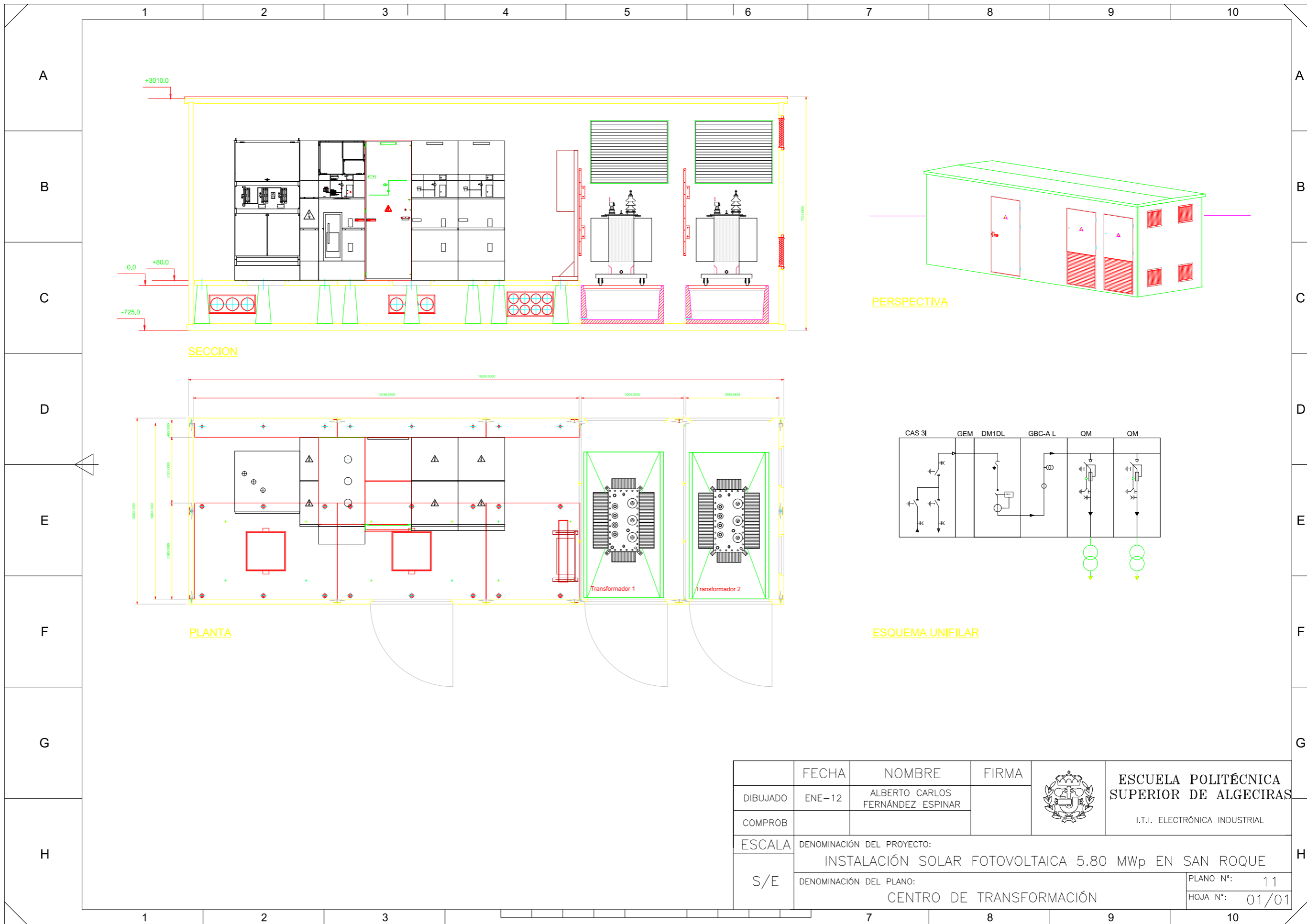
SECCION DEL FOSO


DIMENSIONES (EN METROS)	A	B	C
EHC36-1	3.50	4.50	0,530
EHC36-2	3.50	7.00	0,530
EHM36-3	3.50	5.30	0,700
EHM36-3A	3.50	6.40	0,700
EHM36-4	3.50	7.70	0,700
EHM36-5	3.50	10.10	0,700
EHM36-6	3.50	12.50	0,700
EHM36-7	3.50	14.90	0,700

CONDICIONES QUE EL CLIENTE DEBERA CUMPLIR CON ANTERIORIDAD A LA INSTALACION:

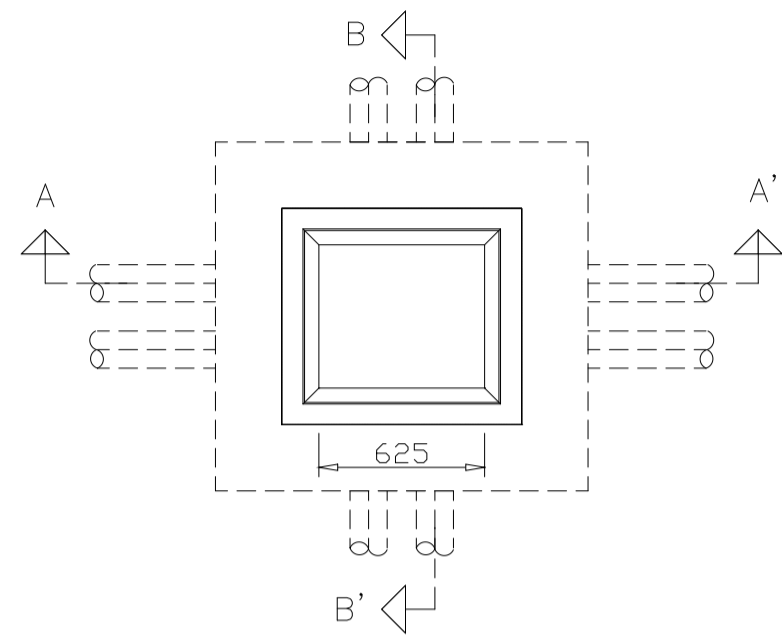
- Debera existir un camino hasta la zona de ubicacion del centro suficiente para el acceso de un camion de 24 toneladas (ancho del camino mayor de 3 metros).
- La zona de ubicacion del centro estara libre, en sus zonas limitrofes, de obstaculos que impidan la descarga de los materiales y el montaje del centro.
- El lecho de arena de 150 milimetros de espesor minimo, sera por cuenta del cliente, y debera estar realizado con anterioridad a la instalacion del centro segun se indica en el dibujo superior.

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <p>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</p>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: FOSO CENTRO TRANSFORMACIÓN			PLANO N°: 10 HOJA N°: 01/01

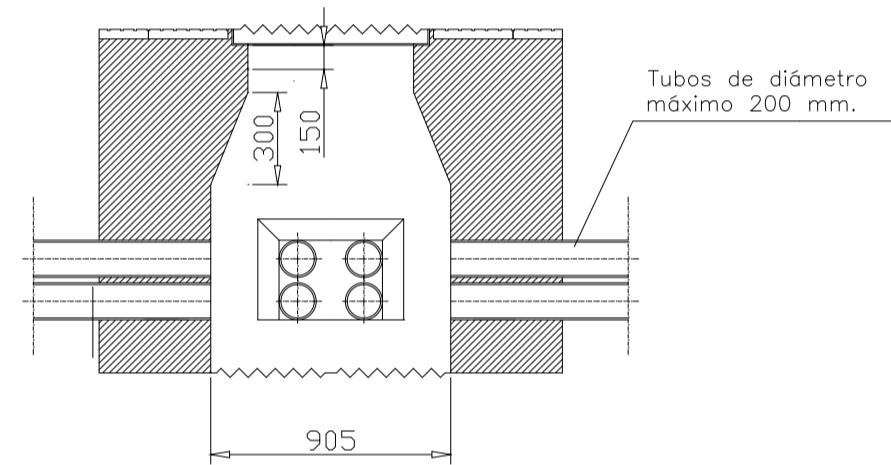


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN			PLANO N°: 11 HOJA N°: 01/01

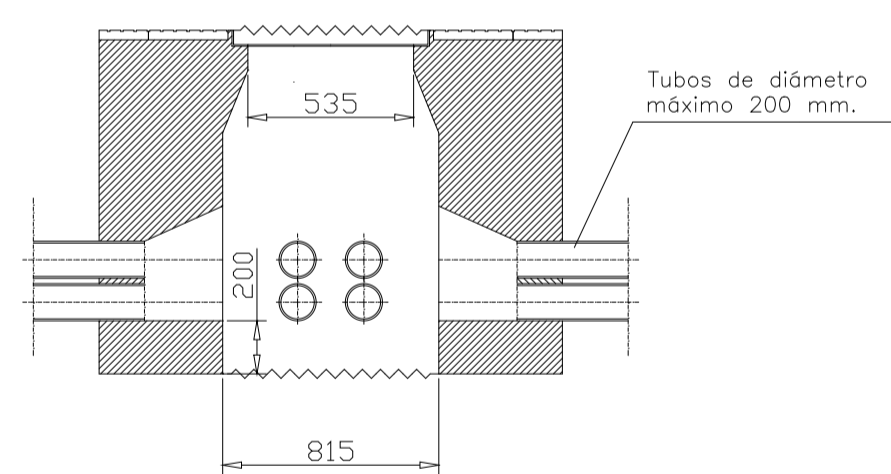
PLANTA ARQUETA TIPO A-1
(PREFABRICADA DE HORMIGÓN).



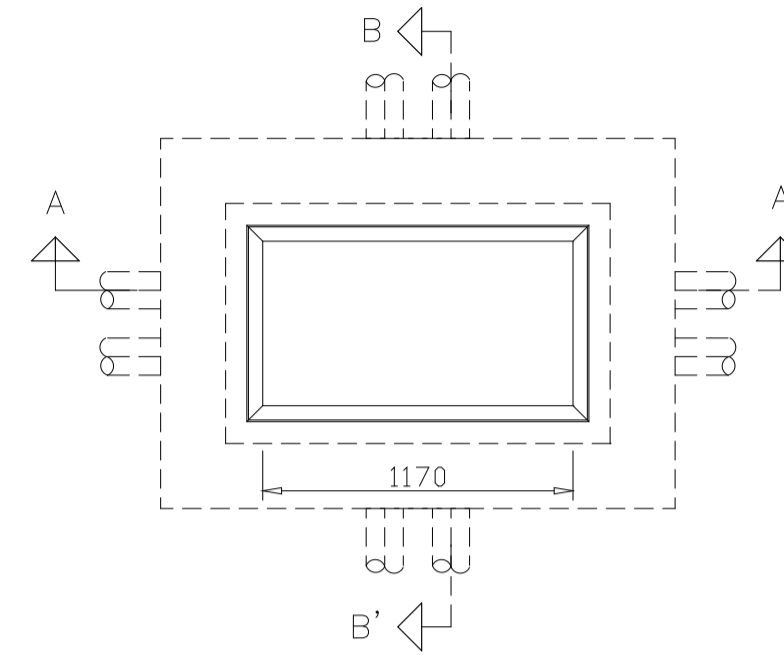
Sección A-A'



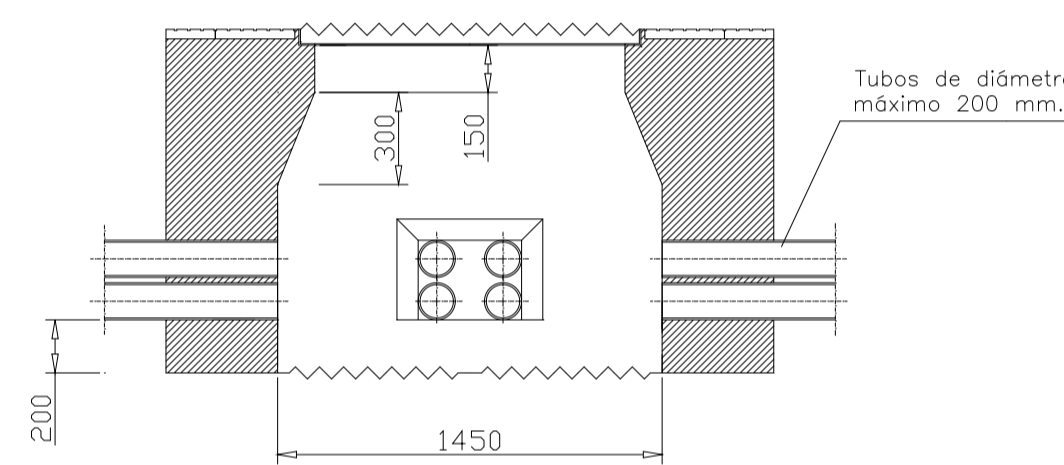
Sección B-B'



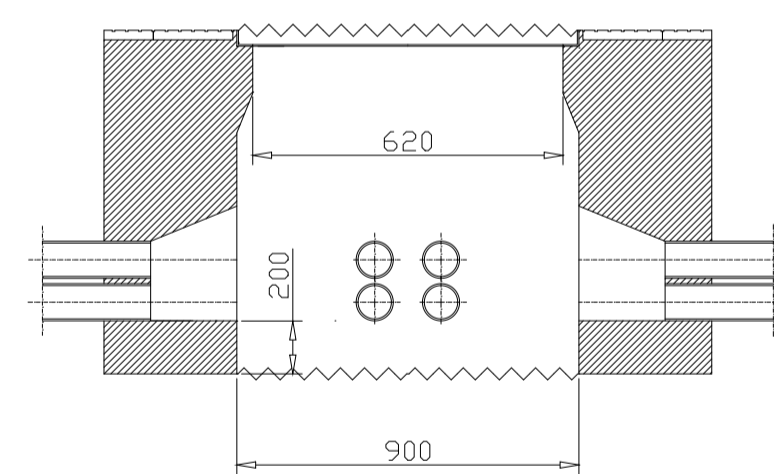
PLANTA ARQUETA TIPO A-2
(PREFABRICADA DE HORMIGÓN).



Sección A-A'



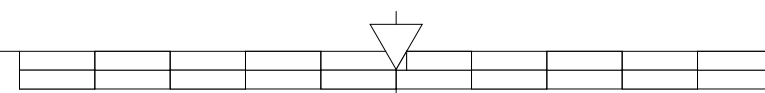
Sección B-B'

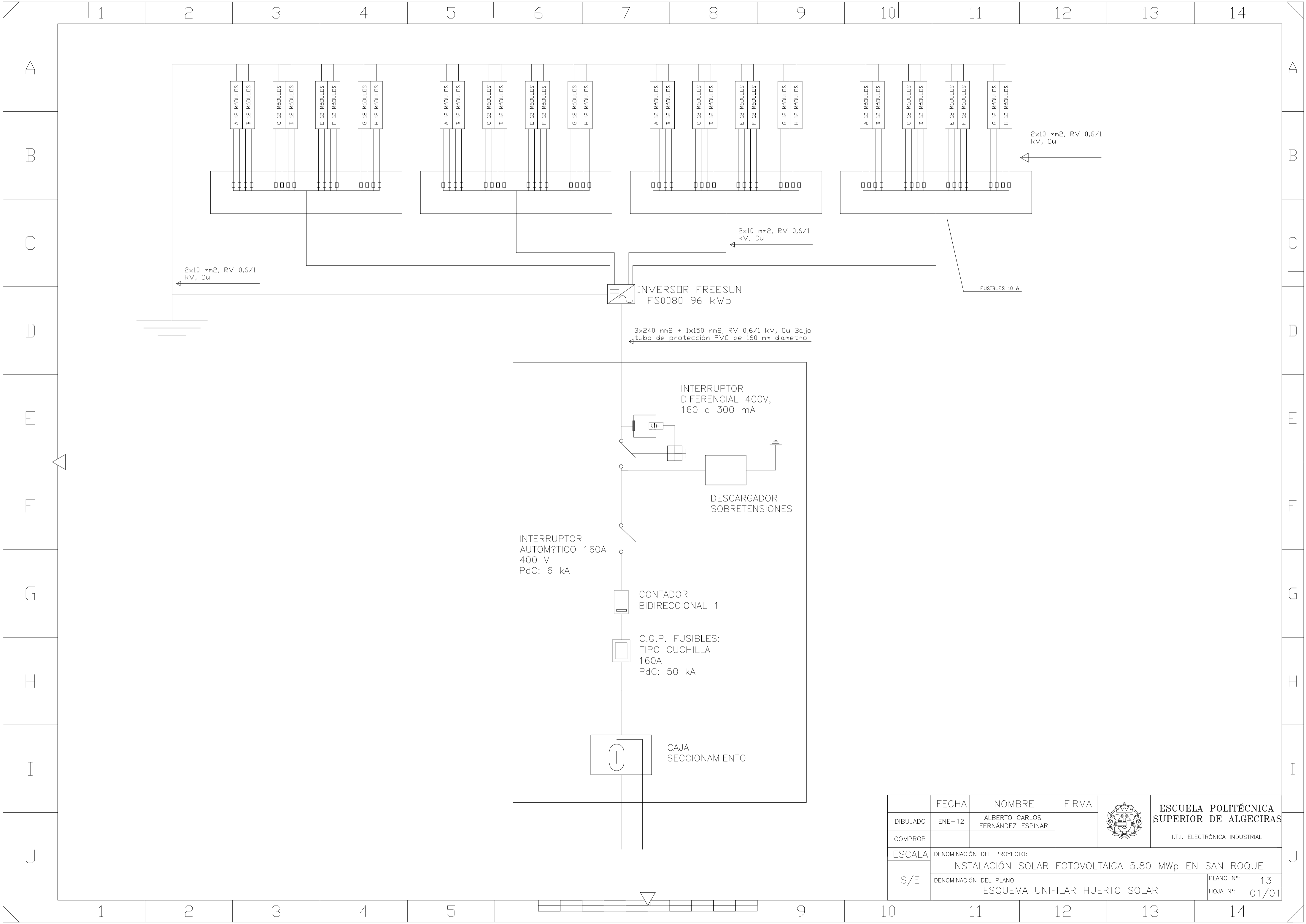


CODIFICACIÓN:

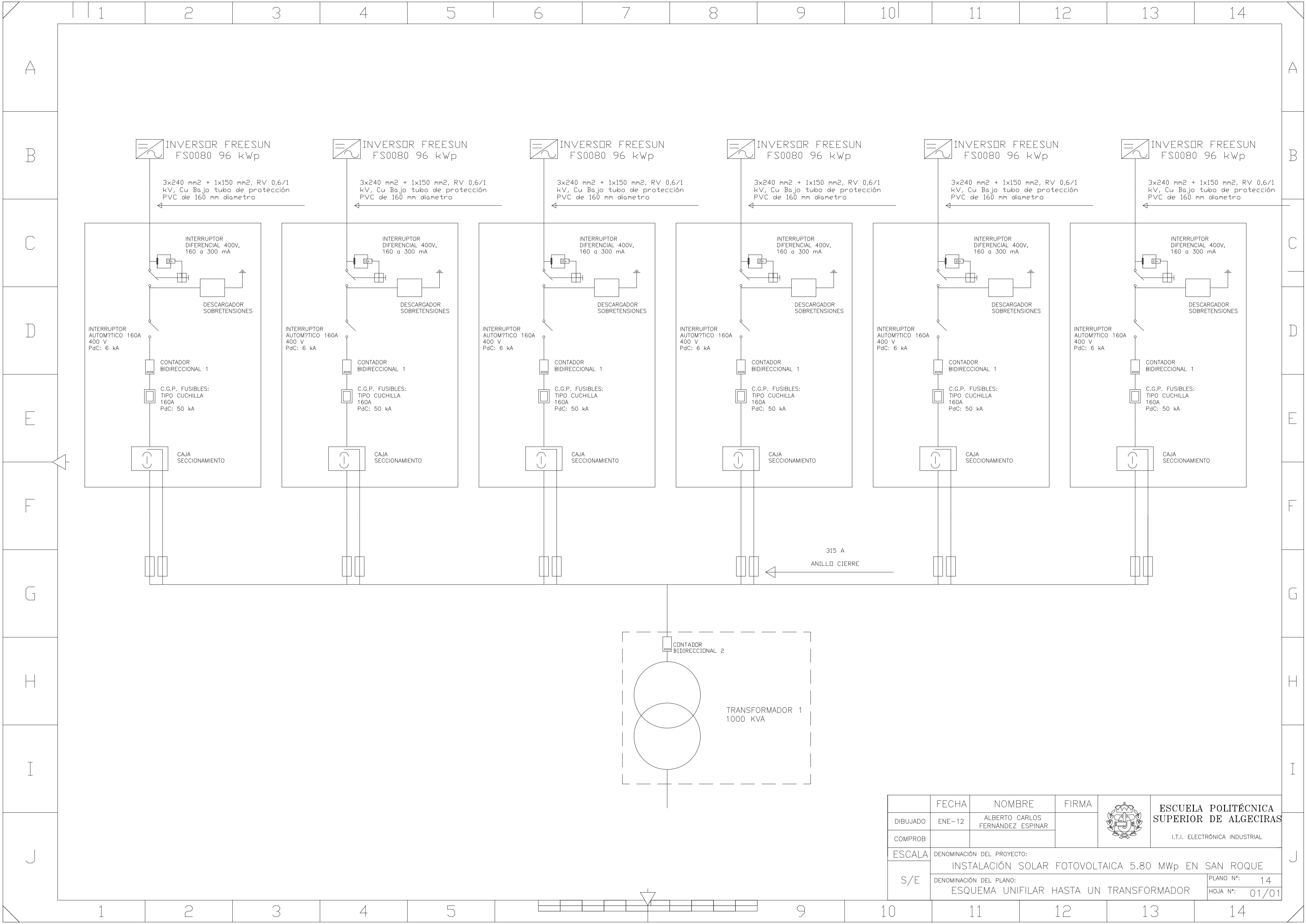
TIPO	DESIGNACIÓN	CÓDIGO
Arqueta prefabricada de hormigón tipo A-1	APHA1 400	6705013
Arqueta prefabricada de hormigón tipo A-2	APHA2 400	6705016

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <p>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</p>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: ARQUETAS.			PLANO N°: 12 HOJA N°: 01/01





	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: ESQUEMA UNIFILAR HUERTO SOLAR			PLANO N°: 13 HOJA N°: 01/01



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: ESQUEMA UNIFILAR HASTA UN TRANSFORMADOR			PLANO N°: 14 HOJA N°: 01/01

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J

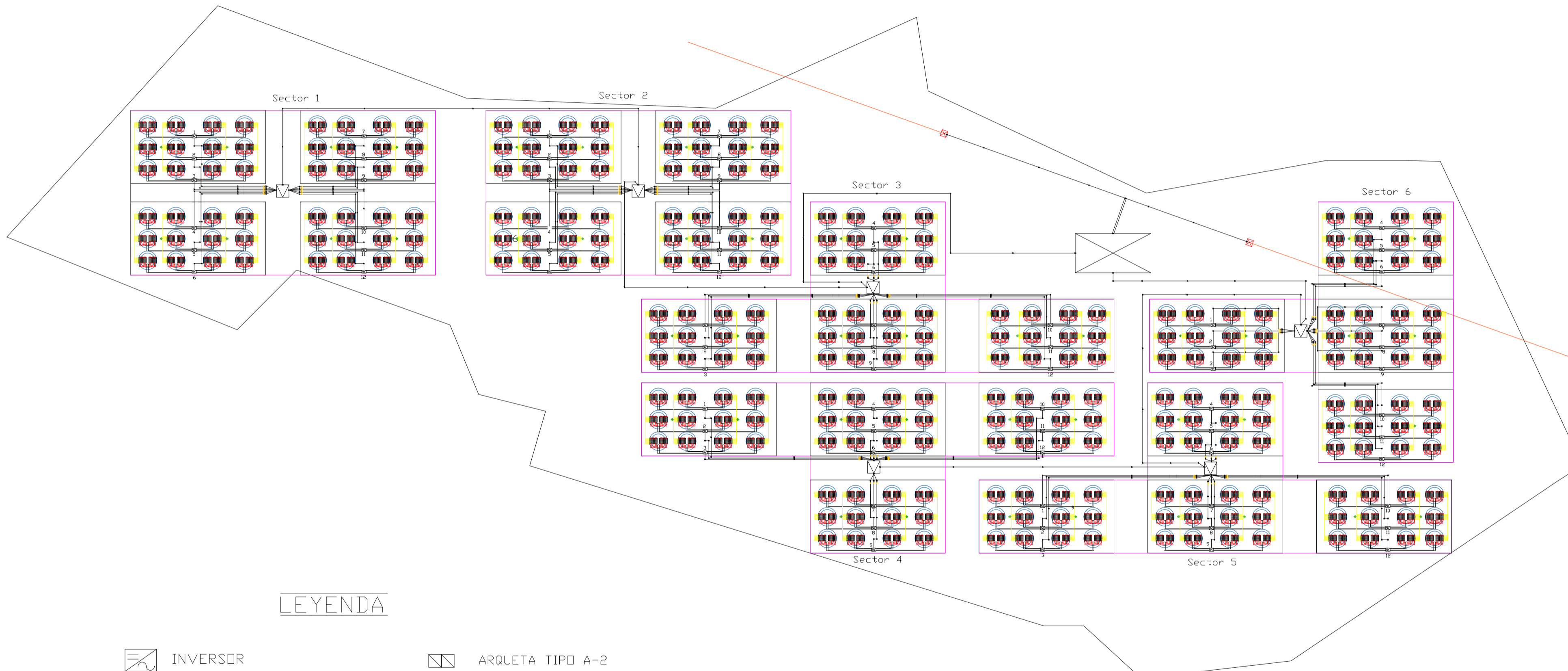


SITUACION

Término Municipal de La Línea de la Concepción


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA			PLANO Nº 01 HOJA Nº 01/01

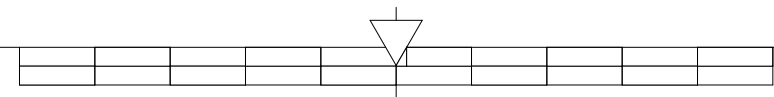
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

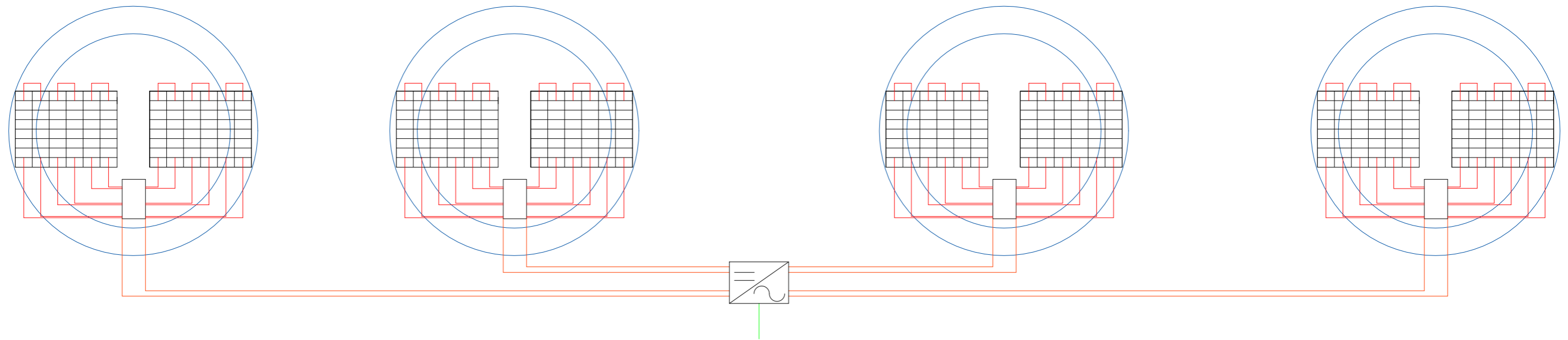


LEYENDA

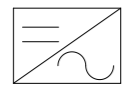
- | | | | |
|---|-------------------------------------|---|----------------------------|
|  | INVERSOR |  | ARQUETA TIPO A-2 |
|  | CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 KVA |  | CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN |
|  | CENTRO DE ENTREGA |  | CAJA DE SECCIONAMIENTO |
|  | APOYO DE CELOSÍA C-9000-14 |  | CUADRO DE INTERCONEXIÓN |
|  | ARQUETA TIPO A-1 |  | TOMA DE TIERRA |

	FECHA	NOMBRE	FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR			
COMPROB					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE				
1:30000	DENOMINACIÓN DEL PLANO: PLANO GENERAL				PLANO N°: 02 HOJA N°: 01/01





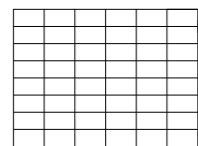
LEYENDA



INVERSOR



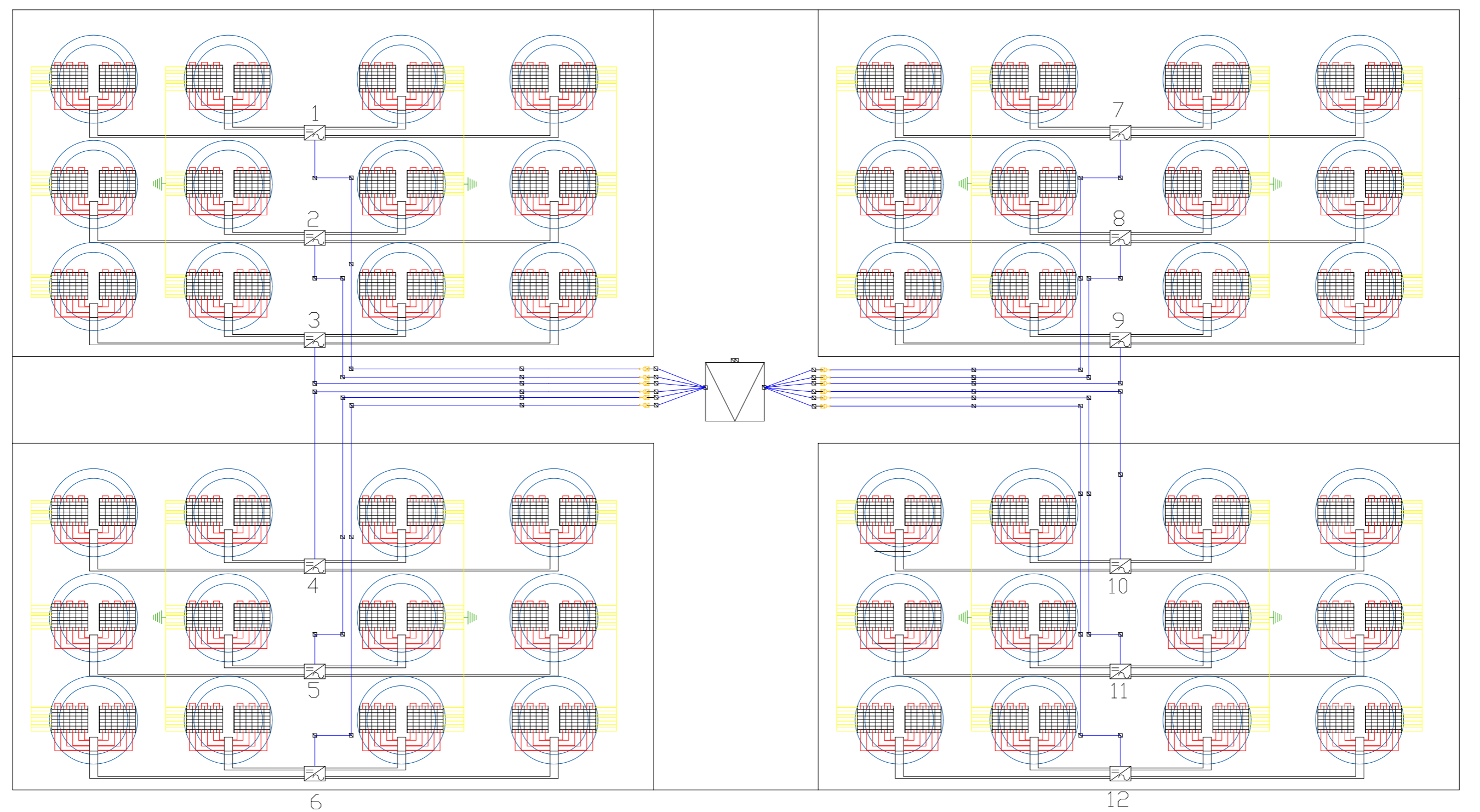
CUADRO DE INTERCONEXIONES











MÓDULO DE PLACAS, 6X8 PLACAS


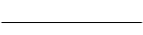

- LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
- LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
- LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: ESQUEMA HUERTO SOLAR			PLANO N°: 03 HOJA N°: 01/01



LEYENDA

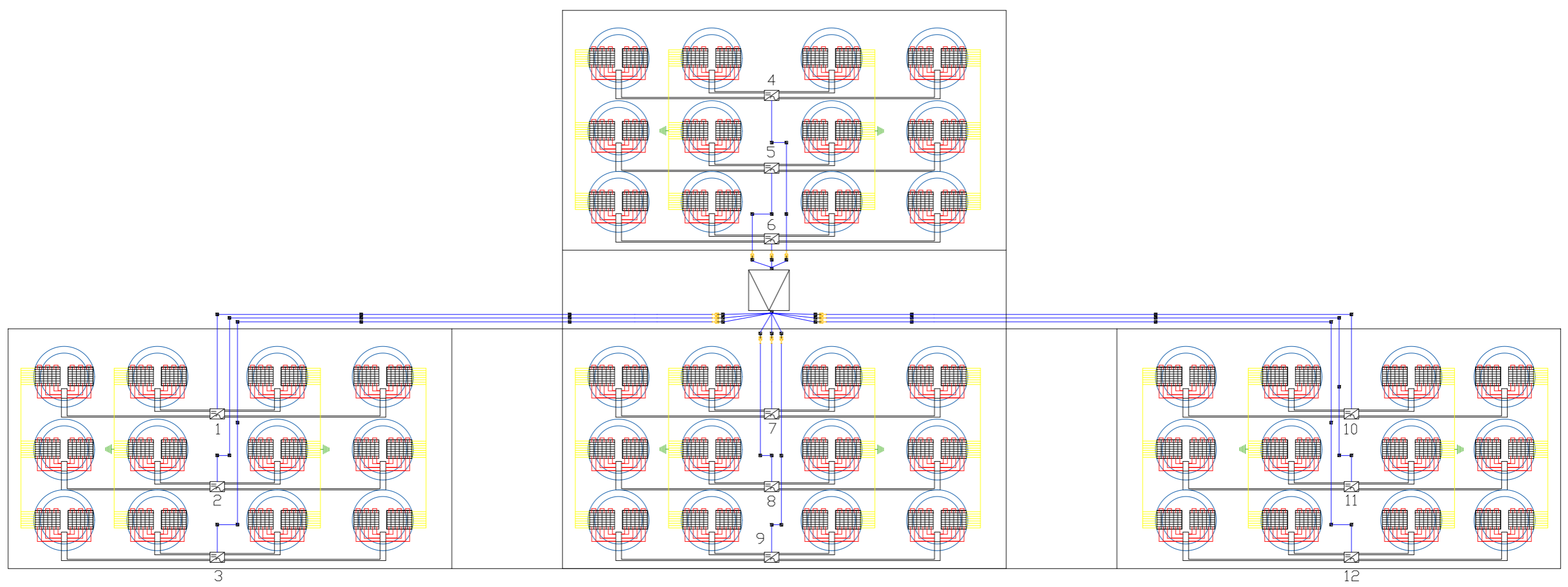
-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  CUADRO DE INTERCONEXIONES
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A
-  CAJA SECCIONADORA
-  ARQUETA TIPOS A-1 Y A-2
-  LÍNEA DE TIERRA 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  INVERSOR
-  TOMA DE TIERRA

-  LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
-  LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu










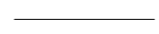

	FECHA	NOMBRE	FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR			
COMPROB					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:				
	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE				
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO:				
	SECTORES 1-2				PLANO N°: 04 HOJA N°: 01/01

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

A
B
C
D
E
F
G
H

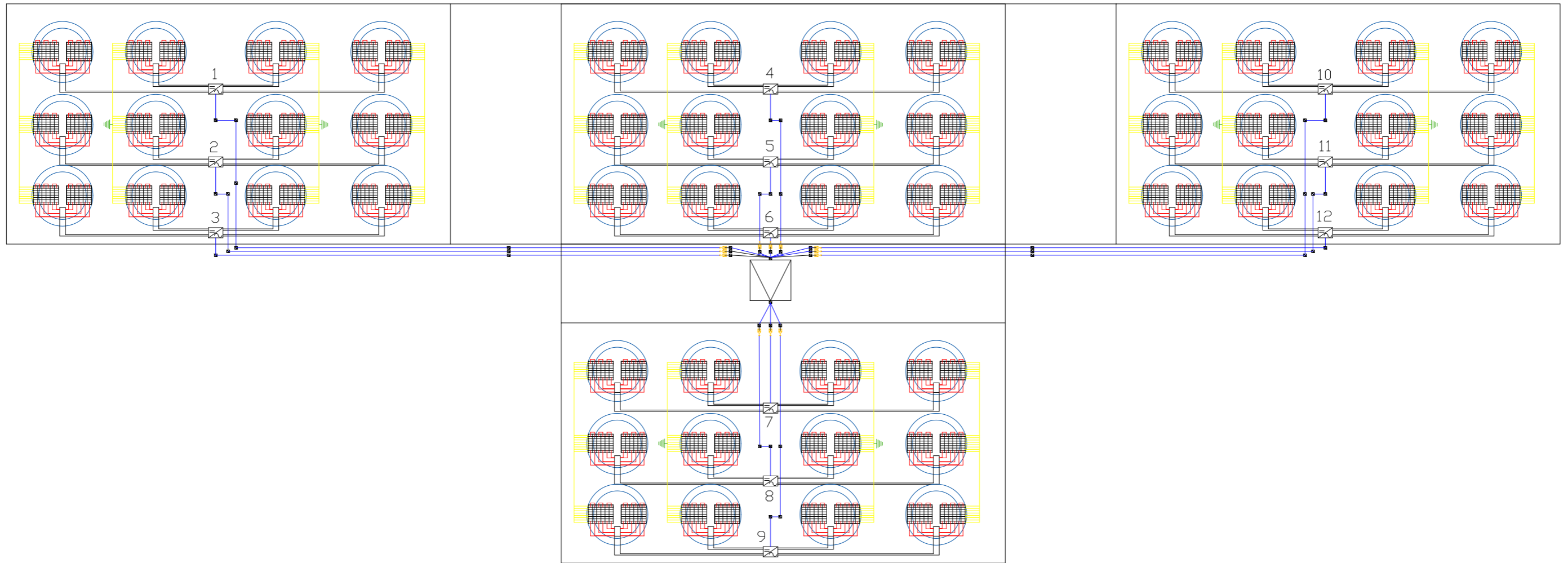


LEYENDA

-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  CUADRO DE INTERCONEXIONES
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A
-  CAJA SECCIONADORA
-  ARQUETA TIPOS A-1 Y A-2
-  INVERSOR
-  TOMA DE TIERRA
-  LÍNEA DE TIERRA 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
-  LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: SECTORES 3-5			PLANO N°: 05 HOJA N°: 01/01

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



LEYENDA



CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
2X1000 kVA



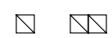
CUADRO DE INTERCONEXIONES



CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A



CAJA SECCIONADORA



ARQUETA TIPOS A-1 Y A-2



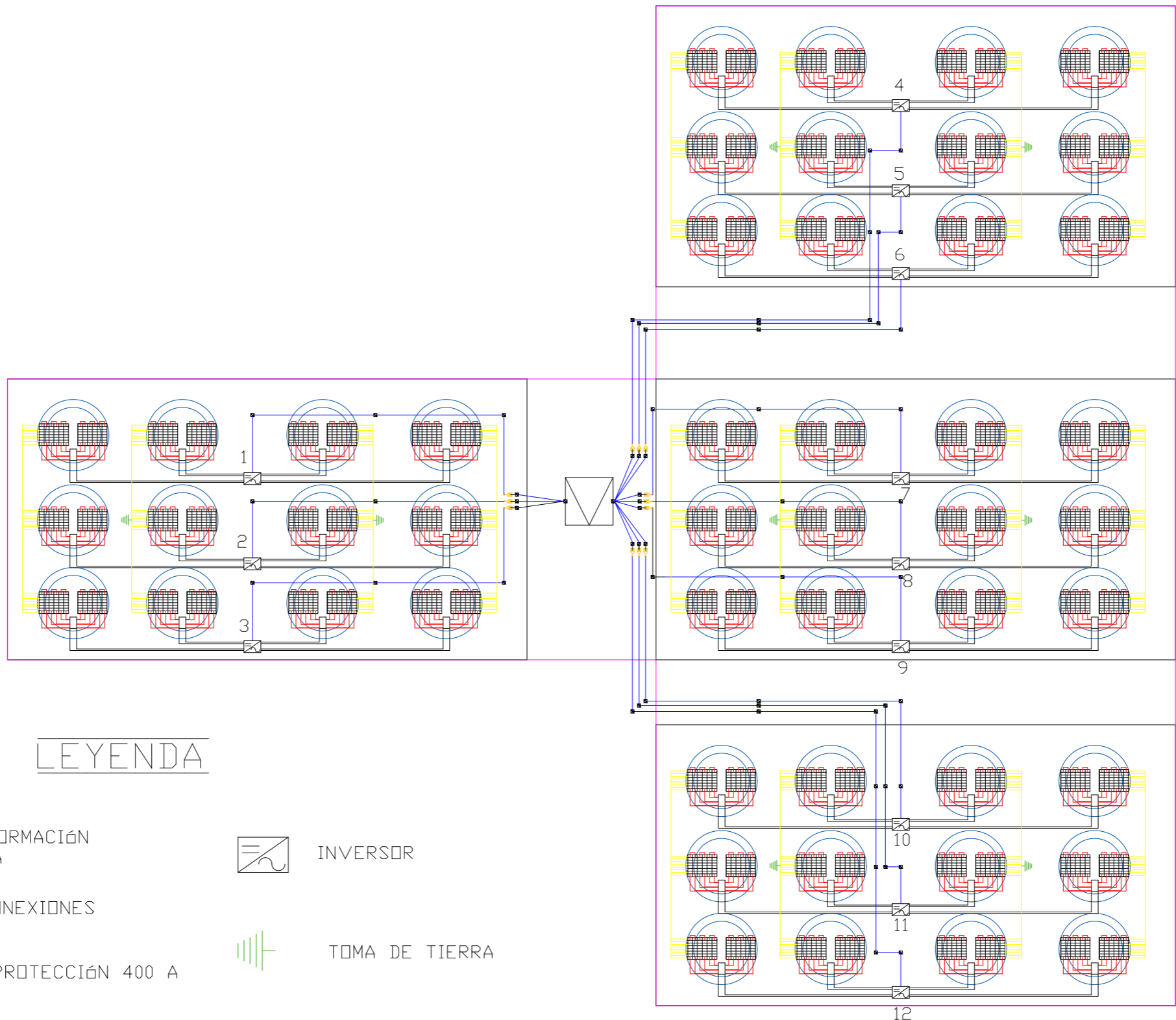
INVERSOR



TOMA DE TIERRA


- LÍNEA DE TIERRA 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
- LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
- LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
- LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu

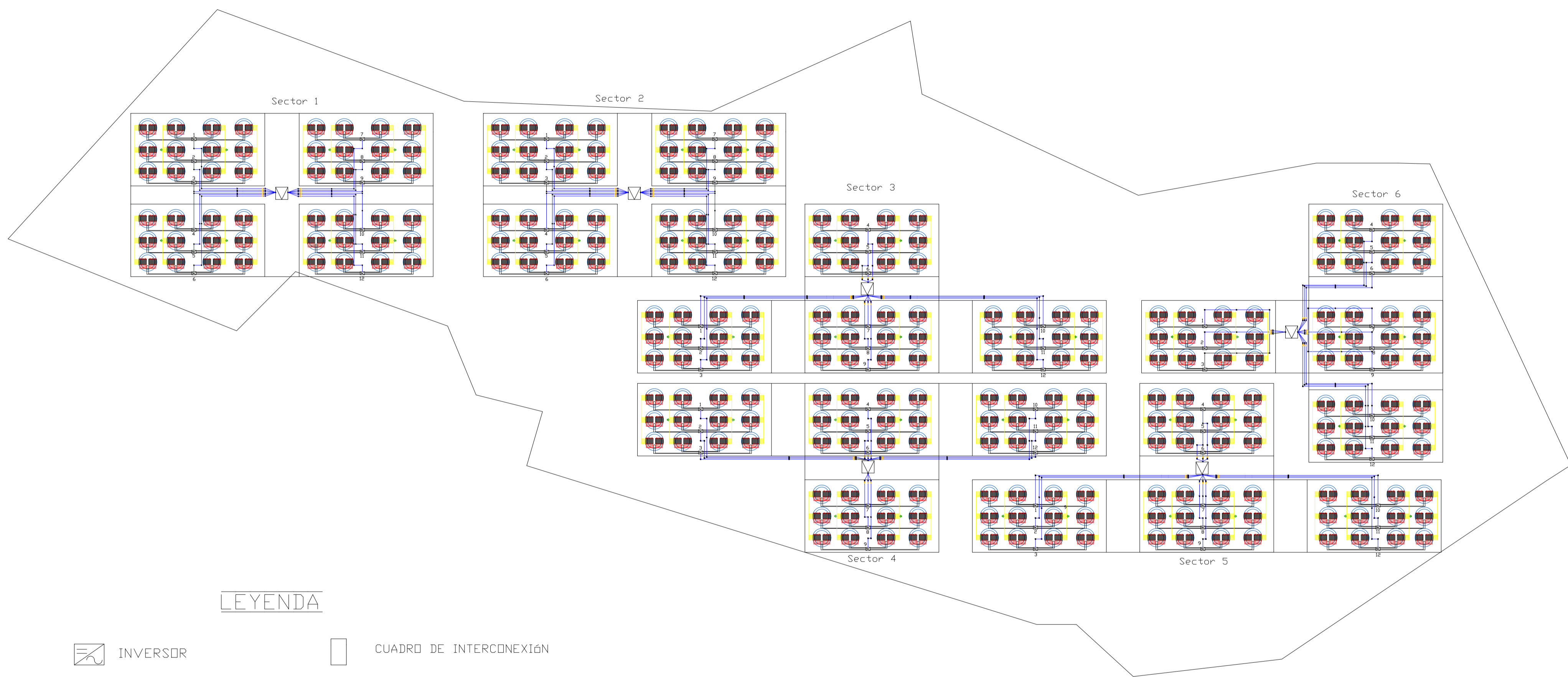
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <p>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</p>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: SECTOR 4			PLANO N°: 06 HOJA N°: 01/01











LEYENDA

-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  CUADRO DE INTERCONEXIONES
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A
-  CAJA SECCIONADORA
-  ARQUETA TIPOS A-1 Y A-2
-  LÍNEA DE TIERRA 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
-  LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu
-  INVERSOR
-  TOMA DE TIERRA

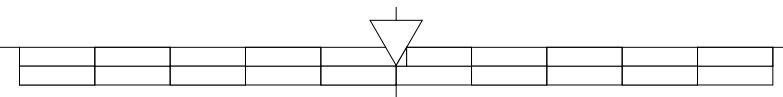
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <p>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</p>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: SECTOR 6			PLANO N°: 07 HOJA N°: 01/01

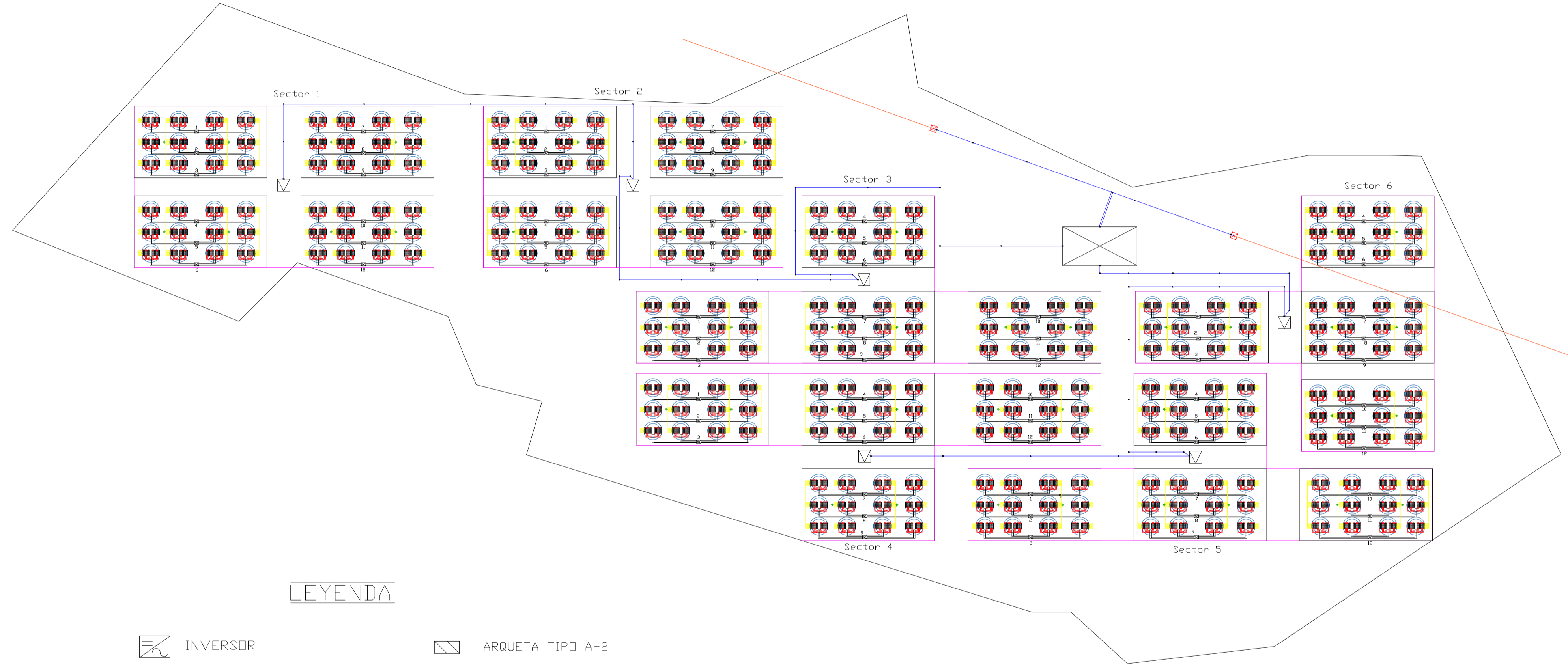


LEYENDA

-  INVERSOR
-  CUADRO DE INTERCONEXIÓN
-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  TOMA DE TIERRA
-  CENTRO DE ENTREGA
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A
-  ARQUETA TIPO A-1
-  CAJA DE SECCIONAMIENTO

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:			
	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
1:30000	DENOMINACIÓN DEL PLANO:			PLANO N°: 08
	RED DE BAJA TENSION			HOJA N°: 01/01

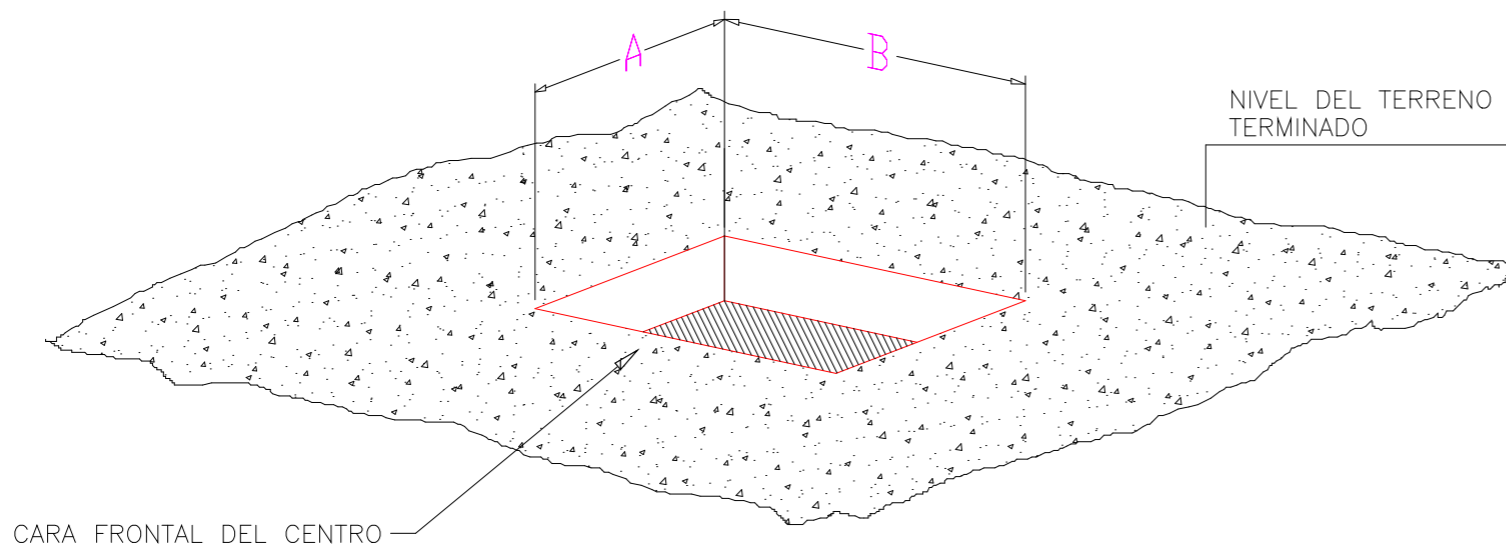




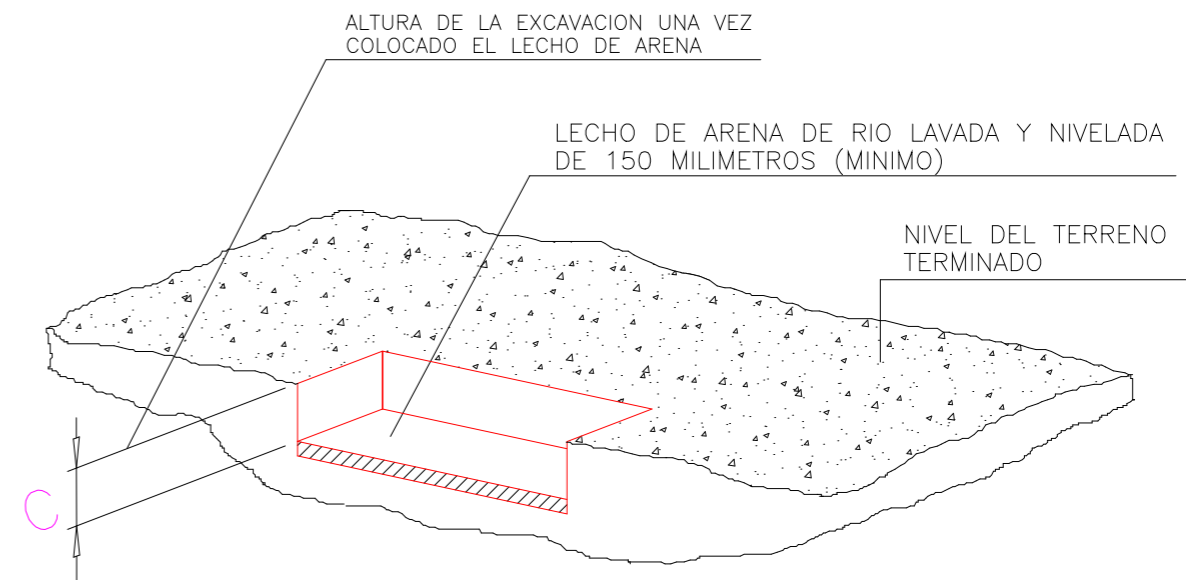
LEYENDA

-  INVERSOR
-  ARQUETA TIPO A-2
-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN
-  CENTRO DE ENTREGA
-  CAJA DE SECCIONAMIENTO
-  APOYO DE CELOSÍA C-9000-14
-  ARQUETA TIPO A-1
-  CUADRO DE INTERCONEXIÓN
-  TOMA DE TIERRA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS <small>I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</small>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR			
COMPROB					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:				
	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE				
1:30000	DENOMINACIÓN DEL PLANO:				PLANO N°: 09
	RED DE MEDIA TENSIÓN				HOJA N°: 01/01



VISTA DE LA EXCAVACION



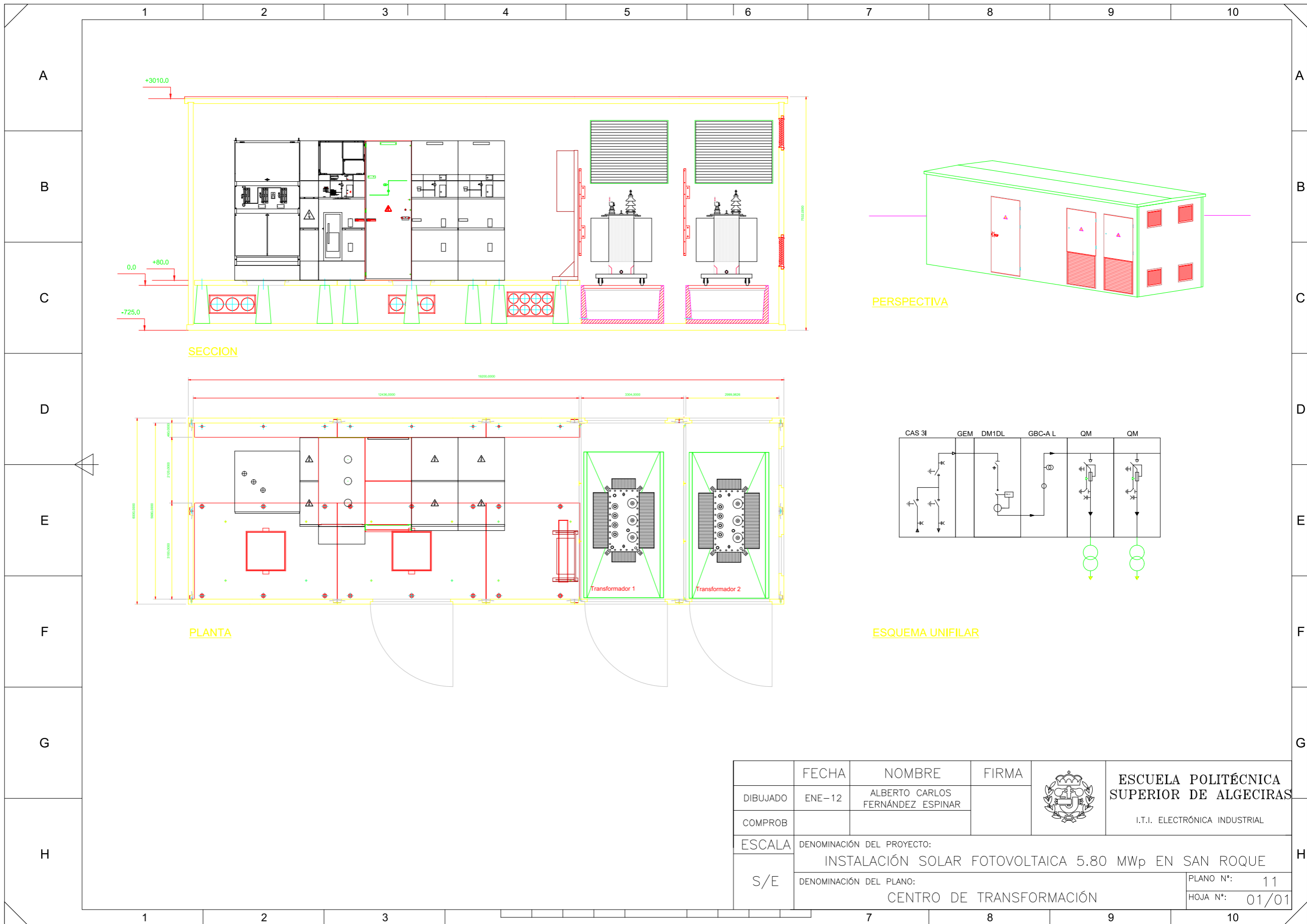
SECCION DEL FOSO


DIMENSIONES (EN METROS)	A	B	C
EHC36-1	3.50	4.50	0,530
EHC36-2	3.50	7.00	0,530
EHM36-3	3.50	5.30	0,700
EHM36-3A	3.50	6.40	0,700
EHM36-4	3.50	7.70	0,700
EHM36-5	3.50	10.10	0,700
EHM36-6	3.50	12.50	0,700
EHM36-7	3.50	14.90	0,700

CONDICIONES QUE EL CLIENTE DEBERA CUMPLIR CON ANTERIORIDAD A LA INSTALACION:

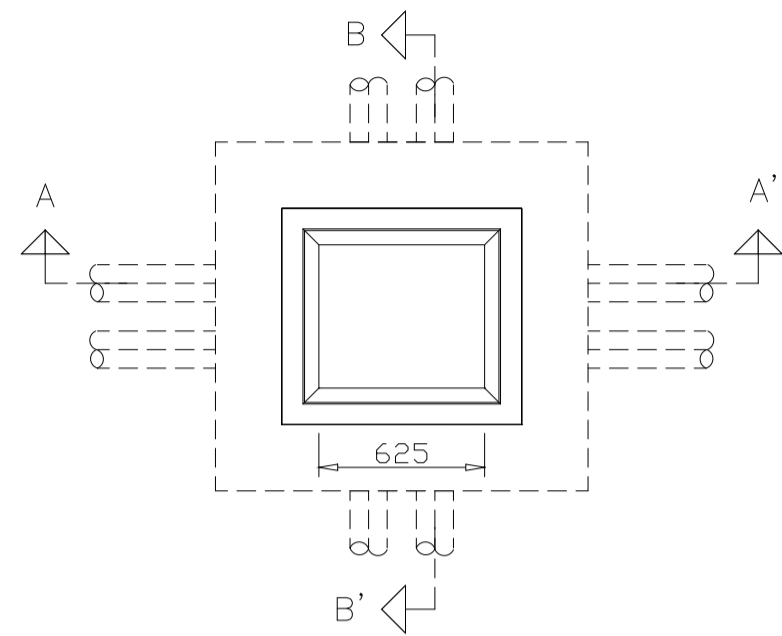
- Debera existir un camino hasta la zona de ubicacion del centro suficiente para el acceso de un camion de 24 toneladas (ancho del camino mayor de 3 metros).
- La zona de ubicacion del centro estara libre, en sus zonas limitrofes, de obstaculos que impidan la descarga de los materiales y el montaje del centro.
- El lecho de arena de 150 milimetros de espesor minimo, sera por cuenta del cliente, y debera estar realizado con anterioridad a la instalacion del centro segun se indica en el dibujo superior.

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <p>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</p>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: FOSO CENTRO TRANSFORMACIÓN			PLANO N°: 10 HOJA N°: 01/01

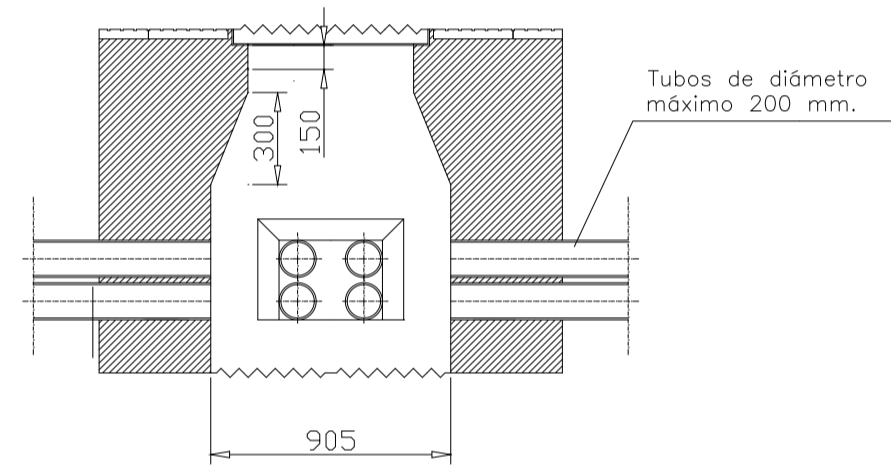


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN			PLANO N°: 11 HOJA N°: 01/01

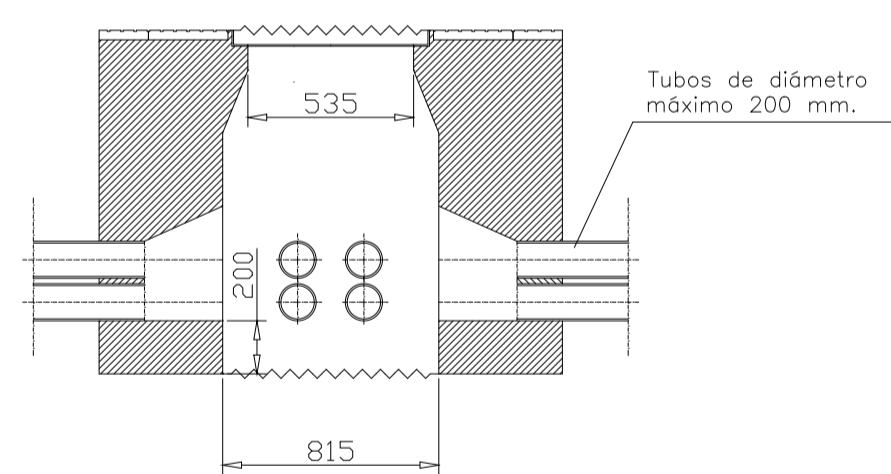
PLANTA ARQUETA TIPO A-1
(PREFABRICADA DE HORMIGÓN).



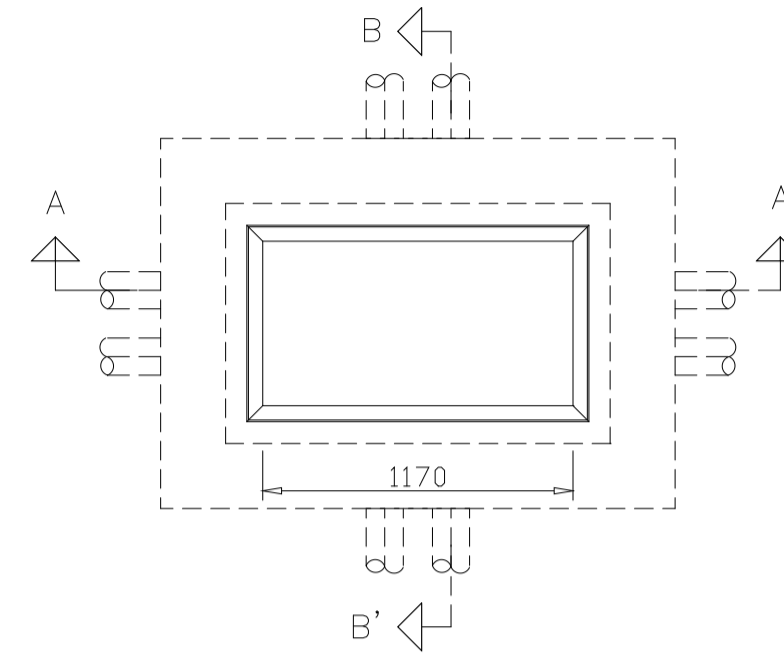
Sección A-A'



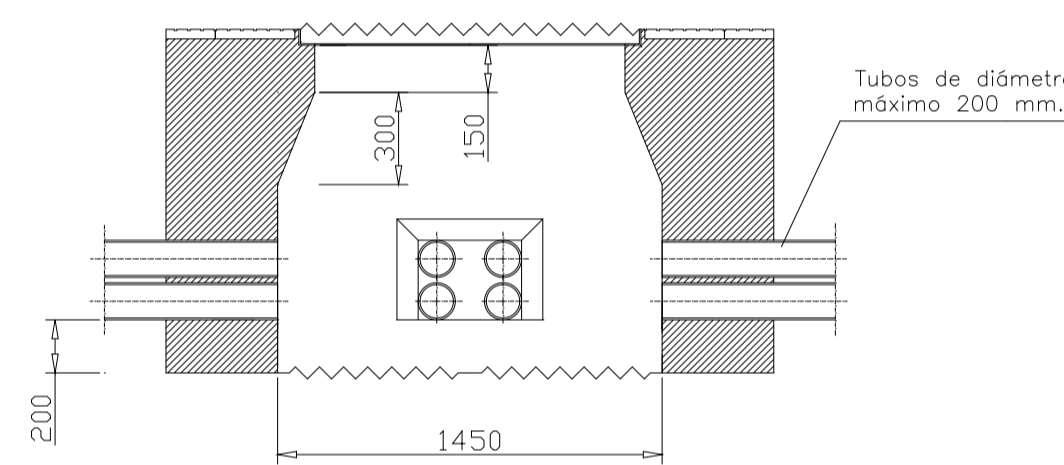
Sección B-B'



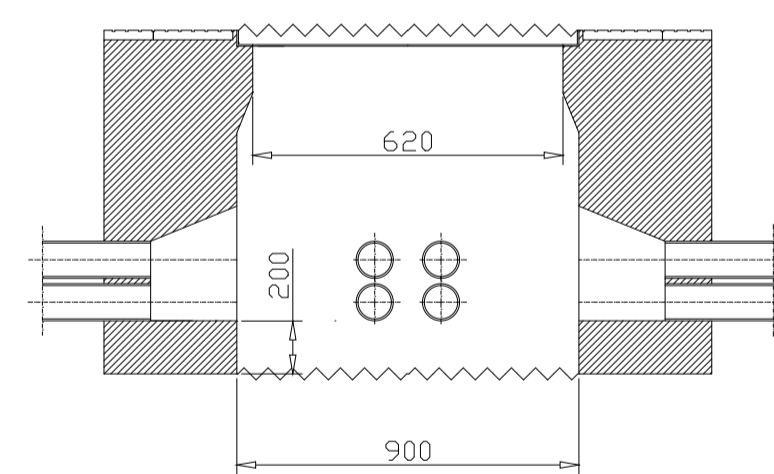
PLANTA ARQUETA TIPO A-2
(PREFABRICADA DE HORMIGÓN).



Sección A-A'



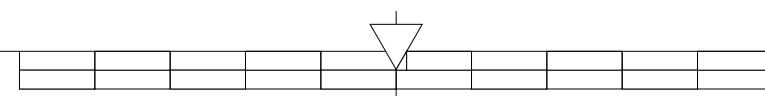
Sección B-B'

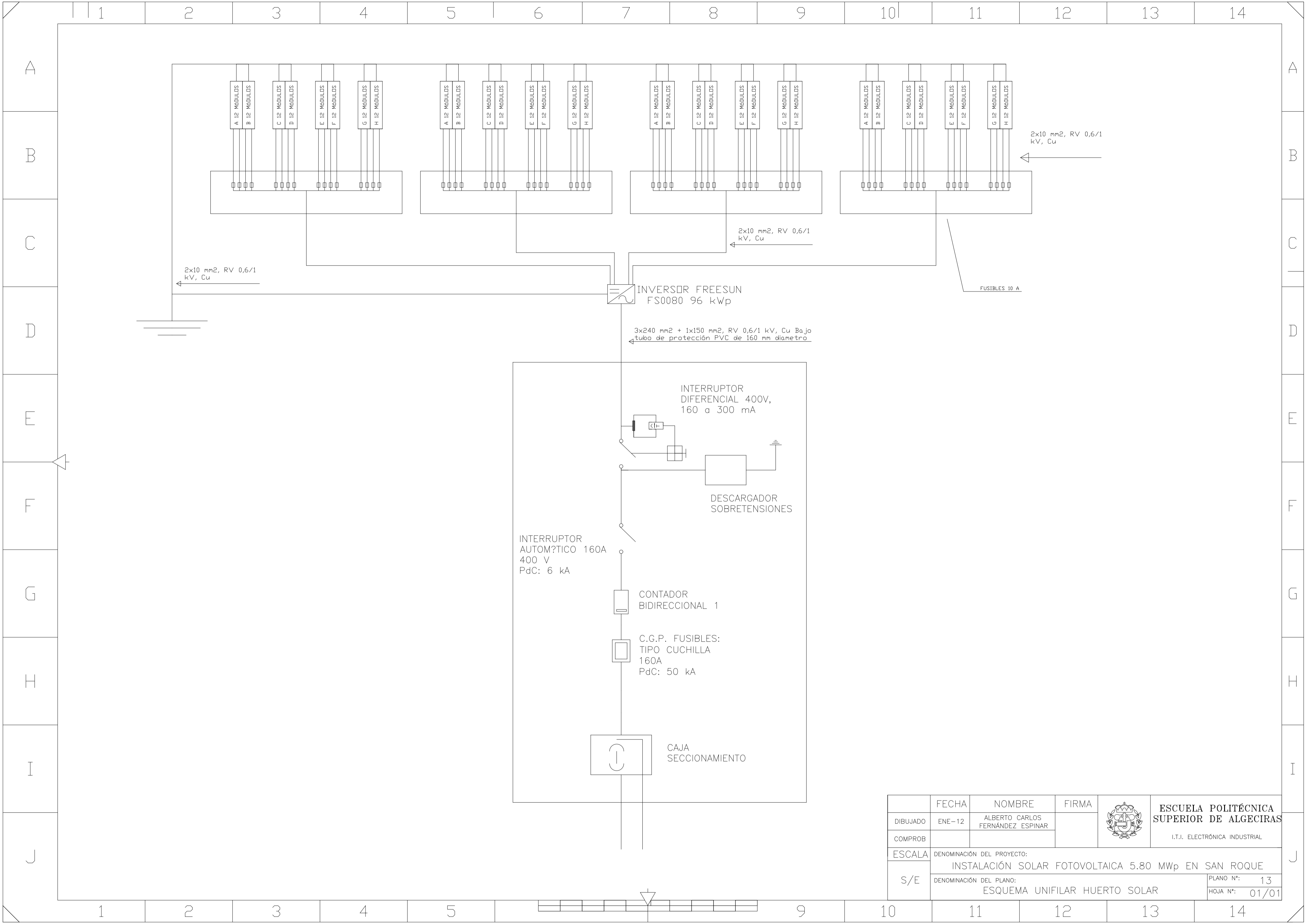


CODIFICACIÓN:

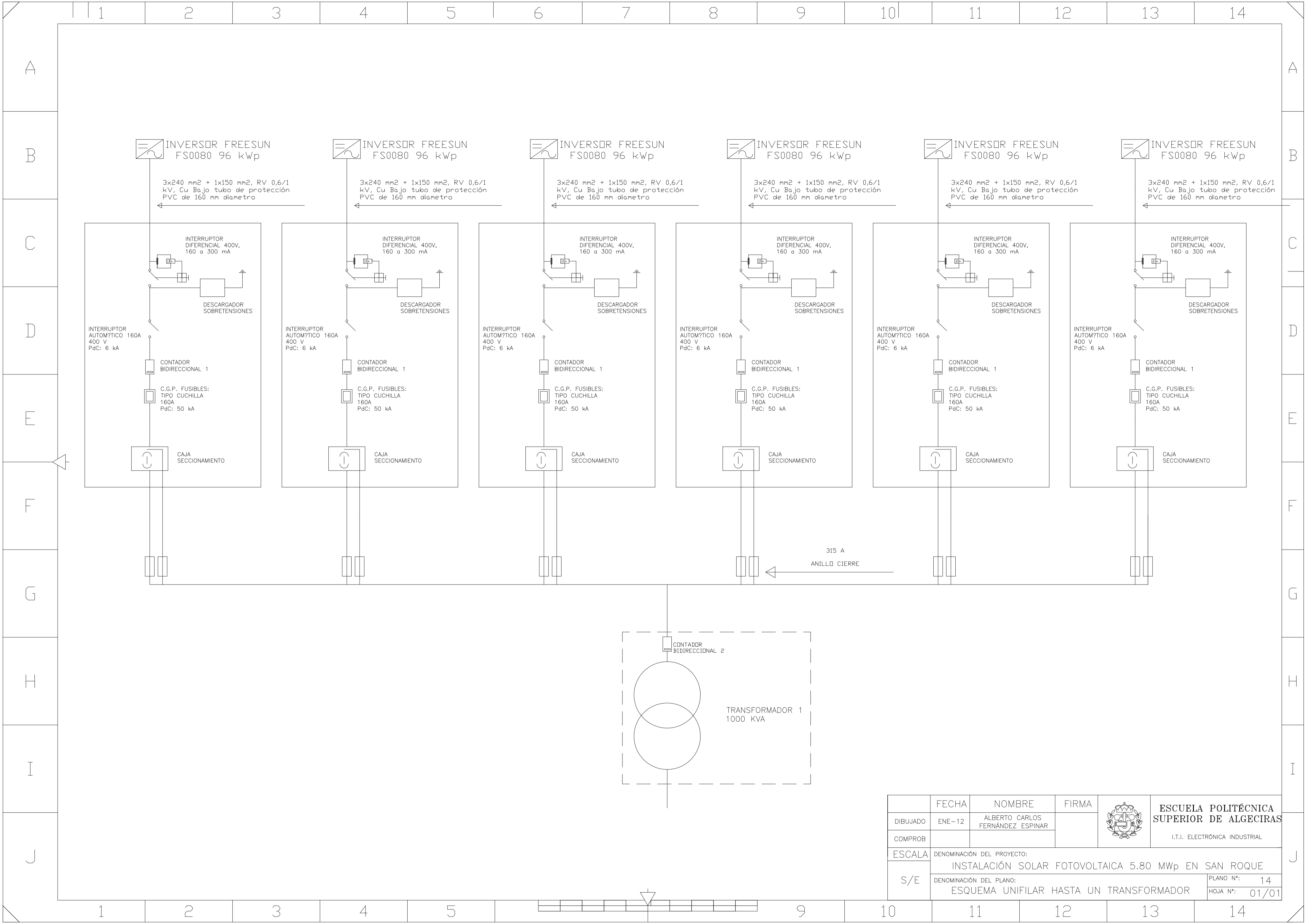
TIPO	DESIGNACIÓN	CÓDIGO
Arqueta prefabricada de hormigón tipo A-1	APHA1 400	6705013
Arqueta prefabricada de hormigón tipo A-2	APHA2 400	6705016

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: ARQUETAS.			PLANO N°: 12 HOJA N°: 01/01





	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: ESQUEMA UNIFILAR HUERTO SOLAR			PLANO N°: 13 HOJA N°: 01/01



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: ESQUEMA UNIFILAR HASTA UN TRANSFORMADOR			PLANO N°: 14 HOJA N°: 01/01

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J

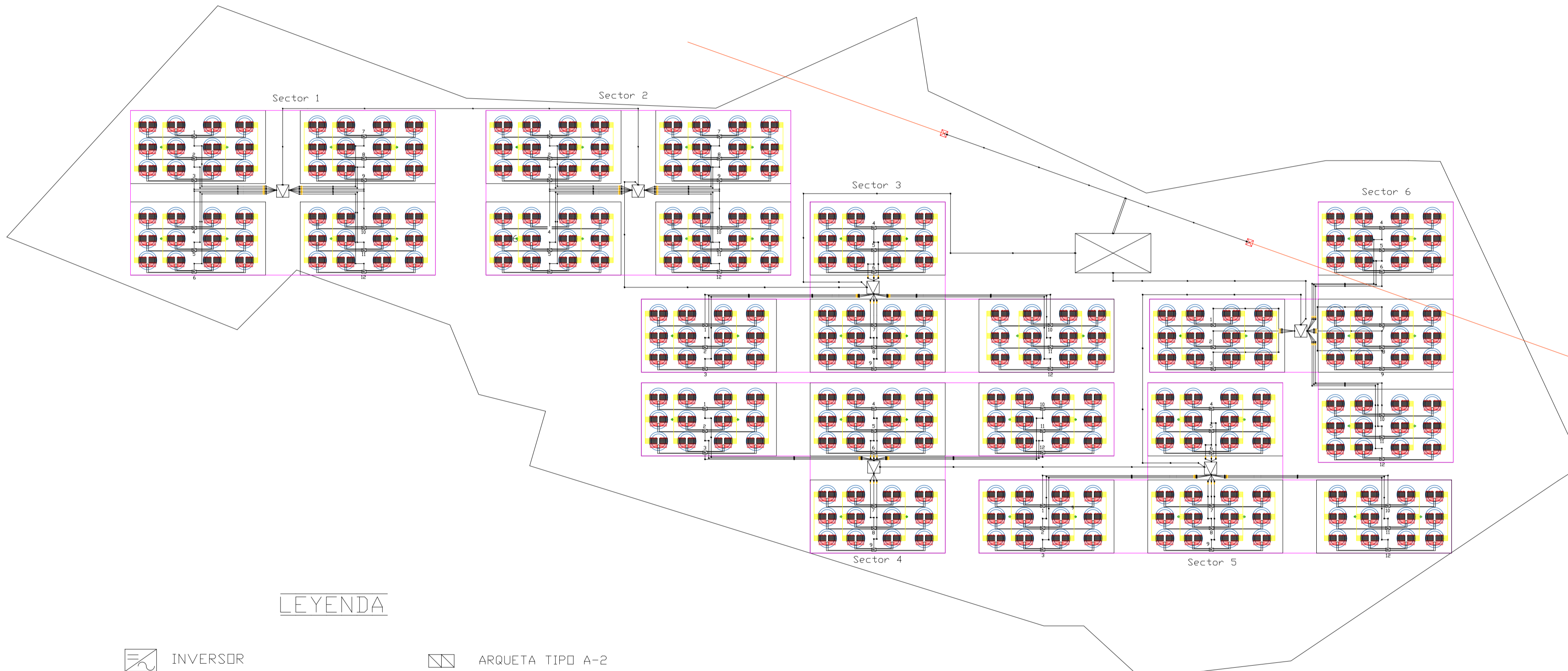


SITUACION

Término Municipal de La Línea de la Concepción

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA			PLANO Nº 01 HOJA Nº 01/01

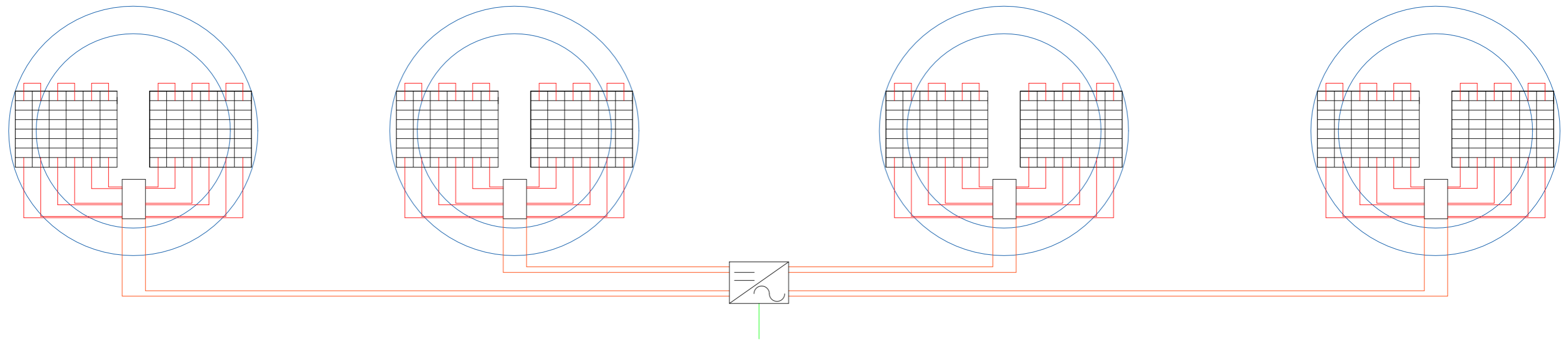
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



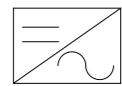
LEYENDA

- | | | | |
|--|-------------------------------------|--|----------------------------|
| | INVERSOR | | ARQUETA TIPO A-2 |
| | CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 KVA | | CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN |
| | CENTRO DE ENTREGA | | CAJA DE SECCIONAMIENTO |
| | APOYO DE CELOSÍA C-9000-14 | | CUADRO DE INTERCONEXIÓN |
| | ARQUETA TIPO A-1 | | TOMA DE TIERRA |

	FECHA	NOMBRE	FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR			
COMPROB					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE				
1:30000	DENOMINACIÓN DEL PLANO: PLANO GENERAL				PLANO N°: 02 HOJA N°: 01/01



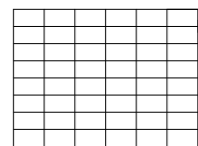
LEYENDA



INVERSOR



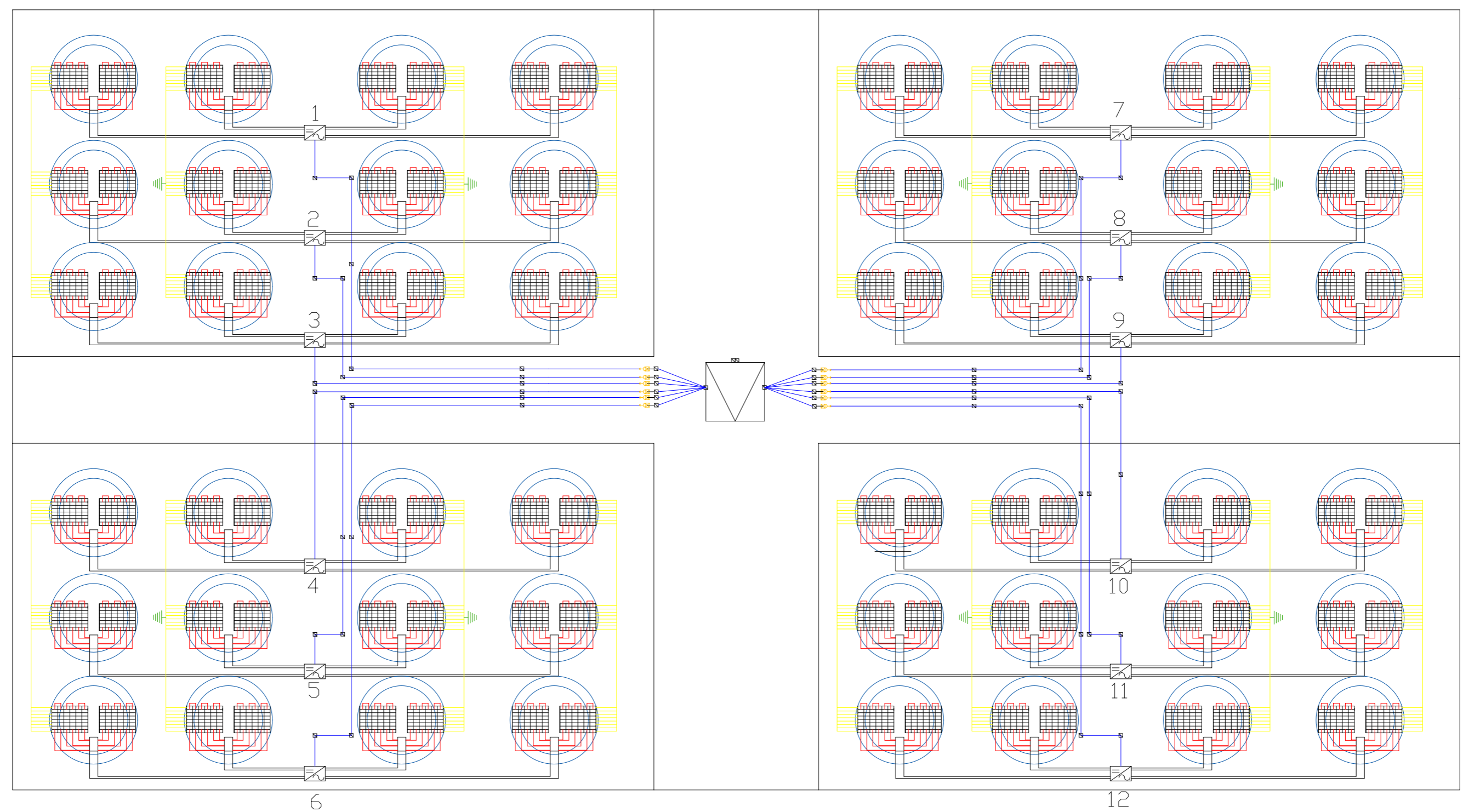
CUADRO DE INTERCONEXIONES











MÓDULO DE PLACAS, 6X8 PLACAS




- LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
- LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
- LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:			
	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO:		PLANO N°: 03	
	ESQUEMA HUERTO SOLAR		HOJA N°: 01/01	



LEYENDA

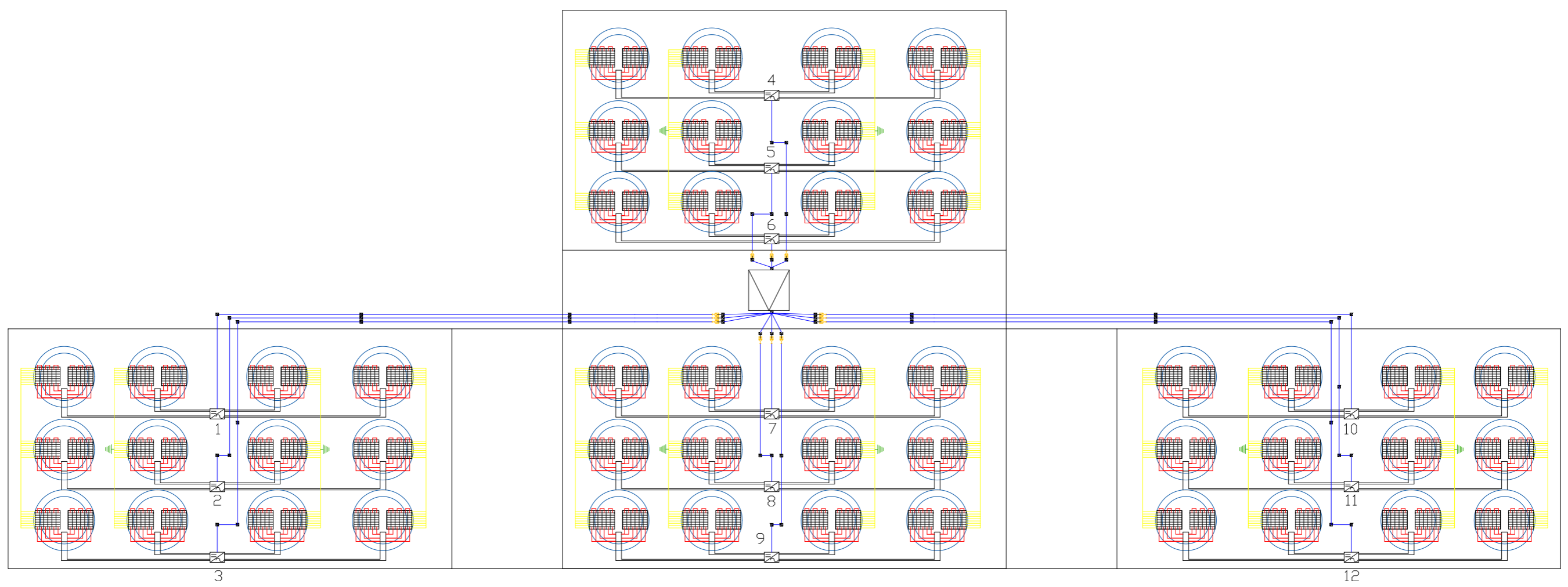
-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  CUADRO DE INTERCONEXIONES
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A
-  CAJA SECCIONADORA
-  ARQUETA TIPOS A-1 Y A-2
-  LÍNEA DE TIERRA 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  INVERSOR
-  TOMA DE TIERRA

-  LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
-  LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu












	FECHA	NOMBRE	FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR			
COMPROB					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:				
	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE				
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO:				
	SECTORES 1-2				PLANO N°: 04 HOJA N°: 01/01

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

A
B
C
D
E
F
G
H

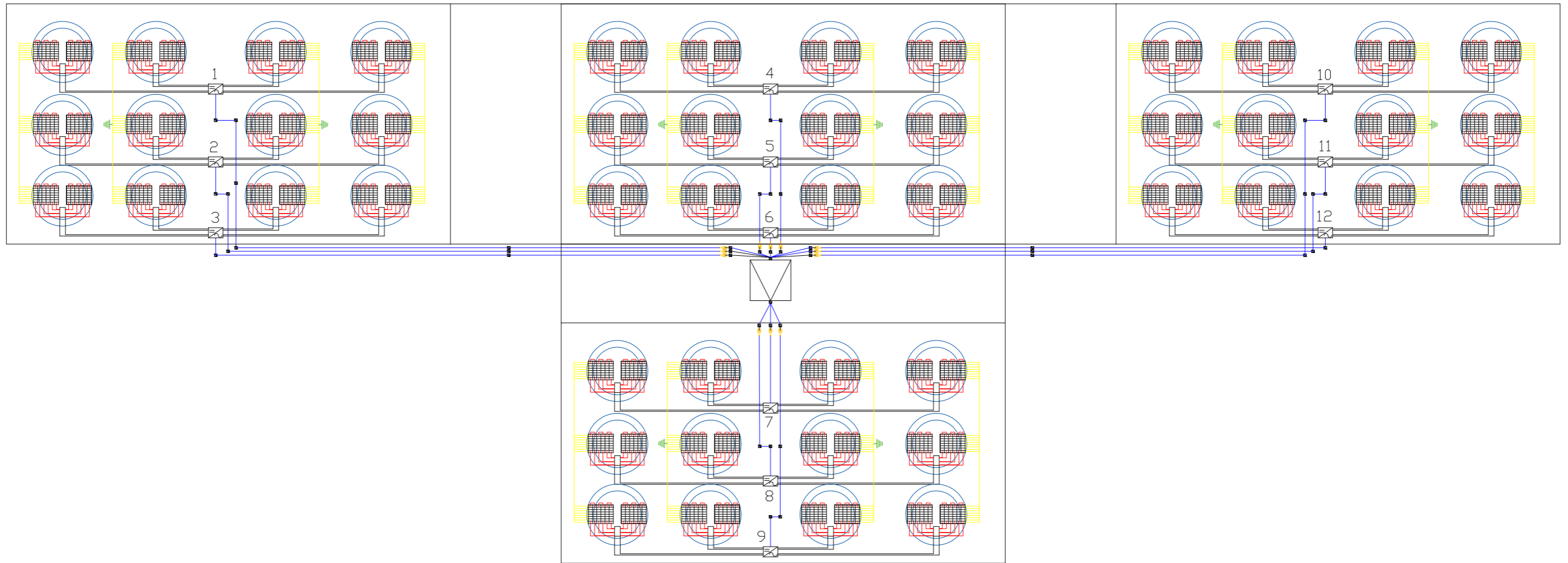


LEYENDA

-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  CUADRO DE INTERCONEXIONES
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A
-  CAJA SECCIONADORA
-  ARQUETA TIPOS A-1 Y A-2
-  INVERSOR
-  TOMA DE TIERRA
-  LÍNEA DE TIERRA 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
-  LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:			
	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO:			
	SECTORES 3-5			PLANO N°: 05 HOJA N°: 01/01

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



LEYENDA



CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
2X1000 kVA



CUADRO DE INTERCONEXIONES



CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A



CAJA SECCIONADORA



ARQUETA TIPOS A-1 Y A-2



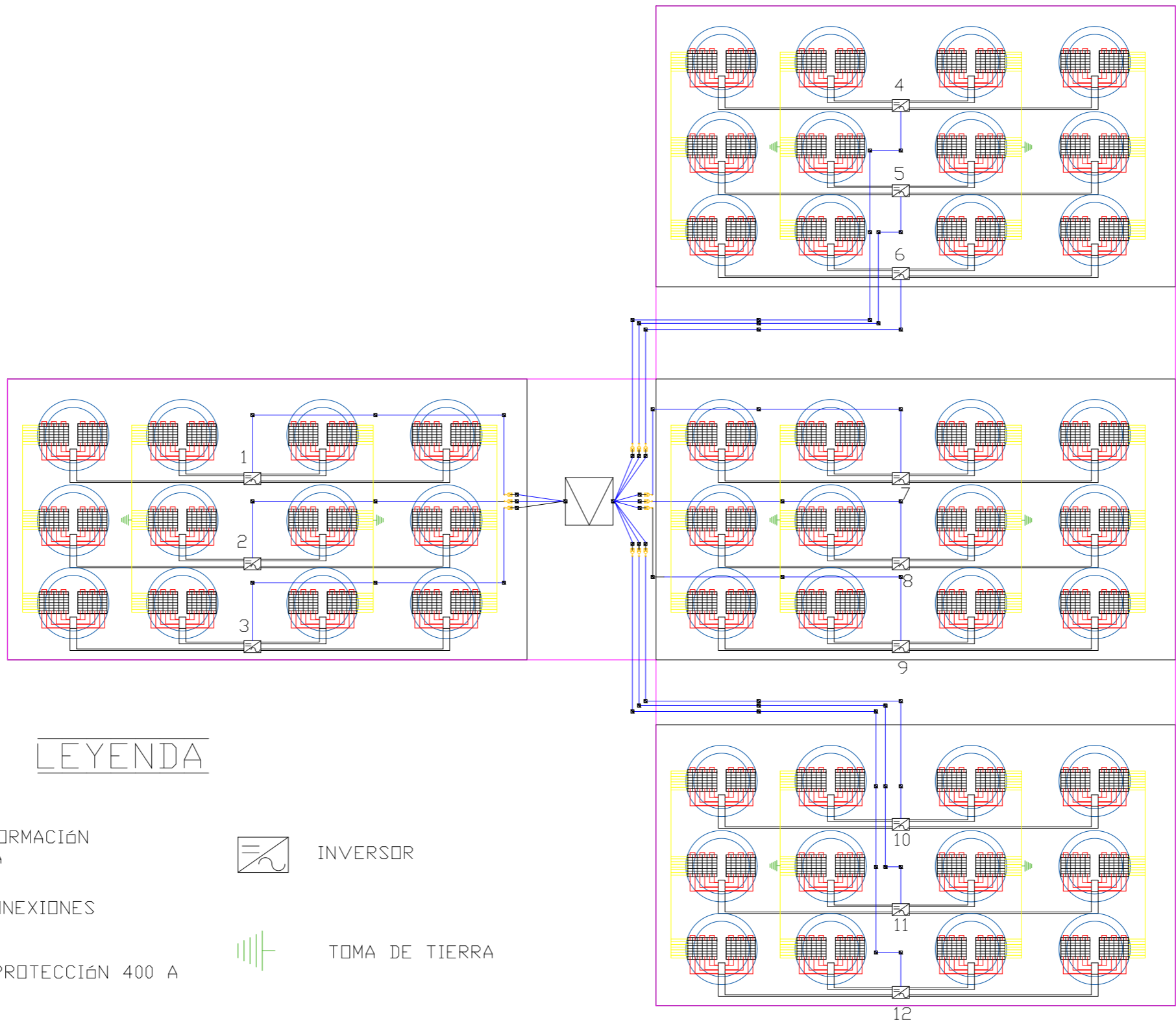
INVERSOR



TOMA DE TIERRA

- LÍNEA DE TIERRA 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
- LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
- LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
- LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu

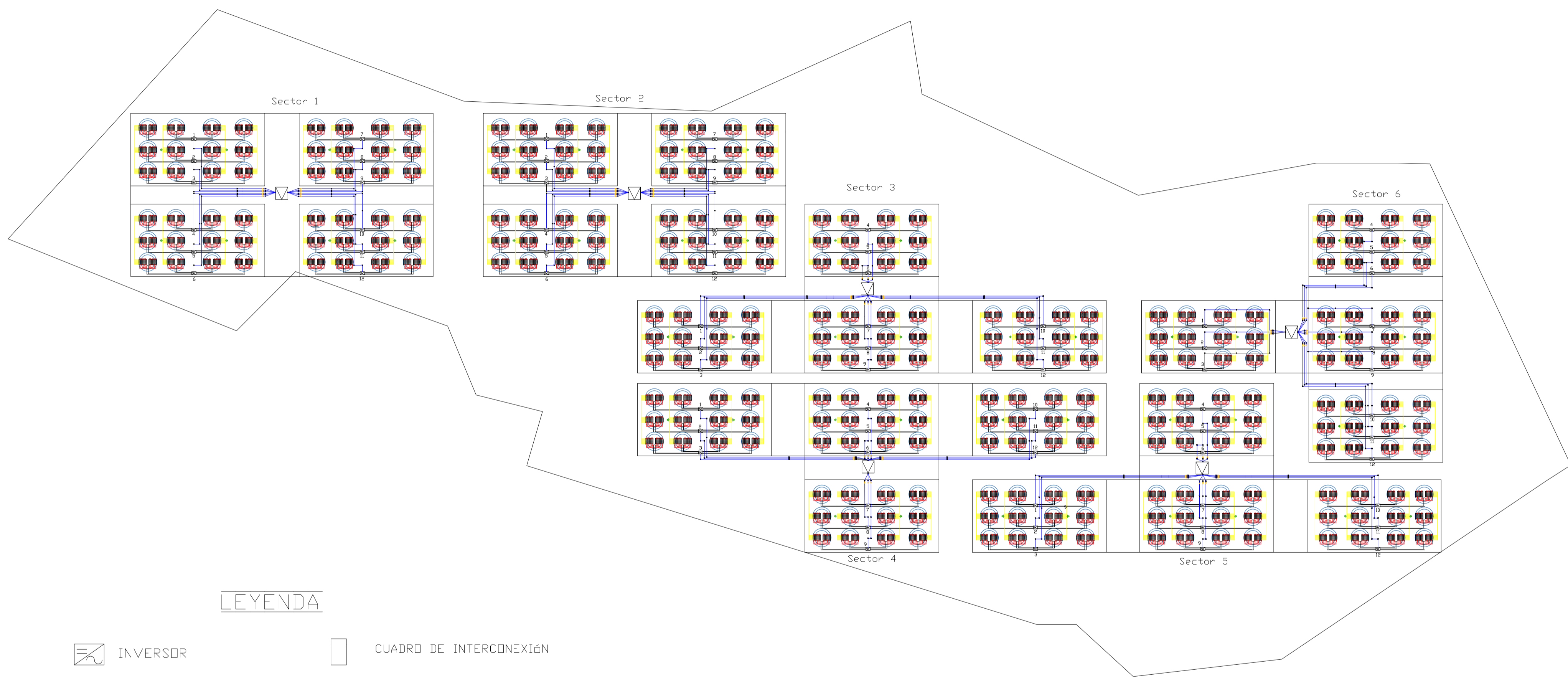
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <p>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</p>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: SECTOR 4			PLANO N°: 06 HOJA N°: 01/01











LEYENDA

-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  CUADRO DE INTERCONEXIONES
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A
-  CAJA SECCIONADORA
-  ARQUETA TIPOS A-1 Y A-2
-  LÍNEA DE TIERRA 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA FILA-C. INTERCONEXIÓN 2X10mm², RV 0.6/1 kV, Cu
-  LÍNEA C. INTERCONEXIÓN-INVERSOR 2x10mm², RV 0.6/1 kV Cu
-  LÍNEA INVERSOR-CT 3X240 mm² + 1x150mm², RV 0.6/1 kV Cu
-  INVERSOR
-  TOMA DE TIERRA

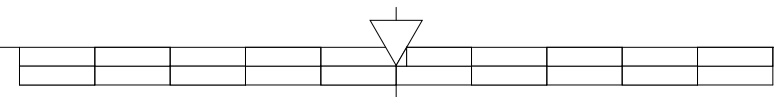
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <p>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</p>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: SECTOR 6			PLANO N°: 07 HOJA N°: 01/01

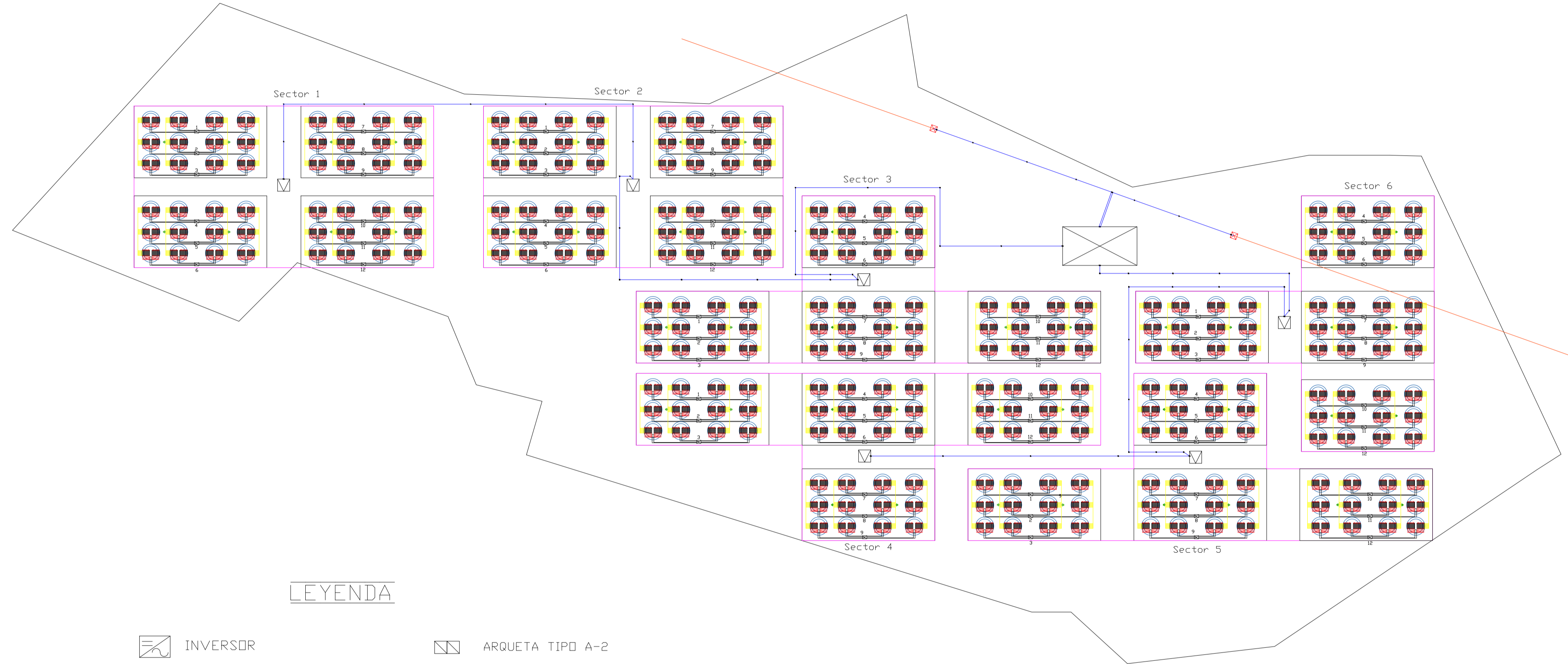


LEYENDA

-  INVERSOR
-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  CENTRO DE ENTREGA
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN 400 A
-  ARQUETA TIPO A-1
-  CAJA DE SECCIONAMIENTO
-  CUADRO DE INTERCONEXIÓN
-  TOMA DE TIERRA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR			
COMPROB					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE				
1:30000	DENOMINACIÓN DEL PLANO: RED DE BAJA TENSION				PLANO N°: 08 HOJA N°: 01/01

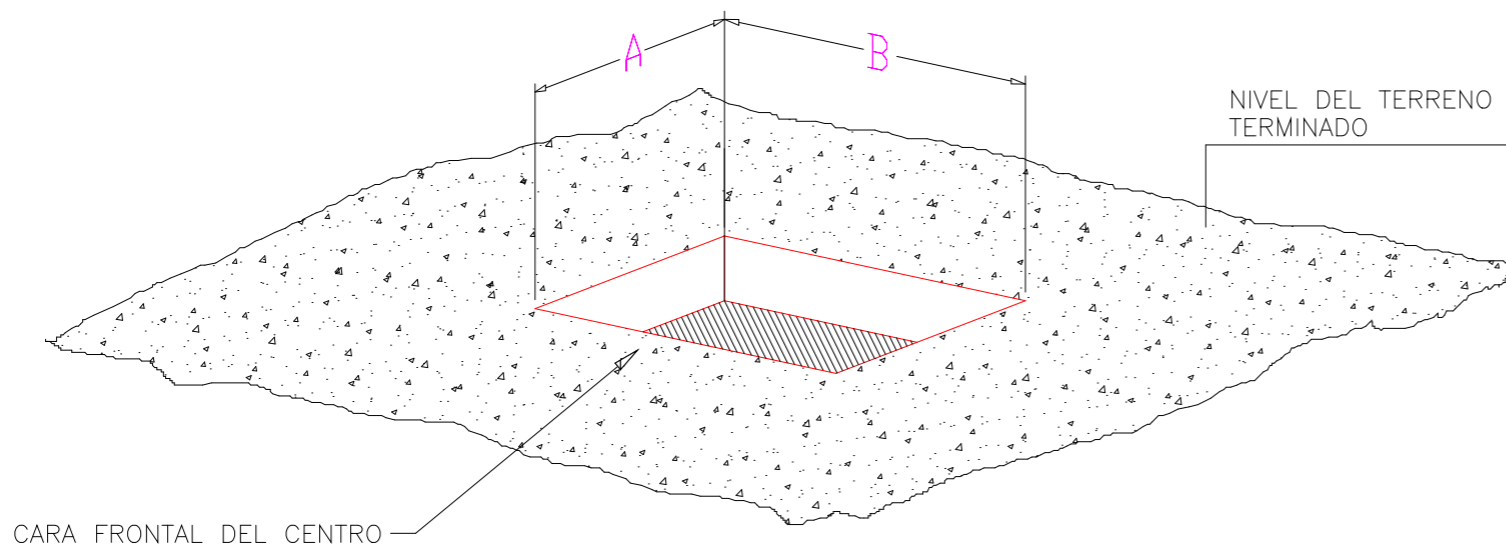




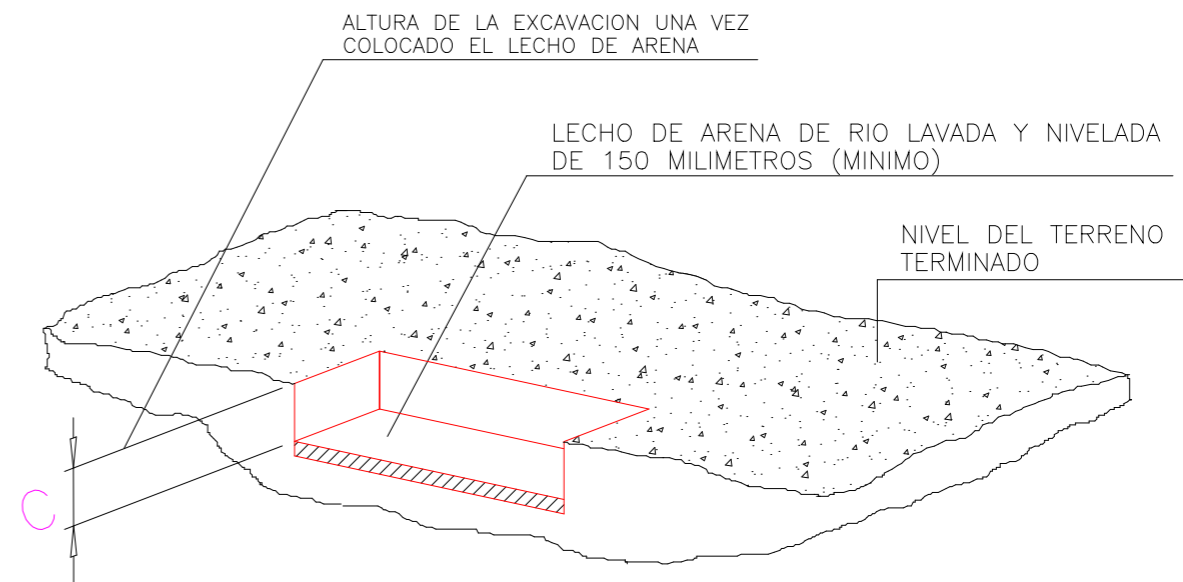
LEYENDA

-  INVERSOR
-  ARQUETA TIPO A-2
-  CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2X1000 kVA
-  CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN
-  CENTRO DE ENTREGA
-  CAJA DE SECCIONAMIENTO
-  APOYO DE CELOSÍA C-9000-14
-  ARQUETA TIPO A-1
-  CUADRO DE INTERCONEXIÓN
-  TOMA DE TIERRA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS <small>I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</small>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR			
COMPROB					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:				
	INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE				
1:30000	DENOMINACIÓN DEL PLANO:				PLANO N°: 09
	RED DE MEDIA TENSIÓN				HOJA N°: 01/01



VISTA DE LA EXCAVACION



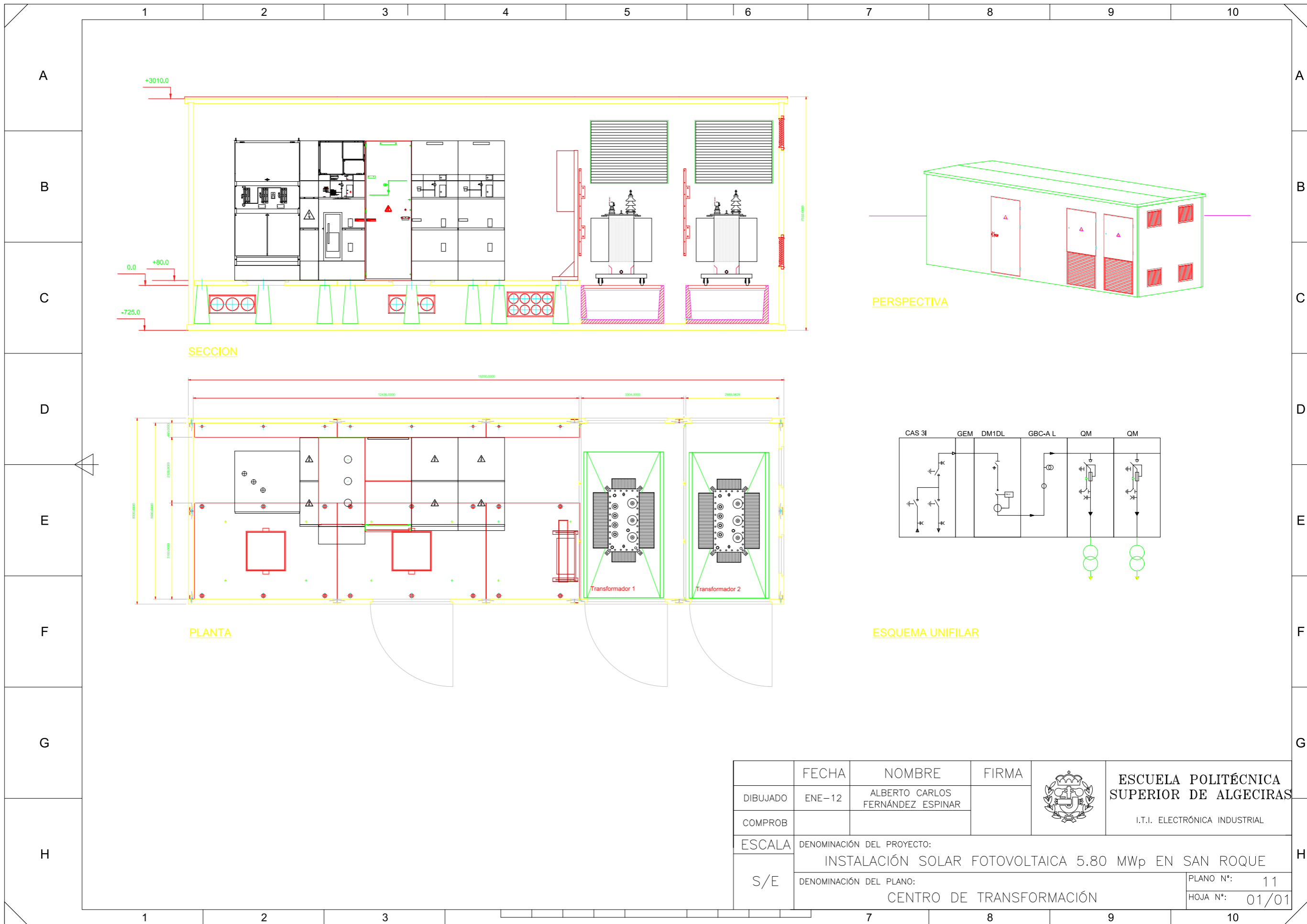
SECCION DEL FOSO


DIMENSIONES (EN METROS)	A	B	C
EHC36-1	3.50	4.50	0,530
EHC36-2	3.50	7.00	0,530
EHM36-3	3.50	5.30	0,700
EHM36-3A	3.50	6.40	0,700
EHM36-4	3.50	7.70	0,700
EHM36-5	3.50	10.10	0,700
EHM36-6	3.50	12.50	0,700
EHM36-7	3.50	14.90	0,700

CONDICIONES QUE EL CLIENTE DEBERA CUMPLIR CON ANTERIORIDAD A LA INSTALACION:

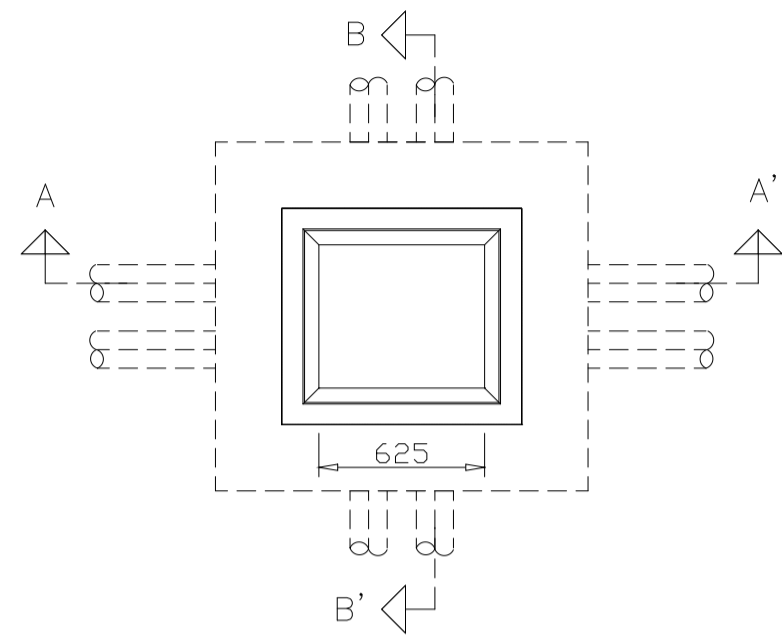
- Debera existir un camino hasta la zona de ubicacion del centro suficiente para el acceso de un camion de 24 toneladas (ancho del camino mayor de 3 metros).
- La zona de ubicacion del centro estara libre, en sus zonas limitrofes, de obstaculos que impidan la descarga de los materiales y el montaje del centro.
- El lecho de arena de 150 milimetros de espesor minimo, sera por cuenta del cliente, y debera estar realizado con anterioridad a la instalacion del centro segun se indica en el dibujo superior.

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <p>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</p>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MW _p EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: FOSO CENTRO TRANSFORMACIÓN			PLANO N°: 10 HOJA N°: 01/01

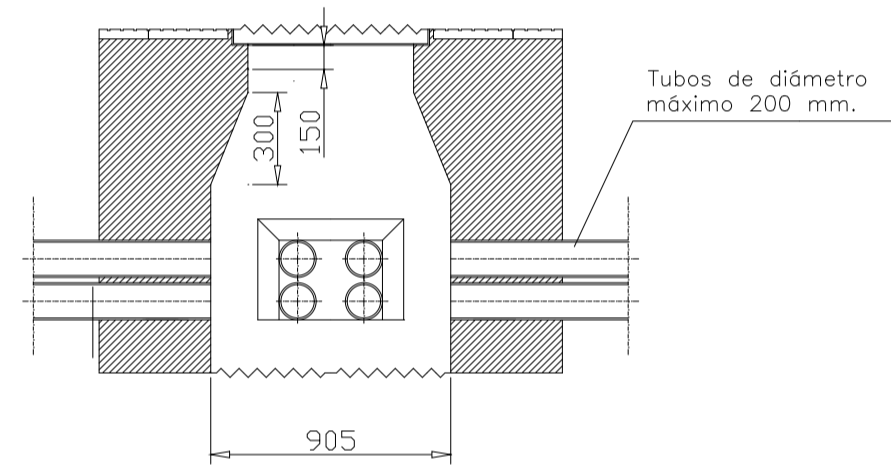


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN			PLANO N°: 11 HOJA N°: 01/01

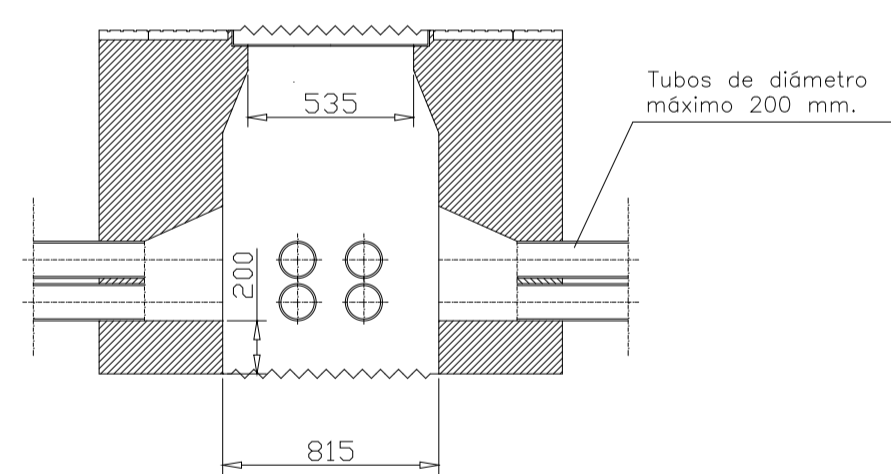
PLANTA ARQUETA TIPO A-1
(PREFABRICADA DE HORMIGÓN).



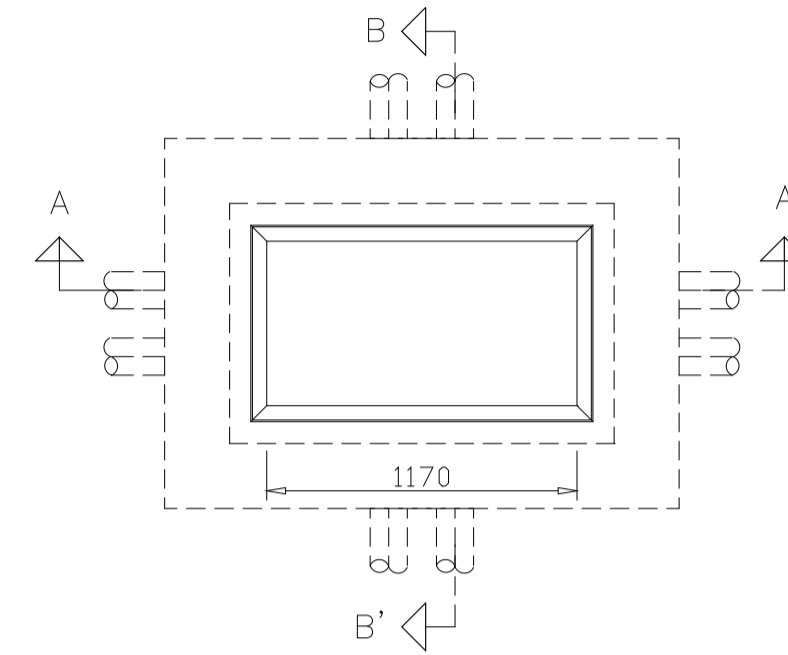
Sección A-A'



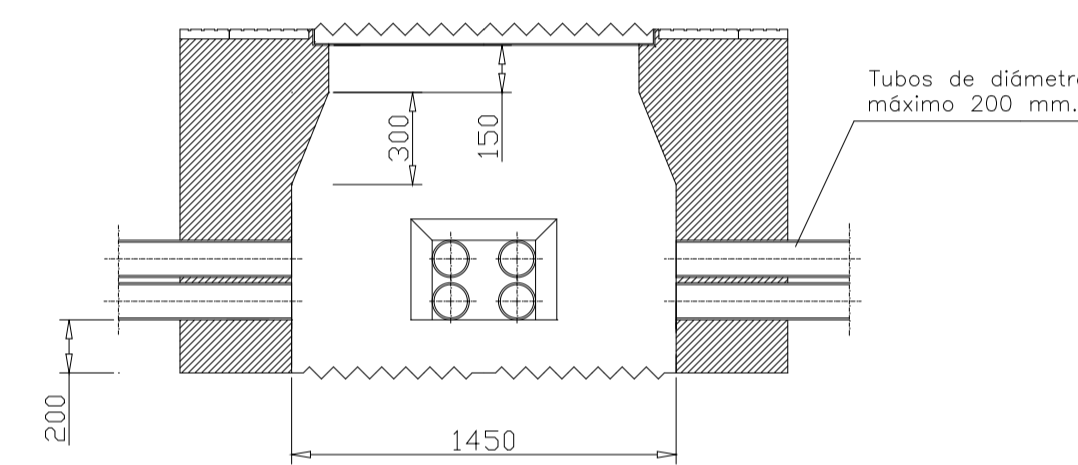
Sección B-B'



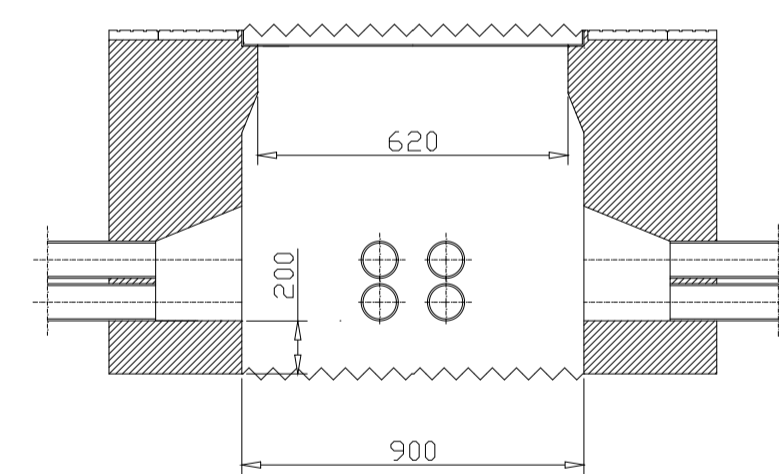
PLANTA ARQUETA TIPO A-2
(PREFABRICADA DE HORMIGÓN).



Sección A-A'



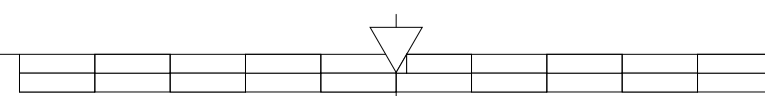
Sección B-B'

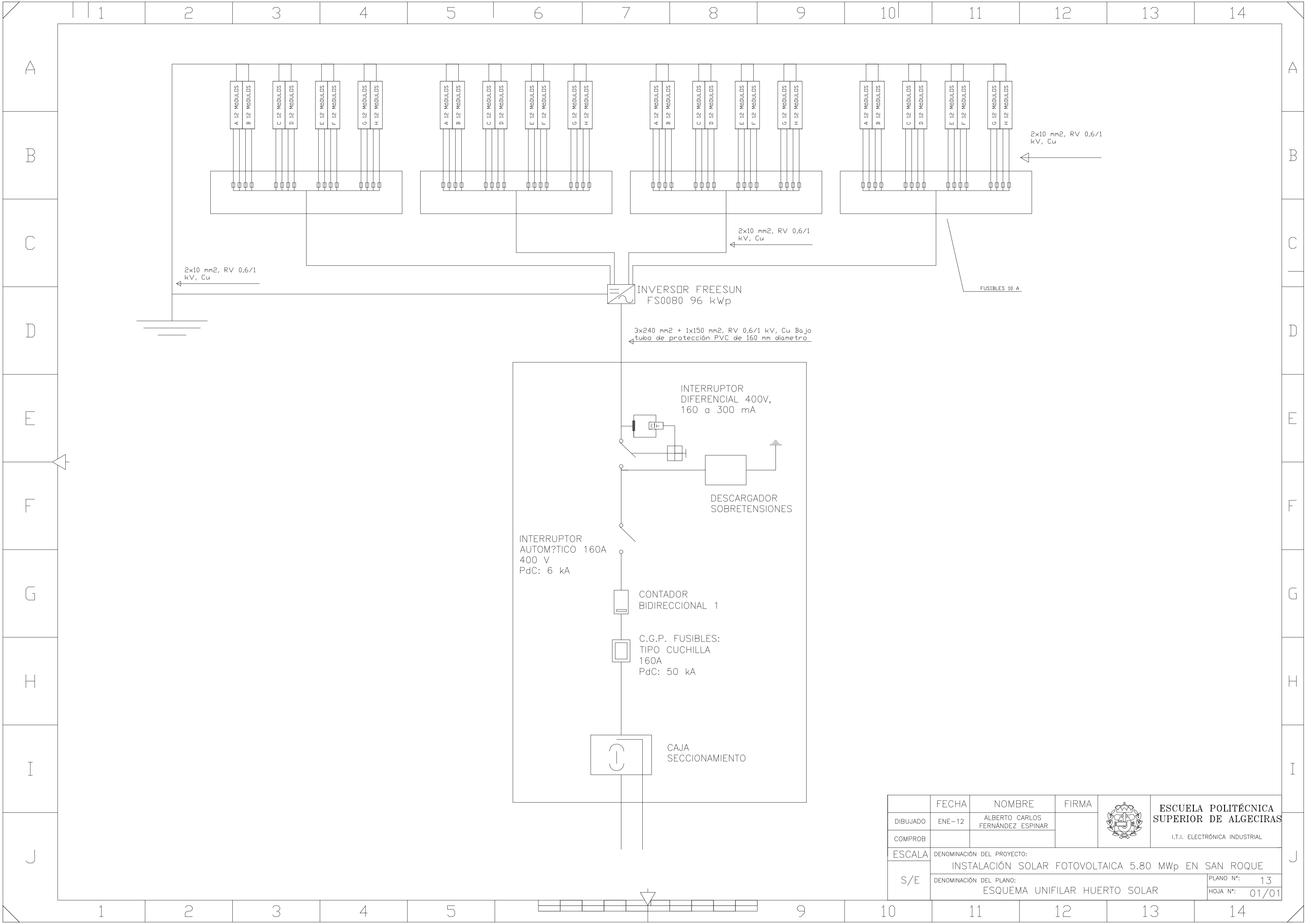


CODIFICACIÓN:

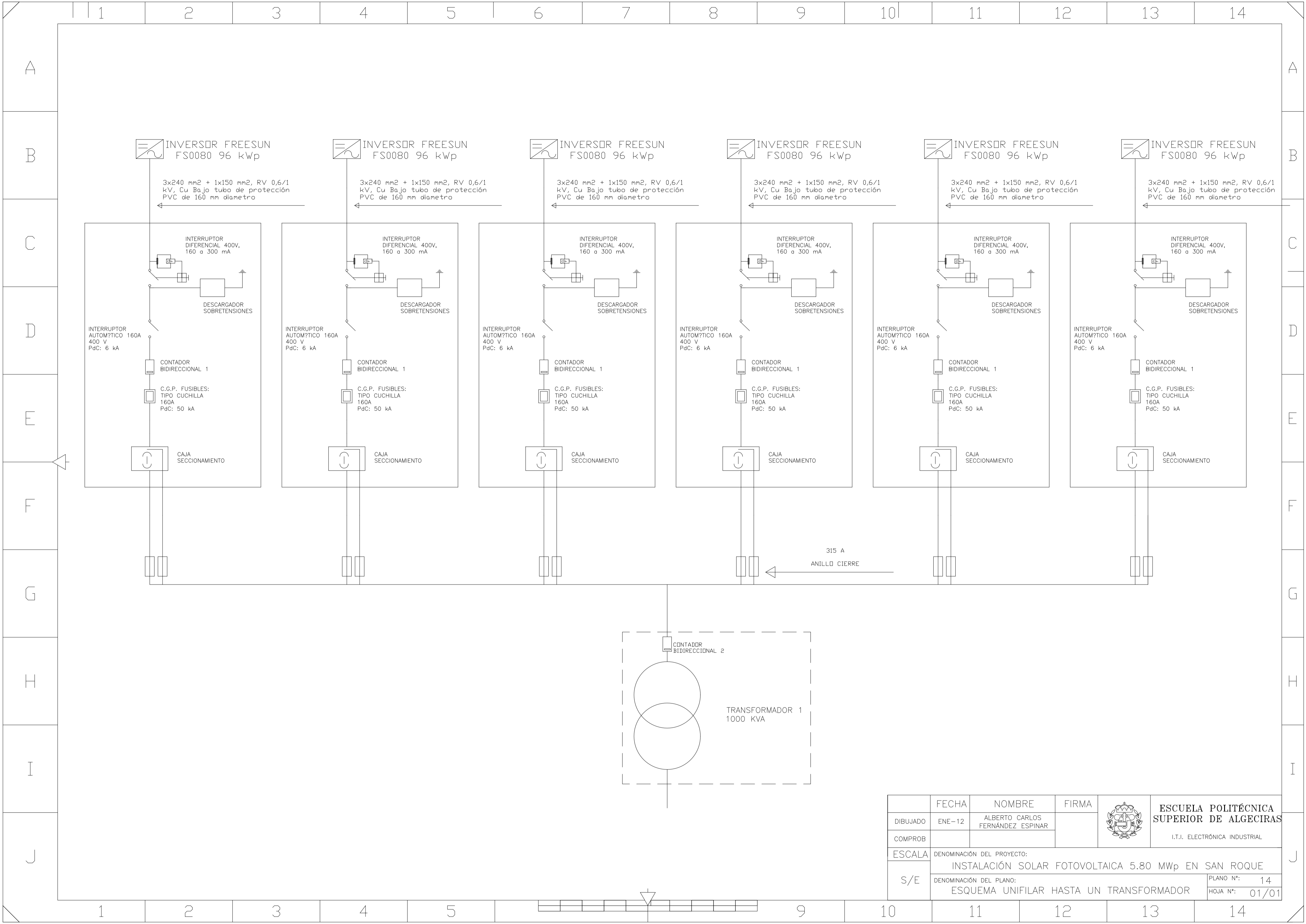
TIPO	DESIGNACIÓN	CÓDIGO
Arqueta prefabricada de hormigón tipo A-1	APHA1 400	6705013
Arqueta prefabricada de hormigón tipo A-2	APHA2 400	6705016

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 <p>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS</p> <p>I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL</p>
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: ARQUETAS.			PLANO N°: 12 HOJA N°: 01/01





	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: ESQUEMA UNIFILAR HUERTO SOLAR			PLANO N°: 13 HOJA N°: 01/01



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS I.T.I. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	ENE-12	ALBERTO CARLOS FERNÁNDEZ ESPINAR		
COMPROB				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA 5.80 MWp EN SAN ROQUE			
S/E	DENOMINACIÓN DEL PLANO: ESQUEMA UNIFILAR HASTA UN TRANSFORMADOR			PLANO N°: 14 HOJA N°: 01/01

