

PROYECTO

Instalación solar fotovoltaica para autoconsumo de 90 kW destinada a suministro con autoconsumo de la Ciudad Educativa Municipal Hipatia FUHEM

EMPLAZAMIENTO: Av. Ocho de Marzo, 1, 28523 Rivas-Vaciamadrid, Madrid

PROYECTADO POR: ECOOO REVOLUCION SOLAR S.L.
Héctor Pastor Pérez
Ingeniero Técnico Industrial
Nº Colegiado 26185 (Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid)

FECHA 07 de marzo de 2022

RELACIÓN DE CAPÍTULOS

Capítulo I	MEMORIA
Capítulo II	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS
Capítulo III	PRESUPUESTO
Capítulo IV	ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD
Capítulo V	PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS
Capítulo VI	PLANOS

Capítulo I. Memoria

ÍNDICE

1	MEMORIA DESCRIPTIVA	3
1.1	DATOS GENERALES.....	3
1.1.1	Objeto del proyecto	3
1.1.2	Emplazamiento.....	3
1.1.3	Promotor	3
1.1.4	Suministro eléctrico	3
1.1.5	Antecedentes	3
1.2	NORMATIVA LEGAL APLICABLE	4
1.3	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	5
1.3.1	Descripción general del sistema.....	5
1.3.2	Clasificación y especificaciones normativas	6
1.4	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DETALLADA	10
1.4.1	Características generales.....	10
1.4.2	Módulos fotovoltaicos.....	12
1.4.3	Estructura soporte.....	13
1.4.4	Inversor	13
1.4.5	Líneas eléctricas	16
1.4.6	Canalizaciones y cajas de conexión	17
1.4.7	Protecciones	17
1.4.8	Instalación de puesta a tierra	18
1.4.9	Sistema de monitorización y medida	19
1.5	ESTUDIO DEL PUNTO DE INTERCONEXIÓN	19
1.6	ANÁLISIS DE CONSUMO ELÉCTRICO	20
1.7	ESTUDIO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	20
1.8	ESTUDIO DE AUTOCONSUMO DE ENERGÍA	21
1.9	PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN	23
2	CÁLCULOS	25
2.1	GENERALIDADES.....	25
2.2	FORMULAS UTILIZADAS	25
2.2.1	Fórmulas para el cálculo de intensidades	25
2.2.2	Fórmulas para el cálculo de las secciones de los conductores.....	25
2.2.3	Fórmulas para el cálculo de la caída de tensión.....	26
2.2.4	Fórmulas para el cálculo de las protecciones.....	27
2.2.5	Fórmulas para el cálculo de la inclinación y orientación de los módulos fotovoltaicos.....	27
2.2.6	Fórmulas cálculo puesta a tierra	28
2.3	CÁLCULO INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	28
2.3.1	Potencia pico del generador fotovoltaico	28
2.3.2	Potencia instalada	28
2.3.3	Conexión de módulos al inversor	29
2.3.4	Cálculo de las líneas eléctricas	29
2.3.5	Protecciones.....	30
2.3.6	Inclinación y orientación de los módulos fotovoltaicos	31
2.3.7	Sobrecarga añadida a la cubierta del edificio.....	32
2.4	CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN ANUAL ESPERADA	32
2.4.1	Irradiación solar mensual	32
2.4.2	Rendimiento energético de la instalación	33
3	HOJAS TÉCNICAS.....	36
3.1	HOJA TÉCNICA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	36
3.2	HOJA TÉCNICA INVERSOR.....	38
4	CONCLUSIÓN	42

1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 DATOS GENERALES

1.1.1 Objeto del proyecto

El presente proyecto tiene por objetivo el diseño de una instalación generadora interconectada de tecnología solar fotovoltaica de 90 kW de potencia instalada, en la modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes, fijando las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir para su conexión y para asegurar su calidad de suministro, rendimiento y producción, así como el correcto funcionamiento de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que la conforman.

1.1.2 Emplazamiento

La instalación solar fotovoltaica estará ubicada en la cubierta de un inmueble ubicado en:

- **Dirección:** Av. Ocho de Marzo, 1,
- **Código postal:** 28523
- **Municipio:** Rivas-Vaciamadrid
- **Provincia:** Madrid
- **País:** España
- **Coordenadas geográficas:** 40.3786912320 -3.5345513213
- **Coordenadas UTM-DATUM WGS84:** 454623.81 4469926.75 30T
- **Referencia catastral:** 4699103VK5739N0001TM

1.1.3 Promotor

- **Nombre:** Fundación Hogar del Empleo
- **NIF:** ES-G28419679
- **Dirección:** Avenida de Portugal, 79 28011 Madrid

1.1.4 Suministro eléctrico

- **Titular:** Fundación Hogar del Empleo
- **NIF:** ES-G28419679
- **Dirección:** Cristo de Rivas, 6 28521 Rivas Vaciamadrid
- **Comercializadora:** Naturgy Iberia, SA
- **Contrato comer.:**
- **Distribuidora:** UFD DISTRIBUCION ELECTRICIDAD, SA
- **Contrato acceso:** 905313076979
- **Código CUPS:** ES0022000008814904SA1P
- **Tarifa de acceso:** 3.1A
- **Potencia contratada:** 250 kW (punta), 250 kW (llano), 250 kW (valle)

1.1.5 Antecedentes

En octubre de 2018, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) publicó un informe especial sobre los impactos del calentamiento global a 1,5°C y aquellos que podrían evitarse si la marca de calentamiento global máxima se establece en 1,5°C en lugar de 2°C o más. Limitar el calentamiento global a 1,5°C requeriría transiciones "rápidas y de gran calado" en la tierra, la energía, la industria, los edificios, el transporte y las ciudades. Las emisiones netas mundiales de dióxido de carbono (CO₂) de origen humano tendrían que

reducirse en un 45 por ciento para 2030 con respecto a los niveles de 2010, y seguir disminuyendo hasta alcanzar el "cero neto" aproximadamente en 2050.

La generación de energía renovable es una de las acciones que más rápido pueden contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a mitigar el cambio climático. En este contexto se han ido aprobando regulaciones en los últimos años con el fin de que los consumidores, productores, y la sociedad en su conjunto, puedan beneficiarse de las ventajas que puede acarrear esta actividad, en términos de menores necesidades de red, mayor independencia energética y menores emisiones de gases de efecto invernadero.

El denominado autoconsumo, según la Ley 24/2013, consiste en el consumo, por parte de uno o varios consumidores, de energía eléctrica proveniente de instalaciones de producción próximas a las de consumo y asociadas a los mismos. El marco regulatorio actual distingue varias modalidades de autoconsumo:

- Suministro con autoconsumo sin excedentes, que en ningún momento puede realizar vertidos de energía a la red
- Suministro con autoconsumo con excedentes, en el que sí se puede inyectar energía excedentaria en las redes de transporte y distribución.

El promotor del proyecto, la Fundación Benéfica San Martín de Porres, desea generar energía limpia y 100% renovable aprovechando la tecnología solar y la normativa de autoconsumo existente, con el objeto de mitigar el cambio climático y contribuir al desarrollo sostenible con todas las externalidades positivas que las energías renovables generan a nivel social, ambiental y económico.

1.2 **NORMATIVA LEGAL APLICABLE**

- **Ley 31/1995**, de 8 de Diciembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- **Ley 24/2013**, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- **Real Decreto 1955/2000**, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- **Real Decreto 1164/2001**, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- **Real Decreto 842/2002**, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- **Real Decreto Legislativo 2/2004**, de 5 de marzo por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales.
- **Real Decreto 1110/2007**, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico
- **Real Decreto 1578/2008**, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- **Real Decreto-ley 14/2010**, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- **Real Decreto 1699/2011**, de 18 de Noviembre, sobre conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia
- **Real Decreto 1048/2013**, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.

- **Real Decreto 413/2014**, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- **Real Decreto 900/2015**, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- **Real Decreto 1074/2015**, de 27 de noviembre, por el que se modifican distintas disposiciones en el sector eléctrico.
- **Real Decreto-ley 15/2018**, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- **Real Decreto 244/2019** por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica
- **Resolución de 11 de diciembre de 2019**, de la Secretaría de Estado de Energía, por la que se aprueban determinados procedimientos de operación para su adaptación al Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- **Orden TEC/1281/2019**, de 19 de diciembre, por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias al Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico
- **Real Decreto 732/2019**, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo
- **Resolución de 23 de diciembre de 2019**, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se aprueban los formatos de la información relativa a las instalaciones de autoconsumo a remitir por los gestores de las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Demás condiciones impuestas por los Organismos públicos afectados y ordenanzas municipales
- Para el caso de integración en edificios se tendrá en cuenta la Norma Básica de la Edificación (NBE).

1.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES

1.3.1 Descripción general del sistema

La instalación solar fotovoltaica se compone de los siguientes subsistemas:

- a) **Generador fotovoltaico:** está formado por la interconexión en serie y paralelo de un determinado número de módulos fotovoltaicos, encargados de captar la energía procedente del sol y transformarla en energía eléctrica, generando una corriente continua proporcional a la irradiancia solar.
- b) **Estructura soporte:** es el sistema de fijación de los módulos fotovoltaicos a la cubierta del edificio.
- c) **Inversor:** es el dispositivo electrónico que, basándose en tecnología de potencia, transforma la corriente continua procedente de los módulos fotovoltaicos en corriente alterna, de la misma tensión y frecuencia que la de la red eléctrica. De esta manera la instalación fotovoltaica puede operar simultáneamente con la red.
- d) **Aparatura eléctrica:** es el conjunto de aparatos de maniobra, de regulación y control, de medida, incluidos los accesorios de las canalizaciones eléctricas, utilizados en las instalaciones eléctricas, cualquiera que sea su tensión.

- e) **Monitorización y medida:** un contador bidireccional debe medir el total del consumo del suministro, así como la energía generada excedente inyectada a la red. Se ubica en el lugar más cercano posible al punto frontera y accesible a la empresa distribuidora. Adicionalmente otro sistema de comunicaciones integrado en el inversor permite acceder en remoto a los datos de producción de la planta fotovoltaica y obtener datos para el control y mantenimiento de esta.

1.3.2 Clasificación y especificaciones normativas

La instalación objeto del proyecto viene definida expresamente, en su parte de baja tensión, por el Reglamento electrotécnico de baja tensión en su instrucción complementaria ITC-BT-40 sobre instalaciones generadoras de baja tensión. Las prescripciones de la ITC-BT-40 son aplicables a todas instalaciones de autoconsumo interconectadas, sea cual sea su potencia, por lo que deberá cumplir lo siguiente:

- a) Que la potencia generada no exceda de 100 kVA para redes de baja tensión de 3x400/230V
- b) Todas las instalaciones de generación interconectadas a la red de distribución en baja tensión deben disponer de dispositivos que limiten la inyección de corriente continua y la generación de sobretensiones, así como impedir el funcionamiento en isla de dicha red de distribución, de forma que la conexión de la instalación de generación no afecte al funcionamiento normal de la red ni a la calidad del suministro de los clientes conectados a ella.
- c) Las instalaciones de autoconsumo sin excedentes, independientemente de que se conecten a la red de baja tensión o a la de alta tensión, con generación y regulación en baja tensión, deberán disponer de un sistema que evite el vertido de energía a la red de distribución que cumpla los requisitos y ensayos del nuevo anexo I de la ITC-BT-40. A las instalaciones de autoconsumo sin excedentes no les son de aplicación los apartados 4.3.1, 4.3.4 y ninguno de los requisitos relacionados con la empresa distribuidora del apartado 9
- d) No obstante, estas instalaciones, se ajustarán a lo establecido en la ITC-BT-04 en cuanto a su documentación y puesta en servicio, e independientemente de su potencia y modo de conexión, dispondrán de la documentación requerida para la evaluación de la conformidad según anexo I, apartado I.4 de la ITC-BT-40. Esta documentación será entregada por el instalador junto con el certificado de la instalación. Cuando la conexión a la instalación eléctrica de un generador para autoconsumo sin excedentes, no se realice a través de un circuito independiente y, por tanto, no se requiera modificar la instalación interior existente, la obligación de entregar dicha documentación recaerá en el fabricante, el importador, o en el responsable de la comercialización del kit generador, quien entregará la documentación directamente al usuario.
- e) En todas las instalaciones de producción próximas a las de consumo, definidas en el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, la conexión se realizará a través de un cuadro de mando y protección que incluya las protecciones diferenciales tipo A necesarias para garantizar que la tensión de contacto no resulte peligrosa para las personas. Cuando dichas instalaciones generadoras sean accesibles al público general o estén ubicadas en zonas residenciales, o análogas, la protección diferencial de los circuitos de generación será de 30 mA. La conexión de la instalación de producción podrá realizarse en el embarrado general de la centralización de contadores de los consumos, en la caja general de protección de la que parten los consumos o mediante una caja general de protección independiente que se conecte a la red de distribución. En los casos de autoconsumo colectivo en edificios en régimen de propiedad horizontal, la instalación de producción no podrá conectarse directamente a la instalación interior de ninguno de los consumidores asociados a la instalación de autoconsumo colectivo.

- f) Todos los generadores para suministro con autoconsumo con excedentes independientemente de su potencia y los generadores para suministro con autoconsumo sin excedentes de potencia instalada superior a 800 VA, que se conecten a instalaciones interiores o receptoras de usuario, lo harán a través de un circuito independiente y dedicado desde un cuadro de mando y protección que incluya protección diferencial tipo A, que será de 30 mA en instalaciones de viviendas, o instalaciones accesibles al público general en zonas residenciales, o análogas.
- g) Los generadores destinados a su instalación en viviendas, que no se conecten a la instalación a través de circuito dedicado, o a través de un transformador de aislamiento, tendrán una corriente de fuga a tierra igual o inferior a 10 mA.
- h) En el origen de la instalación y en un punto único y accesible de forma permanente a la empresa distribuidora se instalará un interruptor automático sobre el que actuarán el conjunto de protecciones. Garantizará que los fallos internos de la instalación no perturben la red. En fallo de red desconectará la instalación hasta que exista tensión estable en la misma.
- i) Las protecciones y el conexionado del interruptor serán precintables.
- j) El interruptor de acoplamiento llevará un contacto auxiliar que permita desconectar el neutro de la red y conectar a tierra el neutro de la generación cuando esta trabaje independiente de aquella.
- k) Al final de la instalación de enlace se proveerá un equipo de medida que registre la energía suministrada y podrá tener elementos comunes con el equipo que registre la energía aportada por la red, siempre que los registros se registren de forma independiente.
- l) Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad generada.
- m) La máxima caída de tensión desde el generador hasta el punto de interconexión a la red de distribución no será superior al 1,5% de la intensidad nominal.
- n) La tensión generada será prácticamente senoidal con una tasa de armónicos en cualquier condición de funcionamiento de:
 - Armónicos de orden par: $4/n$
 - Armónicos de orden 3: 5
 - Armónicos de orden impar: $25/n$
- o) Protecciones. Se dispondrá un conjunto de protecciones que actúen sobre el interruptor de interconexión, situadas en el origen de la instalación interior. Estarán homologadas, verificadas y serán precintadas. Las protecciones mínimas serán las siguientes:
 - De sobretensiones; mediante relés directos magnetotérmicos.
 - De mínima tensión instantáneos conectados entre las tres fases y el neutro, con tiempo de disparo inferior a 0,5 seg. a partir de que la tensión llegue a 85 % del valor asignado.
 - De sobretensión conectado entre una fase y neutro con tiempo de disparo inferior a 0,5 seg. a partir de que la tensión llegue a 110 % del valor asignado.
 - De máxima y mínima frecuencia conectados entre fases que actúe cuando la frecuencia sea inferior a 49 Hz o superior a 51 Hz durante más de 5 periodos.
- p) Puesta a tierra. Deberá estar provista de sistemas de Puesta a Tierra que en todo momento aseguren que las tensiones que se pueden presentar en las masas metálicas no superen los valores establecidos en la MIE-RAT 13.
- q) El sistema no permitirá que se produzcan trasferencias de defectos a la red de distribución.
- r) Para la protección de las instalaciones generadoras se establecerá un dispositivo de detección de la corriente que circula por la conexión de neutros de los generadores al neutro de la red, que desconectará la instalación si se sobrepasa el 50% de la intensidad nominal.

Adicionalmente la instalación fotovoltaica objeto del proyecto deberá cumplir las condiciones técnicas establecidas en el Real Decreto 1699/2011 sobre conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia y en concreto:

a) Determinación de las condiciones técnicas de acceso y la conexión

1. La empresa distribuidora notificará al solicitante su propuesta conjunta relativa a las condiciones de acceso y conexión, incluyendo, al menos, los siguientes extremos:
 - Aceptación de los puntos de conexión y medida propuestos, incluyendo coordenadas UTM, de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
 - Tensión máxima y mínima de la red en el punto de conexión.
 - Potencia de cortocircuito máxima de diseño para el cálculo de la aparamenta de protección y mínima en explotación normal para el cálculo de las variaciones de tensión permitidas en el punto de conexión.
 - En el caso de que el punto de conexión y medida para la cesión de energía por parte del solicitante sea diferente del punto de conexión y medida del suministro, informe justificativo de esta circunstancia

b) Condiciones técnicas de carácter general

1. El funcionamiento de las instalaciones 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.
2. En el caso de que la línea de distribución se quede desconectada de la red, bien sea por trabajos de mantenimiento requeridos por la empresa distribuidora o por haber actuado alguna protección de la línea, las instalaciones no deberán mantener tensión en la línea de distribución.
3. A excepción de los servicios auxiliares de generación y, en su caso de instalaciones de acumulación, en el circuito que une la instalación de producción con su equipo de medida no podrá intercalarse ningún elemento de consumo

c) Condiciones de conexión

1. Los esquemas de conexión deben responder al principio de minimizar pérdidas en el sistema, favoreciendo el mantenimiento de la seguridad y calidad de suministro y posibilitando el trabajo en isla, sobre sus propios consumos, nunca alimentando a otros usuarios de la red
2. Si la potencia nominal de la instalación de generación a conectar a la red de distribución es superior a 5 kW, la conexión de la instalación a la red será trifásica con un desequilibrio entre fases inferior a 5 kW.
3. La contribución de los generadores al incremento o la caída de tensión en la línea de distribución de baja o media tensión, entre el centro de transformación o la subestación de origen donde se efectúe la regulación de la tensión y el punto de conexión, en el escenario más desfavorable para la red, no debe ser superior al 2,5 por ciento de la tensión nominal de la red de baja o media tensión, según corresponda.
4. El factor de potencia de la energía suministrada a la red de la empresa distribuidora debe ser lo más próximo posible a la unidad y, en todo caso, superior a 0,98 cuando la instalación trabaje a potencias superiores al 25 por ciento de su potencia nominal

d) Condiciones específicas de conexión para redes interiores

1. La conexión se realizará, en el punto de la red interior de su titularidad más cercano a la caja general de protección, de tal forma que permita aislar simultáneamente ambas

instalaciones del sistema eléctrico. En el caso de que el punto de conexión a la red de distribución sea en alta tensión y exista un centro de transformación propiedad del consumidor, la conexión de la instalación de producción se realizará en el cuadro de salida de baja tensión del transformador.

2. El titular de la red interior habrá de ser el mismo para todos los equipos de consumo e instalaciones de generación que tuviera conectados en su red. En este caso, deberá de figurar una anotación al margen en la inscripción definitiva de la instalación de producción, tanto en el registro autonómico como en el Registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica dependiente de la Dirección General de Política Energética y Minas.
3. Las instalaciones de producción conectadas a una red interior no podrán superar la capacidad disponible en el punto de conexión a la red de distribución ni la potencia vinculada a los derechos de extensión vigentes adscritos al suministro.

e) Protecciones:

1. El sistema de protecciones deberá cumplir, en lo no previsto en este real decreto, el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, y los procedimientos de operación correspondientes, así como, en lo no previsto en los anteriores, las exigencias previstas en la reglamentación vigente, en particular, el Reglamento electrotécnico de baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, aprobado por Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, y el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero.
 - Un elemento de corte general que proporcione un aislamiento requerido por el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
 - Eventualmente, las funciones del elemento de corte general pueden ser cubiertas por otro dispositivo de la instalación generadora, que proporcione el aislamiento indicado entre el generador y la red.
 - Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento a tierra.
 - Interruptor automático de la conexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación en caso de anomalía de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento. Eventualmente la función desarrollada por este interruptor puede ser desempeñada por el interruptor o interruptores de los equipos generadores. Eventualmente, las funciones del interruptor automático de la conexión y el interruptor de corte general pueden ser cubiertas por el mismo dispositivo.
 - Protecciones de la conexión máxima y mínima frecuencia (50,5 Hz y 48 Hz con una temporización máxima de 0.5 y de 3 segundos respectivamente) y máxima y mínima tensión entre fases (1,15 Un y 0,85 Un)
2. Estas protecciones pueden actuar sobre el interruptor general o sobre el interruptor o interruptores del equipo o equipos generadores.
3. Las protecciones deberán ser precintadas por la empresa distribuidora, tras las verificaciones necesarias sobre el sistema de conmutación y sobre la integración en el equipo generador de las funciones de protección.
4. En caso en el que el equipo generador o el inversor incorporen las protecciones anteriormente descritas, éstas deberán cumplir la legislación vigente, en particular, el Reglamento electrotécnico de baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, aprobado por Real Decreto

3275/1982, de 12 de noviembre, y el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, para instalaciones que trabajan en paralelo con la red de distribución. En este caso no será necesaria la duplicación de las protecciones

f) Condiciones de puesta a tierra de las instalaciones.

1. La puesta a tierra de las instalaciones interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.
2. La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución y las instalaciones generadoras, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones de acuerdo con la reglamentación de seguridad y calidad industrial aplicable.
3. Las masas de la instalación de generación estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora y cumplirán con lo indicado en los reglamentos de seguridad y calidad industrial vigentes que sean de aplicación.

1.4 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DETALLADA

1.4.1 Características generales

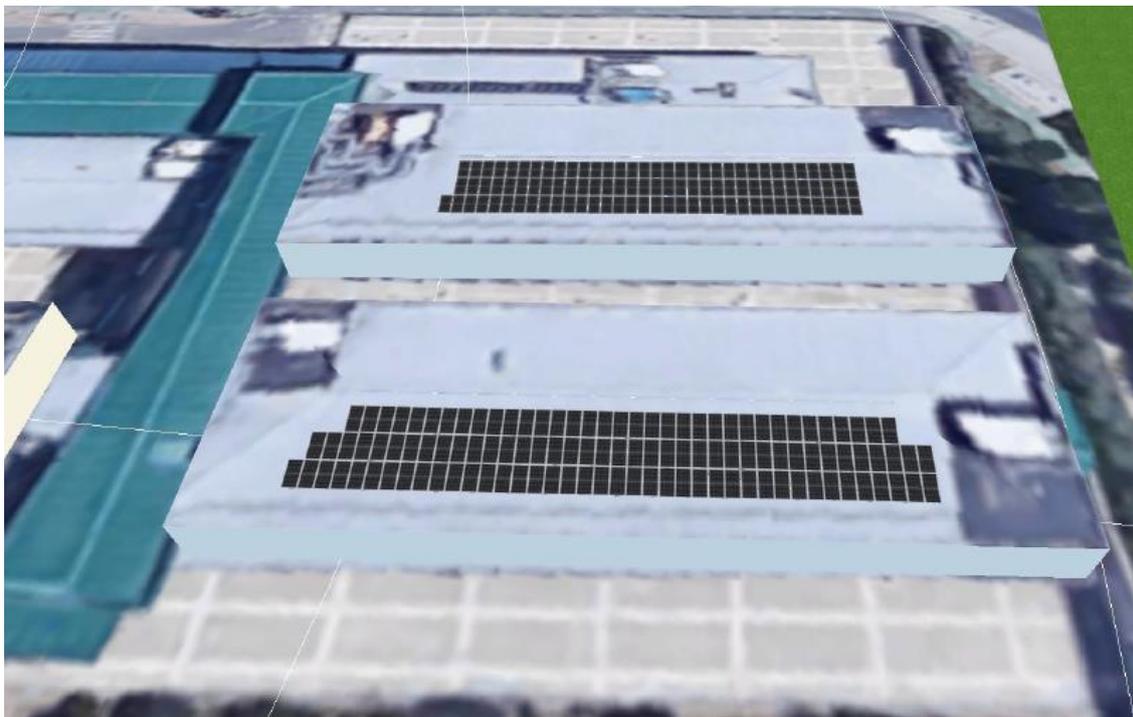
La instalación fotovoltaica se conectará en la red interior de un edificio, ocupando los módulos fotovoltaicos la cubierta y el inversor la planta baja, siendo el punto de conexión en el cuadro general de mando y protección ubicado en dicho lugar.

Sus características principales son las siguientes:

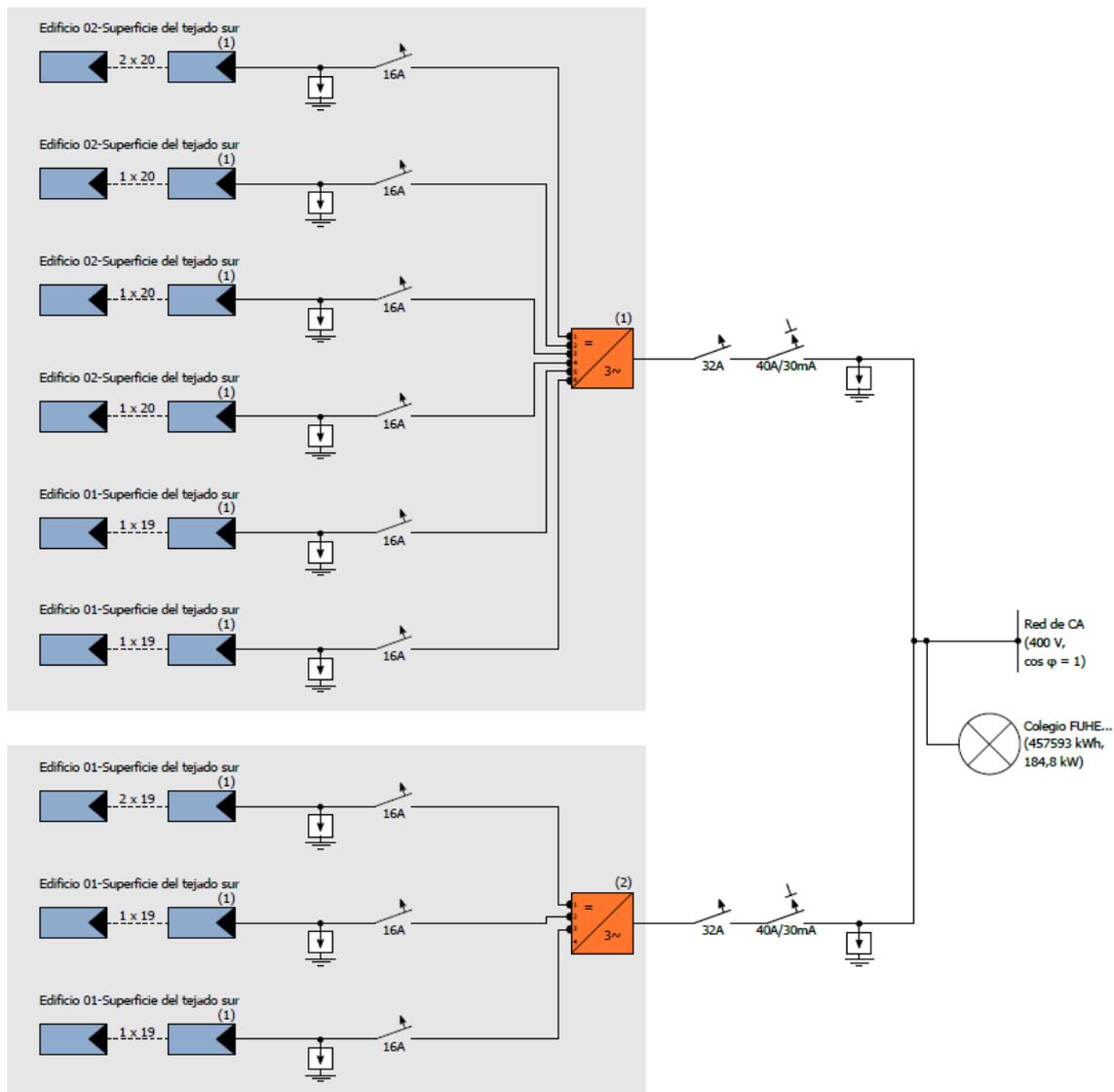
Descripción del sistema fotovoltaico	
Potencia instalada	90 kW
Potencia pico del generador fotovoltaico	98,44 kW
Número total de módulos fotovoltaicos	214
Potencia nominal de cada módulo	460 W
Número total de inversores	2
Potencia nominal de cada inversor	30 / 60 kW
Inclinación de módulos	8º
Situación de los módulos	Sobre cubierta
Superficie total del generador solar	477,3 m ²
Número de módulos conectados en serie en Inversor 1	Inversor 1 MPPT1: 1 cadena de 19 módulos MPPT2: 1 cadena de 19 módulos MPPT3: 1 cadena de 19 módulos MPPT4: 1 cadena de 19 módulos
Tensión de corriente continua máxima en Inversor 1	MPPT1: 800 V MPPT2: 800 V MPPT3: 800 V MPPT4: 800 V
Número de módulos conectados en serie en Inversor 2	Inversor 1 MPPT1: 1 cadena de 19 módulos MPPT2: 1 cadena de 19 módulos MPPT3: 1 cadena de 20 módulos MPPT4: 1 cadena de 20 módulos MPPT5: 1 cadena de 20 módulos

	MPPT6: 1 cadena de 20 módulos MPPT7: 1 cadena de 20 módulos
Tensión de corriente continua máxima en Inversor 1	MPPT1: 800 V MPPT2: 800 V MPPT3: 800 V MPPT4: 800 V MPPT5: 843 V MPPT6: 843 V
Corriente de máxima potencia de la rama	MPPT1: 21,84 V MPPT2: 10,92 V MPPT3: 10,92 V MPPT4: 10,92 V MPPT5: 10,92 V MPPT6: 10,92 V MPPT7: 10,92 V
Tensión de circuito de alterna	3x230/400 V

La disposición de los módulos sobre la cubierta del edificio será de la siguiente forma según el modelado 3D:



El esquema general de la instalación fotovoltaica será el siguiente:



1.4.2 Módulos fotovoltaicos

El generador fotovoltaico estará formado por 214 módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino y tecnología PERC y media celda del fabricante JA Solar modelo JAM72S20-460/MR de 460 W de potencia nominal.

Este módulo fotovoltaico ha sido diseñado y fabricado según la norma IEC 61215 e IEC61730.

Se encuentra conformado por 120 células monocristalinas de alta eficiencia, embutidas en EVA y protegidas contra la suciedad, humedad y golpes por un frente especial de vidrio templado antirreflector de bajo contenido en hierro y una lámina de TEDLAR en su parte posterior, asegurando de esta forma su total estanqueidad.

Gracias a su construcción con marcos laterales de metal y el frente de vidrio, de conformidad con estrictas normas de calidad, estos módulos soportan las inclemencias climáticas más duras, funcionando eficazmente sin interrupción durante su larga vida útil.

La caja de conexión IP-68 lleva incorporados los diodos de derivación, que evitan la posibilidad de avería de las células y su circuito, por sombreados parciales de uno o varios módulos dentro de un conjunto.

Características eléctricas bajo condiciones estándar (25°C y 1000W/m ²)	
Potencia máxima	460 W
Tolerancia de potencia	+5 W
Tensión en el punto de máxima potencia	42,13 V
Corriente en punto de máxima potencia	10,92 A
Tensión de circuito abierto	50,01 V
Corriente de cortocircuito	11,45 A
Máxima tensión del sistema	1500 V

Características físicas	
Longitud	2112 mm
Anchura	1052 mm
Profundidad con marco	35 mm
Peso	24,7 kg

1.4.3 Estructura soporte

Uno de los elementos importantes en una instalación fotovoltaica, para asegurar un perfecto aprovechamiento de la radiación solar es la estructura soporte, encargada de sustentar los módulos solares y formar el propio panel, dándole la inclinación más adecuada, en este caso la misma inclinación que la superficie del tejado: 8° sobre el plano horizontal.

Los módulos fotovoltaicos se fijarán mediante presores laterales e intermedios de aluminio a perfiles de aluminio. El anclaje de los perfiles a la cubierta del edificio se realiza mediante piezas salvatejas de aluminio, sujetas a varillas roscadas que se insertan en agujeros practicados en los rasillones de la cubierta atravesando y otorgándole rigidez mecánica y estanqueidad mediante taco químico. Toda la tornillería utilizada será de acero inoxidable.

La estructura deberá cumplir con el Código Técnico de la Edificación, concretamente con el Documento Básico Seguridad Estructural (DB-SE), Documento Básico Acciones de la Edificación (DB-SE-AE) y Documento Básico Acero (DB-SE-A), por lo que será capaz de soportar los módulos y las sobrecargas de nieve y viento.

1.4.4 Inversor

Se instalarán dos inversores trifásicos del fabricante HUAWEI modelos SUN2000 30KTL-M3 de 30kW y SUN2000 60KTL-M2 de 60 kW de potencia nominal

Su diseño permite utilizar un rango muy amplio de tensión de entrada desde el campo fotovoltaico lo que permite una gran flexibilidad de configuración y posibilidades de ampliación en el futuro. A partir de la potencia recibida del campo fotovoltaico el punto de operación del inversor es optimizado constantemente en relación a las condiciones de radiación, las propias características del panel y la temperatura de los mismos y las características propias del inversor, la técnica utilizada de seguimiento para maximizar el punto de máxima potencia (MPPT) maximiza la potencia entregada a la red y no solamente la recibida del campo fotovoltaico, tomando en cuenta la eficiencia de conversión del equipo.

Debido a sus características de diseño el inversor entrega una corriente a la red eléctrica con una onda senoidal idéntica a la propia de la compañía eléctrica suministradora y con un factor de potencia igual a 1 en todas las condiciones de funcionamiento del equipo.

Las características genéricas del equipo elegido serán:

- **ECONOMÍA:** la selección de módulos y el diseño de la instalación permiten la máxima flexibilidad, ya que su rango de tensión de trabajo es muy amplio. **ECOLOGÍA:** El innovador diseño de este equipo ha hecho que se reduzca en un 80 % la necesidad de aluminio para la refrigeración. Esto conlleva un gran ahorro de energía en la fabricación.
- **ERGONOMÍA:** Al disponer de un display gráfico de múltiples funciones. Con este display y su cómoda navegación permiten una visualización de los valores esenciales de la instalación como por ejemplo tensión en módulos, tensiones máximas y mínima de red, tensión de red, vatios producidos, horas de funcionamiento, etc.
- **TECNOLOGÍA:** El elevado rendimiento y la flexibilidad se obtiene por medio de su moderna tecnología de alta frecuencia y el procedimiento de variación de fase.
- Se utiliza el sistema maestro-esclavo estando organizados de modo independiente de forma que incluso con carga reducida se muevan en un ámbito de rendimiento óptimo. El proceso regulador conecta tantos elementos de potencia como sean necesarios para la maximización del rendimiento de la instalación. El resto permanecen aislados de la red sin consumir energía.
- El inversor constará de display donde aparecen los datos más importantes del funcionamiento de instalación, como potencia instantánea y acumulada, tensión de módulos, tensión AC, etc.
- El inversor cumplirá todas las directrices establecidas en el Real Decreto 1699/2011, la directiva 73/23/CEE, directiva 89/336/CEE de compatibilidad electromagnética y directiva 93/68/CEE denominación CE.
- Los valores de actuación sobre las protecciones están establecidos por software que en ningún caso son modificables por el usuario.

Son características del sistema elegido, además de las ya descritas de carácter general, las siguientes:

- Control automático de arranque y parada.
- Personalización de la curva de potencia en función del número de paneles.
- Personalización de los periodos de tiempo y secuencias de arranque y parada.
- Posibilidad de ampliación del número de conexiones para ampliación de potencia.
- Sistema de seguimiento de potencia máxima para maximizar la energía obtenida de los paneles fotovoltaicos.
- Sistema de seguimiento de potencia máxima para minimizar las pérdidas durante el proceso de inversión.
- Incorporación de protecciones contra sobre tensiones e infra-tensiones.
- Incorporación de protecciones contra sobre frecuencias e infra frecuencias
- Protección anti-isla que prevenga la generación de energía en caso de corte de energía.
- Desconexión y pulsadores multifuncionales.
- Monitorización detallada del estado del sistema del inversor con visión de conjunto del sistema en tiempo real.
- Posibilidad de conexión por módem o PC local.
- Registro de eventos y posibilidad de diagnóstico de fallos.
- Debe cumplir con la normativa europea y poseer certificado CE.

Características Eléctricas (SUN2000 30KTL-M3)	
Lado de entrada (CC)	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	33540 W
Rango de tensiones MPP	200 V a 1000 V
Tensión de entrada mínima de inicio	200 V

Tensión de entrada máxima	1000 V
Corriente máxima de entrada	Entrada 1: 33 A
Lado de salida (AC)	
Potencia nominal	30000 W
Potencia máxima aparente	33000 VA
Tensión	3/N/PE; 230/400V
Corriente máxima de salida	47.9 A
Factor de potencia	1
Frecuencia	50 Hz

Características Eléctricas (SUN2000 60KTL-M0)	
Lado de entrada (CC)	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	67400 W
Rango de tensiones MPP	200 V a 1000 V
Tensión de entrada mínima de inicio	200 V
Tensión de entrada máxima	1000 V
Corriente máxima de entrada	Entrada 1: 30 A
Lado de salida (AC)	
Potencia nominal	60000 W
Potencia máxima aparente	66000 VA
Tensión	3/N/PE; 230/400V
Corriente máxima de salida	86,7A
Factor de potencia	1
Frecuencia	50 Hz

Normativas y seguridad.

- Cumple con todas las normativas europeas aplicables
- IEC 62109-1/-2
- IEC 62116
- IEC 61727

Al poner en marcha el inversor, este mide el estado de la red eléctrica tomando valores de frecuencia y tensión eficaz. Si dichos valores están dentro de la ventana de parámetros aceptados, comienza el proceso de transformación siempre que el campo de paneles supere una potencia umbral mínima de arranque.

El convertidor DC/DC comienza a acumular potencia del campo de paneles, y cuando la misma alcanza un valor de referencia durante un tiempo mínimo de 10 segundos, el inversor comienza a inyectar a la red eléctrica.

En ese momento el sistema de control comienza a operar, variando el punto de trabajo del convertidor, de manera que le permita trabajar en el MPPT maximizando la potencia inyectada.

Para evitar que el equipo funcione en modo isla, el control verifica de forma permanente que la tensión y frecuencia de la red se encuentren dentro de la ventana permitida, desconectándose en el caso contrario hasta que estos parámetros se normalicen.

1.4.5 Líneas eléctricas

Se distingue entre dos tipos según la naturaleza de la corriente:

Líneas de corriente continua:

- Cadena 1: desde el grupo de módulos ubicado en la cubierta al sudoeste hasta el inversor
- Cadena 2: desde el grupo de módulos ubicado en la cubierta al sudoeste hasta el inversor

Se utilizará cable fotovoltaico unipolar de cobre, con aislamiento XLPE, flexible y tensión admisible de 1kV con la sección adecuada en cada tramo para asegurar caídas de tensión inferiores al 1,5 %.

Para la identificación de los conductores se utilizarán cuatro colores, siendo el rojo el indicativo del polo positivo y el negro el indicativo del polo negativo.

Tramo para SUN30KTL-M3	Longitud	Sección conductor
Paneles a Inversor 1 (Cadena 1)	130 m	6 mm ²
Paneles a Inversor 1 (Cadena 2)	125 m	6 mm ²
Paneles a Inversor 1 (Cadena 3)	120 m	4 mm ²
Paneles a Inversor 1 (Cadena 4)	115 m	4 mm ²
Tramo para SUN60KTL-M2	Longitud	Sección conductor
Paneles a Inversor 1 (Cadena 1)	110 m	4 mm ²
Paneles a Inversor 1 (Cadena 2)	105 m	4 mm ²
Paneles a Inversor 1 (Cadena 3)	65 m	4 mm ²
Paneles a Inversor 1 (Cadena 4)	70 m	4 mm ²
Paneles a Inversor 1 (Cadena 5)	75 m	4 mm ²
Paneles a Inversor 1 (Cadena 6)	85 m	4 mm ²
Paneles a Inversor 1 (Cadena 7)	90 m	4 mm ²

Líneas de corriente alterna:

- Desde el inversor hasta el punto de conexión en el cuadro general de mando y protección

Se utilizará cable multipolar de cobre (manguera eléctrica), tipo Rz1-K(AS) 0,6/1kV, flexible, con aislamiento XLPE, libre de halógenos con la sección adecuada en cada tramo para asegurar caídas de tensión inferiores al 1,5 %.

Para la identificación de los conductores se utilizarán cinco colores, siendo el marrón el indicativo de la fase 1, el negro de la fase 2, el gris de la fase 3, el azul del neutro y el verde-amarillo el conductor de protección.

Tramo	Longitud	Sección conductor
Inversor 1 a punto de conexión	15 m	16 mm ²
Inversor 2 a punto de conexión	15 m	35 mm ²
Conexión Inversor 1+2 a punto de conexión	15	70 mm ²

1.4.6 Canalizaciones y cajas de conexión

Se distinguen los siguientes tramos de canalización:

- **Tramo 1:** sobre la cubierta las líneas eléctricas irán bajo tubo de acero galvanizado flexible con cubierta de PVC
- **Tramo 2:** desde la cubierta hasta el cuadro de protecciones del inversor, las líneas eléctricas discurrirán bajo tubo de acero galvanizado rígido de 32mm. Se dispondrán las cajas estancas IP55 de registro necesarias en los cambios de sentido.
- **Tramo 3:** desde el cuadro de protecciones fotovoltaico hasta el inversor, las líneas eléctricas discurrirán bajo canal cerrada de PVC
- **Tramo 4:** desde el cuadro de protecciones fotovoltaico hasta el punto de conexión en el cuadro general de mando y protección del suministro (CGMP)

1.4.7 Protecciones

En el diseño de la instalación fotovoltaica conectada a la red ha de garantizarse, por un lado, la seguridad de las personas, tanto usuarios como operarios de la red, y por otro, que el normal funcionamiento del sistema fotovoltaico no afecte a la operación ni a la integridad de otros equipos y sistemas conectados a dicha red.

La instalación fotovoltaica dispondrá de medidas de seguridad y protecciones, tanto para la parte de corriente continua como para la de corriente alterna.

Las protecciones se alojarán en un cuadro de protecciones fotovoltaico ubicado justo al lado del inversor y protegido contra contactos directos, de manera que los elementos activos deben ser inaccesibles. Para lograr este aislamiento se utilizarán cajas de conexión debidamente protegidas, que no permitan el acceso a su interior.

Protecciones tramo continua

Se instalarán en el cuadro de protecciones fotovoltaico, para cada una de las cadenas de módulos fotovoltaicos:

- 1 protección en positivo y negativo mediante automático de 16 A y 1000V_{DC} gR
- 1 descargador de sobretensiones de continua Tipo 2 1000V

Protecciones tramo de alterna

Se instalarán a la salida del inversor 1 en el cuadro de protecciones fotovoltaico:

- 1 descargador de sobretensiones de alterna trifásico Tipo 2
- 1 interruptor automático tetrapolar de 50 A
- 1 interruptor diferencial tetrapolar superinmunizado clase A de 50A y 30 mA.

Se instalarán a la salida del inversor 2 en el cuadro de protecciones fotovoltaico:

- 1 descargador de sobretensiones de alterna trifásico Tipo 2
- 1 interruptor automático tetrapolar de 80 A
- 1 interruptor diferencial tetrapolar superinmunizado clase A de 80A y 30 mA.

Se instalará en el cuadro general de mando y protección:

- 1 interruptor automático tetrapolar de 160 A
- 1 interruptor diferencial tetrapolar superinmunizado clase A de 160A y 30 mA.

Protecciones del inversor

A su vez el inversor cuenta con las siguientes protecciones adicionales:

- Interruptor de interconexión interno para la desconexión automática.
- Protección interna de máxima y mínima frecuencia (49 – 51 Hz).
- Protección interna de máxima y mínima tensión (0,85 – 1,1 Un).
- Relé de bloqueo de protecciones. Este relé es activado por las protecciones de máxima y mínima tensión y de máxima y mínima frecuencia y con posibilidad de rearme automático a los tres minutos de la normalización.
- Transformador, que asegura una separación galvánica entre el lado de corriente
- continua y la red.
- Vigilante de aislamiento a tierra en la parte de continua.

1.4.8 Instalación de puesta a tierra

Se conectarán a tierra todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la parte de continua como de la de alterna. Se realizará de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la compañía eléctrica distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

Si la puesta a tierra existente en el edificio se encuentra en buen estado de conservación y siempre y cuando la misma no esté conectada la misma tierra que el neutro de la red de distribución, se conectarán todos los conductores de protección al punto de puesta a tierra existente en el edificio.

Si por el contrario la puesta a tierra existente en el edificio es insuficiente o estuviera conectada a la misma tierra que el neutro de la red de distribución, se instalará una nueva toma de tierra independiente para la instalación fotovoltaica.

La instalación de puesta a tierra queda como sigue:

- **Conductores de equipotencialidad generador fotovoltaico:** unen las estructuras metálicas de soporte de los módulos fotovoltaicos entre sí. Cable flexible unipolar tipo H07Z1-K (AS) libre de halógenos de color amarillo/verde.
- **Conductores de protección generador fotovoltaico:** conectan las estructuras metálicas de soporte de los módulos fotovoltaicos con la borna repartidora de tierra del cuadro general fotovoltaico. Cable flexible unipolar tipo H07Z1-K (AS) libre de halógenos de color amarillo/verde.
- **Conductor de protección inversor:** conecta el inversor con la borna repartidora de tierra del cuadro general fotovoltaico.
- **Borna repartidora de tierra:** une todos los conductores de protección de la instalación fotovoltaica con la línea principal de tierra. Ubicado en el cuadro general fotovoltaico.
- **Línea principal de tierra:** conecta el cuadro general con el punto de puesta a tierra.
- **Punto de puesta a tierra:** une todos los conductores de protección con el conductor de tierra y se encontrará accesible en cuadro. En caso de ser necesario instalar una nueva se ubicará en arqueta de registro de toma de tierra incluyendo un puente de comprobación
- **Conductor de tierra:** conecta el punto de puesta a tierra con el electrodo de toma de tierra. En caso de ser necesario instalar una nueva tierra independiente, será de cable de cobre desnudo de 35 mm²
- **Toma de tierra:** es la pica de tierra o malla de tierra existente en el edificio. En caso de ser necesario instalar una nueva será una pica de tierra lisa de 2m enterrada a 50 cm de la superficie

Tramo	Longitud	Sección conductor
Conductores equipotencialidad generador fotovoltaico	-	4 mm ²
Conductores protección generador fotovoltaico	25 m	4 mm ²
Conductor protección inversor	1 m	10 mm ²
Línea principal de tierra	5 m	10 mm ²

1.4.9 Sistema de monitorización y medida

El inversor cuenta con un equipo de comunicaciones integrado con registro de datos, conexión inalámbrica WLAN, Ethernet, gestión de energía, un servidor web y numerosas interfaces. Así, el inversor se conectará al punto de acceso a internet existente en el edificio mediante cable de red o WLAN y se obtendrá la visualización del funcionamiento de la instalación fotovoltaica.

Por otro lado, en caso de que el equipo de medida actual del suministro no sea bidireccional, la empresa eléctrica distribuidora instalará un medidor de medida trifásico bidireccional para cuantificar la energía inyectada a la red por parte de la instalación fotovoltaica y la energía suministrada por la red de distribución. El equipo de medida se alojará en módulo de medida actual.

1.5 ESTUDIO DEL PUNTO DE INTERCONEXIÓN

En este estudio se procederá a analizar el punto de interconexión con la red de distribución, de acuerdo con la normativa y legislación vigente. Para ello se tendrá especial consideración el REBT, en su ITC-BT-40 "Instalaciones generadoras de baja tensión". La instalación fotovoltaica se corresponde con una instalación generadora interconectada, puesto que trabaja en paralelo con la red de distribución.

La tensión del suministro es de 3x230/400V con una frecuencia de red de 50 Hz. La instalación fotovoltaica inyectará su energía a la misma tensión y frecuencia de red.

Según el subapartado 4.3.1 de la ITC-BT-40 se especifica:

Con carácter general la interconexión de centrales generadoras a las redes de baja tensión de 3x230/400 V será admisible cuando la suma de las potencias nominales de los generadores no exceda de 100 kVA, ni de la mitad de la capacidad de la salida del centro de transformación correspondiente a la línea de la Red de Distribución Pública a la que se conecte la central.

La potencia instalada de la instalación fotovoltaica objeto del proyecto tiene 90 kW por lo que cumple que no excede de 100 kVA.

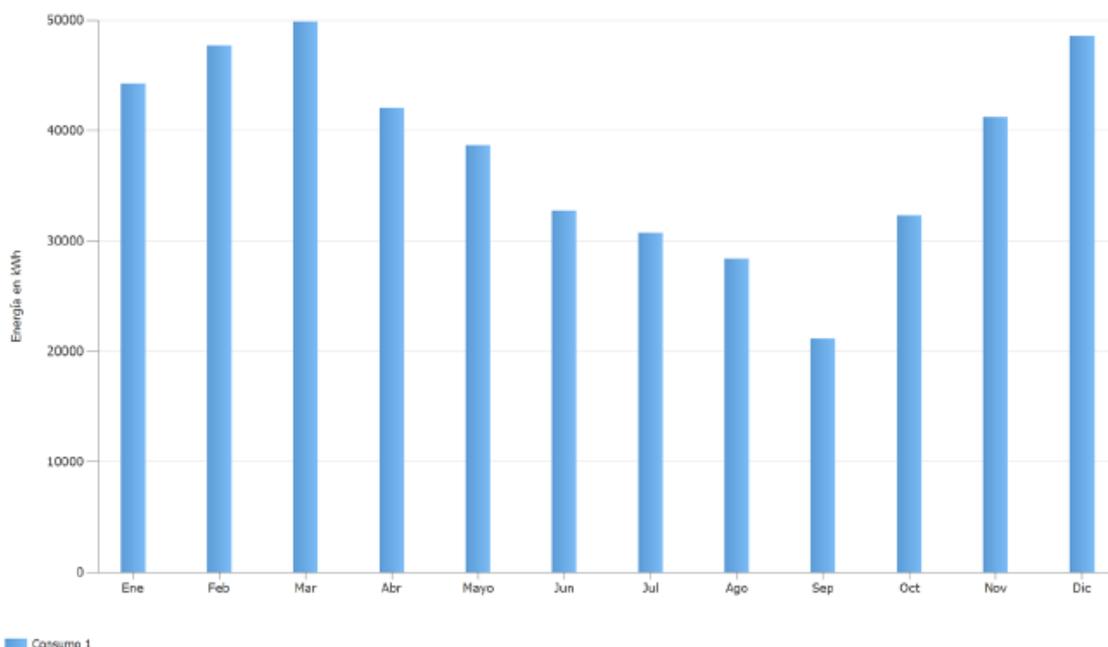
En cualquier caso, la compañía eléctrica distribuidora será la encargada de conceder el punto de acceso y las condiciones de conexión según lo establecido por la normativa en vigor.

En este caso, no será necesario realizar los trámites de solicitud del punto de acceso y conexión, al realizarse una conexión con vertido cero.

Instalación solar fotovoltaica de 90 kW destinada a suministro con autoconsumo de la Ciudad Educativa Municipal Hipatia FUHEM

1.6 ANÁLISIS DE CONSUMO ELÉCTRICO

El consumo del edificio se ha estimado a partir de las facturas eléctricas existentes. Suponiendo un consumo anual de 457.593 kWh de electricidad.



1.7 ESTUDIO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

La generación de energía eléctrica se ha calculado mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores, así como a otras causas.

Instalación FV

Potencia generador FV	98,44 kWp
Rendimiento anual espec.	1.515,65 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	86,58 %
Reducción de rendimiento por sombreado	0,0 %/Año
Energía de generador FV (Red CA)	149.236 kWh/Año
Consumo propio	144.238 kWh/Año
Limitación en el punto de inyección	0 kWh/Año
Inyección en la red	4.998 kWh/Año
Proporción de consumo propio	96,7 %
Emisiones de CO ₂ evitadas	29.840 kg / año

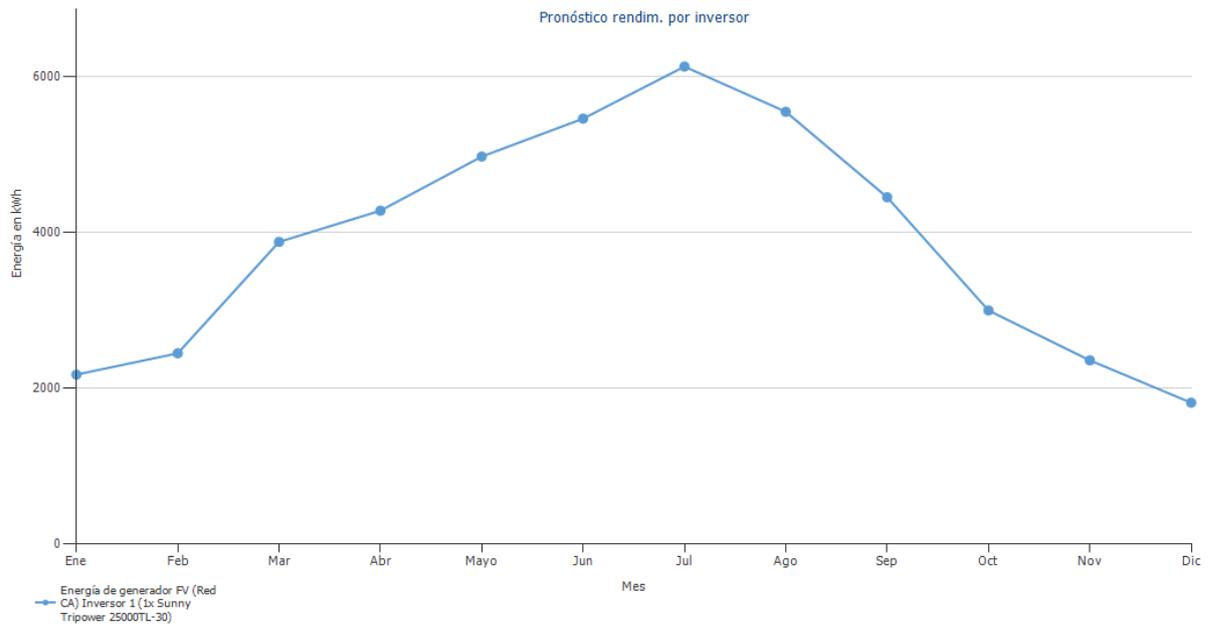
Energía de generador FV (Red CA)



■ Consumo propio
■ Limitación en el punto de inyección
■ Inyección en la red

La generación eléctrica mensual prevista del inversor es la siguiente:

Instalación solar fotovoltaica de 90 kW destinada a suministro con autoconsumo de la Ciudad Educativa Municipal Hipatia FUHEM



1.8 ESTUDIO DE AUTOCONSUMO DE ENERGÍA

Ahora solapando las curvas de consumo y las de generación, se obtienen los siguientes resultados. El 96,7% de la energía generada será autoconsumida y el resto será excedente inyectado en la red de distribución.

Instalación solar fotovoltaica de 90 kW destinada a suministro con autoconsumo de la Ciudad Educativa Municipal Hipatia FUHEM

Instalación FV

Potencia generador FV	98,44 kWp
Rendimiento anual espec.	1.515,65 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	86,58 %
Reducción de rendimiento por sombreado	0,0 %/Año
Energía de generador FV (Red CA)	149.236 kWh/Año
Consumo propio	144.238 kWh/Año
Limitación en el punto de inyección	0 kWh/Año
Inyección en la red	4.998 kWh/Año
Proporción de consumo propio	96,7 %
Emisiones de CO ₂ evitadas	29.840 kg / año

Energía de generador FV (Red CA)



■ Consumo propio
■ Limitación en el punto de inyección
■ Inyección en la red

Consumidores

Consumidores	457.593 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	35 kWh/Año
Consumo total	457.628 kWh/Año
cubierto mediante energía fotovoltaica	144.238 kWh/Año
cubierto mediante red	313.390 kWh/Año
Fracción de cobertura solar	31,5 %

Consumo total

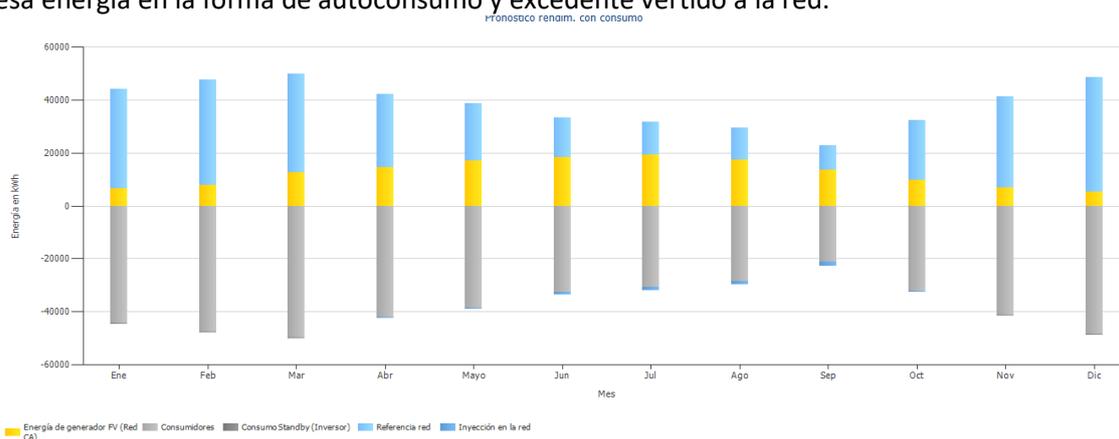


■ cubierto mediante energía fotovoltaica
■ cubierto mediante red

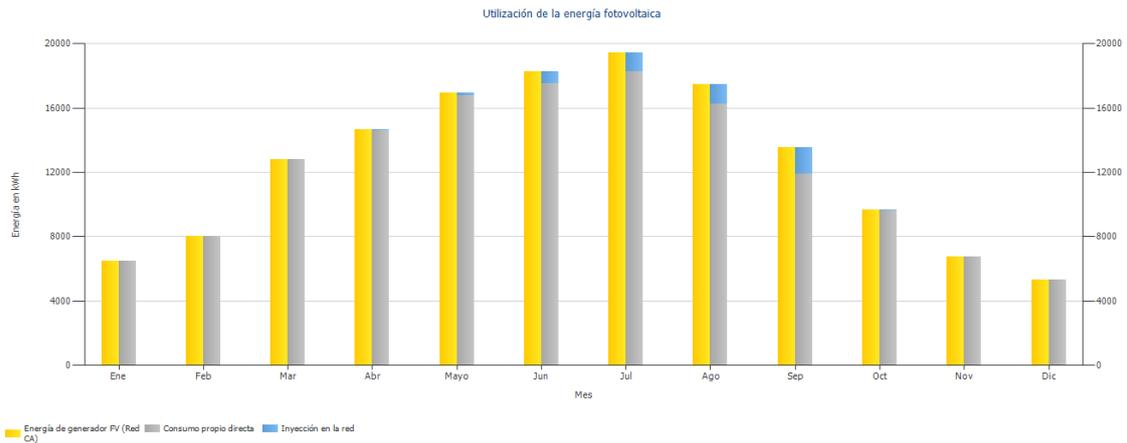
Grado de autarquía

Consumo total	457.628 kWh/Año
cubierto mediante red	313.390 kWh/Año
Grado de autarquía	31,5 %

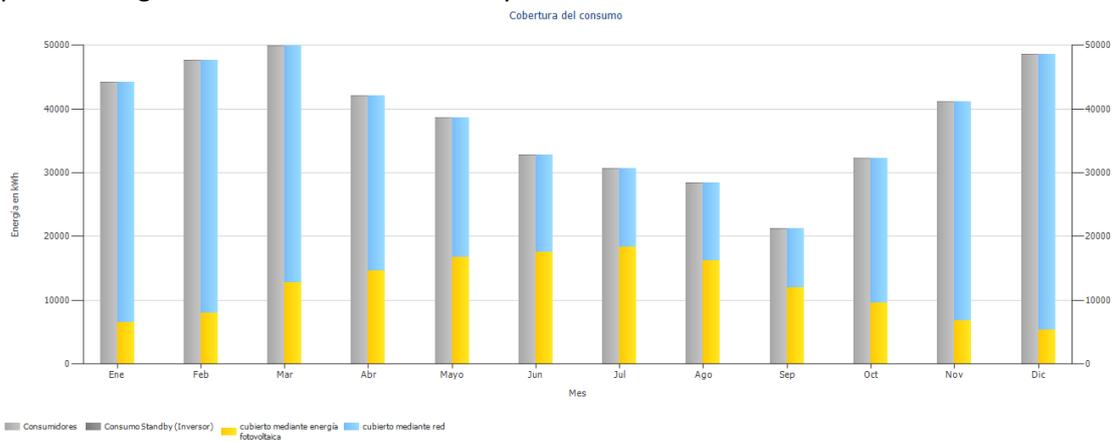
Los resultados del análisis son los siguientes, en la imagen se puede observar la cantidad de energía suministrada por la red eléctrica y la instalación fotovoltaica, comparada con el fin de esa energía en la forma de autoconsumo y excedente vertido a la red.



La energía generada por la instalación fotovoltaica se destinará a autoconsumo en el mismo edificio, salvo en momentos en los que la generación sea superior al consumo (principalmente fines de semanas y festivos) cuando se inyectarán los excedentes a la red:



El consumo del edificio se obtendrá a partir de dos fuentes de energía: el generador solar y la red eléctrica. Se puede observar como en los meses de mayor radiación solar (en verano) el aporte de la generación solar es mucho mayor:



1.9 PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN

Para el total montaje y verificación de las instalaciones se planean las siguientes fases y tareas, que se desarrollarán en el plazo de 4 semanas:

Fase 1: Diseño y especificaciones del sistema.

- Revisión general del proyecto y definición de los parámetros más importantes.
- Diseño final de la estructura en base a las características de la cubierta y de los módulos fotovoltaicos utilizados.
- Especificación de protecciones y sistemas de seguridad a utilizar.
- Definición de la metodología de montaje y conexionado.

Fase 2: Acopio de materiales.

- Emisión de ofertas para la adquisición de los materiales necesarios.
- Evaluación y aceptación de las ofertas recibidas.

Fase 3: Montaje e instalación.

- Fijación de la estructura soporte de los módulos fotovoltaicos.
- Montaje de los módulos fotovoltaicos e interconexionado eléctrico
- Montaje de canalizaciones y cuadros eléctricos
- Montaje y conexionado de líneas eléctricas
- Montaje y conexionado del inversor.

Instalación solar fotovoltaica de 90 kW destinada a suministro con autoconsumo de la Ciudad Educativa Municipal Hipatia FUHEM

Fase 4: Verificación y puesta en marcha de la instalación.

- Revisión general de la instalación para comprobar su buen funcionamiento.
- Puesta en marcha de la instalación.

2 CÁLCULOS

2.1 GENERALIDADES

En el cálculo de la instalación fotovoltaica y todos sus componentes se deberá cumplir la normativa especificada en el apartado correspondiente del proyecto. La instalación eléctrica deberá cumplir con , el Real Decreto 1699/2011, el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, y los procedimientos de operación correspondientes, así como, en lo no previsto en los anteriores, las exigencias previstas en la reglamentación vigente, en particular, el Reglamento electrotécnico de baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, aprobado por Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, y el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero.

2.2 FORMULAS UTILIZADAS

2.2.1 Fórmulas para el cálculo de intensidades

En primer lugar se calculará la intensidad de línea mediante las fórmulas:

En líneas trifásicas:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

En líneas monofásicas:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$$

Donde:

- I: Intensidad en amperios (A).
V: Tensión de línea para líneas trifásicas y tensión entre fase y neutro para líneas monofásicas, en voltios (V).
P: Potencia activa en vatios (W).
 $\cos \varphi$: Factor de potencia de la carga, $\cos \varphi = 1$ para corriente continua.

2.2.2 Fórmulas para el cálculo de las secciones de los conductores

Para el cálculo de secciones se tendrá en cuenta dos criterios:

- **Criterio térmico**, que contempla el REBT: hace referencia a la máxima corriente que puede circular por el conductor, sin que se produzca una elevación peligrosa de su temperatura.
- **Máxima caída de tensión admisible**, para cumplir por las especificaciones descritas en el citado pliego de condiciones técnicas de las instalaciones conectadas a red PCT-C-REV - julio 2011.

Se deberá tener en cuenta RBT-ITC-40 p.5:

- Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y

el punto de interconexión a la red de distribución pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5% para la intensidad nominal.

Para el cálculo de la sección una vez determinada la intensidad que circula por la línea, se consultarán las tablas existentes en el R.E.B.T. y sus ITC correspondientes:

- Tabla 1 de la ITC-BT-19 para cables de tensión nominal de aislamiento de hasta 750V. en instalaciones interiores o receptoras
- Tabla 3, 4, y 5 de la ITC-BT-06 para cables de tensión nominal de aislamientos de hasta 1.000 V. en instalaciones en condiciones normales
- Tabla 3, 4, y 5 de la ITC-BT-07 para cables de tensión nominal de aislamientos de hasta 1.000 V. en instalaciones enterradas.

Y se elegirá la sección que tenga una intensidad máxima admisible, inmediatamente superior a la calculada una vez aplicados los coeficientes correctores adecuados a cada caso.

También podremos utilizar las fórmulas que nos dan la sección directamente y comprobar en las tablas si admiten la intensidad calculada más arriba, como sistema alternativo de comprobación:

En líneas de corriente continua:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{k \cdot (V_A - V_B)}$$

Siendo:

S : Sección conductores en mm².

L : Longitud de la línea en m.

I : Intensidad en amperios.

k : Conductividad del conductor a temperatura máxima. (44 para el cobre con aislamiento XLPE)

(V_A - V_B) Caída de tensión en línea máxima admitida 1,5 %

En líneas de corriente alterna trifásicas:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{k \cdot (V_A - V_B)}$$

En líneas de corriente alterna monofásicas:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot k}{k \cdot (V_A - V_B)}$$

Siendo:

S : Sección conductores en mm².

L : Longitud de la línea en m.

I : Intensidad en amperios.

cosφ : Factor de potencia, cosφ = 1 para corriente continua

k : Conductividad del conductor a temperatura máxima (44 para el cobre con aislamiento XLPE)

(V_A - V_B) Caída de tensión en línea máxima admitida.

2.2.3 Fórmulas para el cálculo de la caída de tensión

Las caídas de tensión permitidas son las siguientes:

- Conductores de corriente continua: 1,5 % (según PCT IDAE)
- Conductores de corriente alterna: 1,5 % (según REBT en su ITC-BT-40)

Determinada la sección, se calcula la caída de tensión mediante las siguientes fórmulas:

En líneas monofásicas:

$$e\% = \frac{2 \cdot P \cdot L}{k \cdot S \cdot V^2} \cdot 100$$

En líneas trifásicas:

$$e\% = \frac{P \cdot L}{k \cdot S \cdot V^2} \cdot 100$$

Donde:

- P: Potencia en vatios.
L: Longitud de la línea en metros.
V: Tensión de línea para líneas trifásicas y tensión entre fase y neutro para líneas monofásicas, en voltios.
I: Intensidad en amperios.
s: Sección del conductor en mm².
k: Conductividad del conductor a temperatura máxima. (44 para el cobre con aislamiento XLPE)
e % : caída de tensión en tanto por ciento

Si la caída de tensión está dentro de los valores permitidos la sección será la adecuada, en caso contrario se elige la sección de conductor inmediatamente superior y se vuelve a calcular la caída de tensión.

2.2.4 Fórmulas para el cálculo de las protecciones

El cálculo de la intensidad nominal de las protecciones se realizará según la siguiente ecuación:

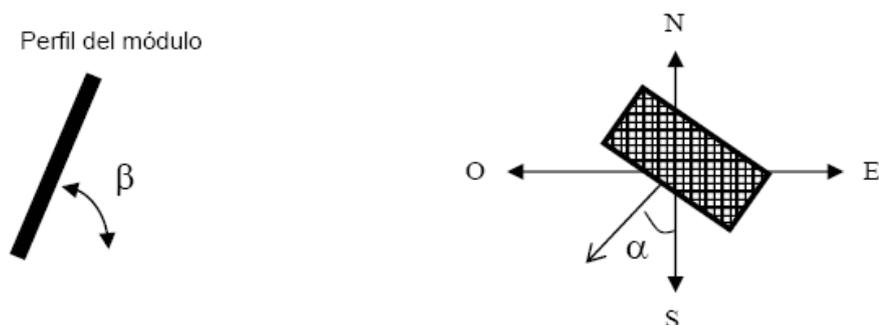
$$I_{\text{diseño}} = (1,25 * I_{\text{max-línea}})$$

$$I_{\text{diseño}} < I_{\text{nom protección}} < I_{\text{max admisible conductor}}$$

2.2.5 Fórmulas para el cálculo de la inclinación y orientación de los módulos fotovoltaicos

En primer lugar se definen los siguientes conceptos:

- Ángulo de inclinación β , definida como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales.
- Ángulo de acimut, definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar, tomando como referencia el sur (acimut astronómico). Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y +90° para módulos orientados al oeste.



Los valores del ángulo de inclinación y de acimut de los módulos fotovoltaicos estarán limitados por las pérdidas máximas permisibles por este concepto en el PCT-C-REV - julio 2011.

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

2.2.6 Fórmulas cálculo puesta a tierra

$$R = \frac{\rho}{n \cdot L} \quad (7)$$

$$R = \frac{2 \cdot \rho}{L} \quad (8)$$

Donde:

(7): Caso de pica vertical.

(8): Caso de conductor enterrado horizontalmente.

R: Resistencia de tierra en Ohm Ω

ρ : Resistividad del terreno en Ohm por metro [$\Omega \cdot m$].

n: Número de picas.

L: Longitud de la pica para (7). Longitud del conductor para (8). Ambos casos en metros [m].

2.3 CÁLCULO INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

2.3.1 Potencia pico del generador fotovoltaico

La potencia pico del generador fotovoltaico es igual a:

$P_{\text{pico}} = \text{Número de módulos} \times \text{Potencia nominal módulo}$

$P_{\text{pico}} = 214 \times 460 \text{ W} = 98,44 \text{ kWp}$

2.3.2 Potencia instalada

La potencia instalada es la potencia máxima del inversor o, en su caso, la suma de las potencias máximas de los inversores.

$$P_{\text{instalada}} = \Sigma (\text{Potencia nominal inversores})$$

Con lo cual:

$$P_{\text{instalada}} = 90 \text{ kW}$$

2.3.3 Conexión de módulos al inversor

Para calcular el máximo y mínimo número de paneles a instalar, deberemos tener en cuenta las especificaciones técnicas de los módulos fotovoltaicos e inversor.

Nº de módulos en serie en cada string.

$$N^{\circ}_{\text{min módulos}} = \frac{V_{DC \text{ min}}}{V_{PMP}}$$
, el nº de módulos escogido dará una tensión superior a la necesaria para arrancar el inversor.

$$N^{\circ}_{\text{max módulos}} = \frac{V_{DC \text{ max}}}{V_{oc}}$$
, el nº de módulos escogido no sumará una tensión superior a la $V_{\text{máx}}$ de entrada en continua del inversor, ni sobrepasará la tensión máxima permitida que soportan los módulos.

Nº de strings (ramas en paralelo)

$$N^{\circ}_{\text{max string}} = \frac{I_{DC \text{ max}}}{I_{PMP}}, \quad N^{\circ}_{\text{strings}} \cdot I_{sc} < I_{DC \text{ max}}$$

Donde:

VDC (max, min):	Tensiones permitidas de entrada en continua del inversor.
IDCmax:	Máxima corriente de entrada, en continua, al inversor.
VPMP:	Tensión del módulo fotovoltaico en el máximo punto de trabajo.
IPMP:	Corriente del módulo fotovoltaico en el máximo punto de trabajo.
ISC:	Corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico.
VOC:	Tensión en circuito abierto del módulo fotovoltaico.

Los inversores suelen tener un rango de tensiones de entrada bastante amplio, pero para maximizar la generación eléctrica anual, hay que sobredimensionar el generador fotovoltaico del orden de un 5% -15% respecto a la potencia nominal del inversor. Este criterio permite incrementar la eficiencia de la instalación fotovoltaica al optimizar su producción energética gracias a la obtención de un elevado rendimiento de sus componentes.

La decisión de la configuración exacta se toma teniendo en cuenta las mejores condiciones de trabajo del inversor en función de estudios de rendimiento, que suelen aparecer en las hojas de características técnicas.

En la siguiente tabla se justifica la correcta configuración de la instalación con los módulos teniendo en cuenta todos sus parámetros y condiciones de temperatura más restrictivos

2.3.4 Cálculo de las líneas eléctricas

En las hojas siguientes vienen definidos los cálculos de las secciones de las diferentes líneas.

Líneas de corriente continua

DE MÓDULOS A INVERSOR																
DATOS módulo																
Vmp(V)	42,13	Tipo cable		XLPE3												
Imp(A)	10,92	Material		Cobre												
Isc(A)	10,46	Conductividad a T^{max}		44												
Voc(V)	50,01															
Línea	De:	A:	Tipo de canalización	Fcorrección T ¹	Fcorrección agrupamiento	Fcorrección Total	Longitud	Longitud +10%	Nº módulos	Tensión	I _{max}	Idiseño	Sección adoptada	Caída de tensión	I _{max} admisible	Valor real I _{max} admisible
CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	1	1,0	0,9	130,0	143,0	19,0	42,1	10,9	13,65	6	1,48%	46	41,4
CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	1	1,0	0,9	125,0	137,5	19,0	42,1	10,9	13,65	6	1,42%	46	41,4
CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	1	1,0	0,9	120,0	132,0	19,0	42,1	10,9	13,65	4	2,05%	36	32,4
CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	1	1,0	0,9	115,0	126,5	19,0	42,1	10,9	13,65	4	1,96%	36	32,4
CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	1	1,0	0,9	110,0	121,0	19,0	42,1	10,9	13,65	4	1,88%	36	32,4
CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	1	1,0	0,9	105,0	115,5	19,0	42,1	10,9	13,65	4	1,79%	36	32,4
CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	1	1,0	0,9	65,0	71,5	20,0	42,1	10,9	13,65	4	1,05%	36	32,4
CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	1	1,0	0,9	70,0	77,0	20,0	42,1	10,9	13,65	4	1,13%	36	32,4
CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	1	1,0	0,9	75,0	82,5	20,0	42,1	10,9	13,65	4	1,21%	36	32,4
CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	1	1,0	0,9	85,0	93,5	20,0	42,1	10,9	13,65	4	1,38%	36	32,4
CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	1	1,0	0,9	90,0	99,0	20,0	42,1	10,9	13,65	4	1,46%	36	32,4
														Máxima CdT	2,05%	

Como se puede observar en la tabla anterior, la caída de tensión máxima en este tramo es < 2,5%, límite usado como criterio técnico en la parte de la instalación de corriente continua.

Líneas de corriente alterna

DE INVERSORES A CUADRO DE PROTECCIONES																
DATOS inversor																
P nominal AC	90000	Tipo cable		XLPE3												
Vac (3x)	400	Material		Cobre												
I _{max} AC	127,3	Conductividad a T^{max}		44												
Factor de potencia	1	Conexión		trifásica												
Nº inversores	2															
Línea	De:	A:	Tipo de canalización	Fcorrección T ¹	Fcorrección agrupamiento	Fcorrección Total	Longitud	Longitud +10%	Nº inversores	Tensión	I _{max}	Idiseño	Sección adoptada	Caída de tensión	I _{max} admisible	Valor real I _{max} admisible
AC	Inversor	Cuadro	Multipolar	1	1	1	15	16,5	1	400	47,9	59,88	16	0,49%	73	73
AC	Inversor	Cuadro	Multipolar	1	1	1	15	16,5	1	400	79,4	99,25	35	0,37%	119	119
AC	Cuadro	Cuadro	Multipolar	1	1	1	15	16,5	1	400	127,3	159,1	70	0,30%	185	185
														CdT	0,78%	

Como se puede observar en la tabla anterior, la caída de tensión máxima en este tramo es < 1,5% por tanto cumple con las especificaciones técnicas.

2.3.5 Protecciones

Líneas de continua

A partir de las ecuaciones de cálculo:

Tramo	Circuito	De:	A:	Canalización	Tipo de canalización	Nº conductores	Material de aislamiento	T ¹ máxima admisible	Material de conductor	Conductividad a T ¹	Longitud	Longitud incremento 10%	Nº de generadores	Tensión	Tipo	Magnetotérmico
1.1	CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	B2	2x	XLPE2	90	Cu	44	130	143	19	42,1 V	Magnetotérmico	16,00 A
1.2	CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	B2	2x	XLPE2	90	Cu	44	125	137,5	19	42,1 V	Magnetotérmico	16,00 A
1.3	CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	B2	2x	XLPE2	90	Cu	44	120	132	19	42,1 V	Magnetotérmico	16,00 A
1.4	CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	B2	2x	XLPE2	90	Cu	44	115	126,5	19	42,1 V	Magnetotérmico	16,00 A
2.1	CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	B2	2x	XLPE2	90	Cu	44	110	121	19	42,1 V	Magnetotérmico	16,00 A
2.2	CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	B2	2x	XLPE2	90	Cu	44	105	115,5	19	42,1 V	Magnetotérmico	16,00 A
2.3	CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	B2	2x	XLPE2	90	Cu	44	65	71,5	20	42,1 V	Magnetotérmico	16,00 A
2.4	CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	B2	2x	XLPE2	90	Cu	44	70	77	20	42,1 V	Magnetotérmico	16,00 A
2.5	CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	B2	2x	XLPE2	90	Cu	44	75	82,5	20	42,1 V	Magnetotérmico	16,00 A
2.6	CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	B2	2x	XLPE2	90	Cu	44	85	93,5	20	42,1 V	Magnetotérmico	16,00 A
2.7	CC	Módulos	Inversor	Conductor unipolar	B2	2x	XLPE2	90	Cu	44	90	99	20	42,1 V	Magnetotérmico	16,00 A

Líneas eléctricas alterna

A partir de las ecuaciones de cálculo:

Tramo	Círculo	De:	A:	Canalización	Tipo de canalización	Nº conductores	Material de aislamiento	Tª máxima admisible	Material del conductor	Conductividad a Tª	Longitud	Longitud incremento 10%	Nº de generadores	Tensión	Tipo	Magnetotérmico	Modelo elegido	Diferencial	Sensibilidad
3.1	AC	Inversor	Cuadro	Multipolar	B1	3x	XLPE3	90	Cu	44	15	16,5	1	400,0 V	Magnetotérmico	50,00 A		50,00 A	300 mA
3.2	AC	Inversor	Cuadro	Multipolar	B1	3x	XLPE3	90	Cu	44	15	16,5	1	400,0 V	Magnetotérmico	80,00 A		80,00 A	300 mA
3.3	AC	Cuadro	Cuadro	Multipolar	B2	3x	XLPE3	90	Cu	44	15	16,5	1	400,0 V	Magnetotérmico	160,00 A			

Inversor

El resto de las protecciones en alterna, están integradas en el inversor como puede comprobarse en la certificación técnica del fabricante.

2.3.6 Inclinación y orientación de los módulos fotovoltaicos

Inclinación

Para el estudio de colocación conviene disponer de la latitud de la zona. Con este parámetro se puede llegar a determinar la inclinación de los módulos fotovoltaicos, que según los casos de utilización puede variar. Puesto que se trata de una instalación fotovoltaica, cuyo funcionamiento será anual, para obtener la inclinación adecuada hay que sumar al valor de latitud la cantidad de 10 unidades, es decir:

$$\text{Latitud: } 40^{\circ} 23'$$

$$\beta = (0 - 40^{\circ} 23') + 10 = - 40^{\circ} 38' + 10 \approx 30^{\circ}$$

Como la cubierta está inclinada 8° se aprovechará su misma inclinación y los paneles fotovoltaicos se dispondrán de manera coplanar con la misma inclinación. Aunque la pendiente óptima es de 30° esta menor pendiente no afectará de forma significativa a la producción.

Inclinación elegida: 8°

Orientación

La instalación fotovoltaica contiene los módulos con una orientación fija, por esta razón se deben situar de forma que se mantenga un aprovechamiento máximo de la irradiación solar disponible durante todo el año.

Para conseguir la orientación óptima y poder aprovechar el máximo de horas diarias de radiación solar, en el hemisferio norte los módulos deben orientarse hacia el sur geográfico (acimut 0°).

Dado que la cubierta está orientada hacia el suroeste y después de realizar un estudio sobre las pérdidas por orientación, se decide ubicar los módulos en la misma orientación que la cubierta:

Acimut elegido: 32°

Pérdidas por desviación de la inclinación y orientación óptima

Para calcular las pérdidas debido a la desviación de los módulos fotovoltaicos respecto a la orientación óptima, se ha utilizado el software PVGIS, simulando la producción energética anual de 1 kW para 2 casos con inclinación óptima:

Acimut óptimo = 0°	Acimut elegido = 32°
Inclinación óptima = 35°	Inclinación óptima = 35°
Producción anual = 1589,15 kWh/kWp	Producción anual = 1561,20 kWh/kWp
Pérdidas por desviación acimut óptimo	-1,79%
Inclinación óptima = 35°	Inclinación elegida = 22°

Instalación solar fotovoltaica de 90 kW destinada a suministro con autoconsumo de la Ciudad Educativa Municipal Hipatia FUHEM

Acimut elegido = 32°	Acimut elegido = 32°
Producción anual por kWp	Producción anual por kWp
1561,20 kWh/kWp	1529,69 kWh/kWp
Pérdidas por desviación inclinación óptima	-2,06%
Total pérdidas	-3,85%

Dado que los paneles están colocados de forma paralela a la envolvente del edificio (superposición), la instalación cumple con las pérdidas máximas exigidas por el PCT-C-REV - julio 2011:

Pérdidas por orientación e inclinación = 3,85 % < 20%

Pérdidas por sombras

Según los cálculos y simulaciones del software PVSOL, las pérdidas por reducción de rendimiento por sombreado son del 9,1%

Dado que los paneles están colocados de forma paralela a la envolvente del edificio (superposición), la instalación cumple con las pérdidas máximas exigidas por el PCT-C-REV - julio 2011:

Pérdidas por sombreado = 9,1 % < 15%

2.3.7 Sobrecarga añadida a la cubierta del edificio

La sobrecarga añadida a la cubierta se calcula como la suma de las siguientes cargas añadidas por metro cuadrado, que se pueden considerar como acciones permanentes añadidas a la estructura del edificio:

Carga	Superficie	Peso	Carga	Carga
Módulos fotovoltaicos	1,868 m ²	20,7 kg	11,1 kg/m ²	0,109 kN/m ²
Estructura de fijación	-	-	3,22 kg/m ²	0,0316 kN/m ²
Total			14,32 kg/m²	0,141 kN/m²

No existirán acciones variables añadidas al edificio, puesto que los módulos solares irán dispuestos de forma coplanar a la cubierta por lo que la acción del viento sería despreciable.

En edificación para cubiertas accesibles únicamente para conservación, se diseñan las estructuras para una sobrecarga de uso uniforme de 1 kN/m², luego como la instalación del generador fotovoltaico sobre la cubierta supone una carga añadida de 0,141 kN/m² se puede considerar que se trata de una sobrecarga añadida muy pequeña, apenas el 14,1% de la sobrecarga por uso que aguanta la cubierta.

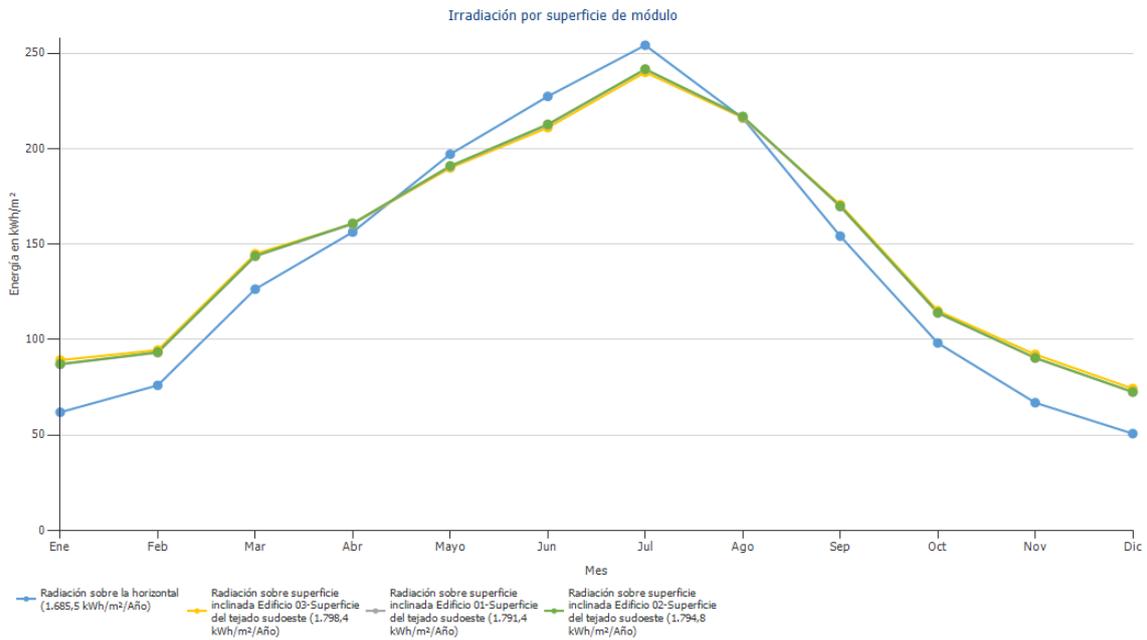
2.4 CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN ANUAL ESPERADA

Los datos de recurso solar que se emplean para el cálculo energético se obtienen de las bases de datos meteorológicas de MeteoSyn.

2.4.1 Irradiación solar mensual

Para la latitud del proyecto los valores de irradiación solar en kWh/m², sobre una superficie horizontal y sobre la superficie del plano de los módulos solares son los indicados en la siguiente tabla.

Radiación solar diaria - horizontal	
Mes	kWh/m ² /d
Enero	2,01
Febrero	2,93
Marzo	4,24
Abril	5,14
Mayo	5,99
Junio	7,08
Julio	7,20
Agosto	6,27
Setiembre	4,79
Octubre	3,13
Noviembre	2,16
Diciembre	1,71
Anual	4,40



2.4.2 Rendimiento energético de la instalación

Varios son los motivos por los cuales un sistema fotovoltaico puede no tener un rendimiento del 100 %, por lo tanto, la potencia real que tendrá el sistema en funcionamiento podrá ser menor que la teórica.

Los principales motivos que pueden afectar al rendimiento son:

Rendimiento del campo fotovoltaico.

- Rango de potencia del módulo.
- Dispersión de parámetros entre módulos.
- Efecto de la temperatura.
- Pérdidas por suciedad.
- Pérdidas por inclinación, acimut y sombras.
- Degradación
- Rango de potencia del módulo.
- Dispersión de parámetros entre módulos.

Instalación solar fotovoltaica de 90 kW destinada a suministro con autoconsumo de la Ciudad Educativa Municipal Hipatia FUHEM

Para determinar la temperatura de célula utilizaremos la fórmula:

$$T_c = T_{amb} + I_{inc} (W \cdot m^2) \cdot \frac{(TONC(^{\circ}C) - 20)}{800}$$

Siendo:

T_c Temperatura real de trabajo de la célula

T_{amb} Temperatura ambiente

$I_{inc} (W \cdot m^2)$ Irradiancia

$TONC$ Temperatura de Operación Normal de la Célula, que es de 47°C cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W.m², a una temperatura ambiente 20°C, y una velocidad de viento sobre los módulos de 1 m/s.

Por ejemplo con una temperatura ambiente de 25 °C tendríamos en célula unos 58,75 °C. La temperatura afecta principalmente a los valores de voltaje de la característica I-V, y tiene su mayor influencia en el voltaje de circuito abierto, aunque también modifica los valores del punto de máxima potencia y el valor de I_{cc} (muy ligeramente).

Para estimar esta pérdida de potencia, en el cuadro del cálculo de la Producción Anual Estimada, afectamos la irradiancia de cada mes por la temperatura diurna promedio de ese mes.

Pérdidas por suciedad sobre los módulos.

Con un mantenimiento adecuado de la instalación las pérdidas por suciedad en los módulos no tienen por qué superar el 2%, salvo condiciones extremas que serán consideradas en cada caso.

Pérdidas por inclinación, azimut y sombras.

Serán evaluados en cada caso, pudiendo variar de una instalación a otra.

Pérdidas por degradación

Estas pérdidas se deben a un proceso natural de degradación de todas las células de silicio cristalino y se produce al exponer al sol por primera vez al panel fotovoltaico.

Rendimiento del inversor.

Es evidente que un inversor tiene siempre unas pérdidas en su funcionamiento, que podemos dividir en tres grupos:

- Pérdidas de autoconsumo (independientes de la potencia de operación), pérdidas en el transformador de salida, dispositivos de control, regulación, medidores e indicadores, y en los dispositivos de seguridad.
- Pérdidas linealmente dependientes de la potencia de operación (diodos, dispositivos de conmutación, etc.).
- Pérdidas que varían con el cuadrado de la potencia de operación (cables, bobinas, resistencias, etc.)

Pérdidas de conexionado y elementos de protección.

Son las pérdidas debidas a los elementos de protección como fusibles, interruptores, disyuntores y bornas de conexión, y las debidas a las caídas de tensión y calentamiento de los conductores, etc.

Resultados de la simulación

Los resultados obtenidos mediante la simulación con el software PVSOL 2020 son los siguientes:

Instalación solar fotovoltaica de 90 kW destinada a suministro con autoconsumo de la Ciudad Educativa Municipal Hipatia FUHEM

Radiación global horizontal	1.685,46 kWh/m²	
Desviación del espectro estandar	-16,85 kWh/m ²	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	13,60 kWh/m ²	0,82 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	155,15 kWh/m ²	9,22 %
Sombreado independiente del módulo	-6,81 kWh/m ²	-0,37 %
Reflexión en la superficie del módulo	-34,47 kWh/m ²	-1,88 %
Irradiación global sobre módulo	1.796,07 kWh/m²	
	1.796,07 kWh/m ²	
	x 148,879 m ²	
	= 267.397,80 kWh	
Irradiación global fotovoltaica	267.397,80 kWh	
Ensuciamiento	0,00 kWh	0,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 20,42 %)	-212.791,96 kWh	-79,58 %
Energía fotovoltaica nominal	54.605,84 kWh	
Ensombrecimiento parcial específico del módulo	-1.050,03 kWh	-1,92 %
Rendimiento con luz débil	-640,61 kWh	-1,20 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-2.067,10 kWh	-3,91 %
Diodos	-71,08 kWh	-0,14 %
Inadecuación (datos del fabricante)	-1.015,54 kWh	-2,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	-449,18 kWh	-0,90 %
Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor	49.312,31 kWh	
Potencia de arranque DC no alcanzada	-9,20 kWh	-0,02 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	-738,21 kWh	-1,50 %
Adaptación MPP	-59,03 kWh	-0,12 %
Energía FV (DC)	48.505,87 kWh	
Energía en la entrada del inversor	48.505,87 kWh	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-160,55 kWh	-0,33 %
Conversión DC/AC	-1.119,64 kWh	-2,32 %
Consumo Standby (Inversor)	-14,68 kWh	-0,03 %
Pérdida total de cables	-708,39 kWh	-1,50 %
Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera	46.502,61 kWh	
Energía de generador FV (Red CA)	46.517,29 kWh	

3 HOJAS TÉCNICAS

3.1 HOJA TÉCNICA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Harvest the Sunshine



Mono

470W MBB Half-Cell Module
JAM72S20 445-470/MR Series

Introduction

Assembled with multi-busbar PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.





Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

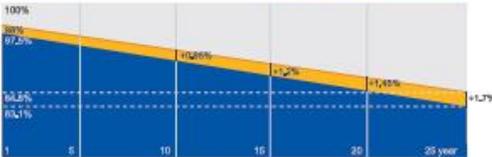


Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

0.55% Annual Degradation Over 25 years



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval





JA SOLAR

www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests. JA Solar reserves the right of final interpretation.



3.2 HOJA TÉCNICA INVERSOR

SUN2000-60KTL-M0 Smart String Inverter



Inteligente

Monitorización a nivel de string



Eficiente

Eficiencia máxima del 98,7 %



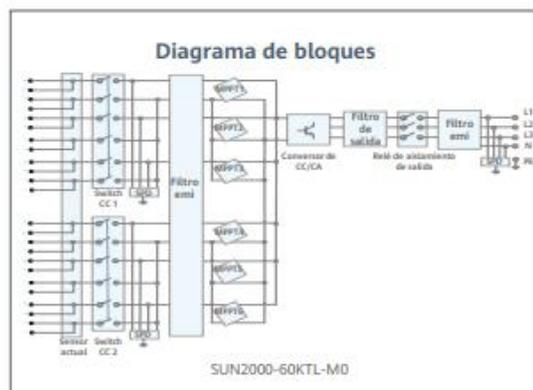
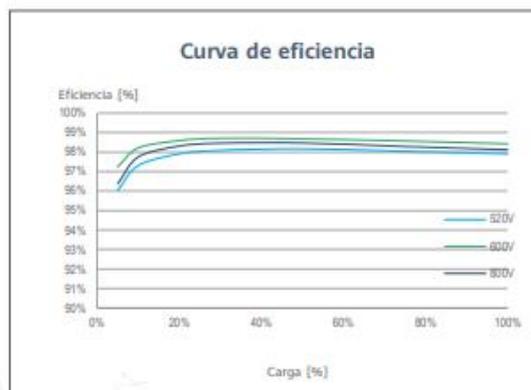
Seguro

Diseño sin fusibles



Reliable

Descargadores de sobretensión tipo II de CC y CA



Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas	SUN2000-60KTL-M0
Eficiencia	
Máxima eficiencia	98.9% @480 V; 98.7% @380 V / 400 V
Eficiencia europea ponderada	98.7% @480 V; 98.5% @380 V / 400 V
Entrada	
Tensión máxima de entrada	1,100 V
Corriente de entrada máxima por MPPT	22 A
Corriente de cortocircuito máxima	30 A
Tensión de arranque	200 V
Tensión de funcionamiento MPPT	200 V ~ 1,000 V
Tensión nominal de entrada	600 V @380 Vac / 400 Vac; 720 V @480 Vac
Cantidad de rastreadores MPP	6
Cantidad máxima de entradas por MPPT	2
Salida	
Potencia activa	60,000 W
Max. Potencia aparente de CA	66,000 VA
Max. Potencia activa de CA (cosφ = 1)	66,000 W
Tensión nominal de salida	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, por defecto 3W + N + PE; 3W + PE opcional en configuraciones; 277 V / 480 V, 3W + PE
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz
Intensidad nominal de salida	91.2 A @380 V, 86.7 A @400 V, 72.2 A @480 V
Max. intensidad de salida	100 A @380 V, 95.3 A @400 V, 79.4 A @480 V
Factor de potencia ajustable	0.8 leading... 0.8 lagging
Distorsión armónica total máxima	< 3%
Protecciones	
Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Si
Protección anti-isla	Si
Protección contra sobreintensidad de CA	Si
Protección contra polaridad inversa CC	Si
Monitorización a nivel de string	Si
Descargador de sobretensiones de CC	Type II
Descargador de sobretensiones de CA	Type II
Detección de resistencia de aislamiento CC	Si
Monitorización de corriente residual	Si
Comunicación	
Display	Indicadores LED, Bluetooth + APP
RS485	Si
USB	Si
Monitorización de BUS (MBUS)	Si
Datos generales	
Dimensiones (W x H x D)	1,075 x 555 x 300 mm
Peso (incluida ménsula de montaje)	74 kg
Rango de temperatura de operación	-25°C ~ 60°C
Enfriamiento	Convección natural
Max. Altitud de operación	4,000 m
Humedad de operación relativa	0 ~ 100%
Conector CC	Amphenol Helios H4
Conector CA	Terminal PG impermeable + conector OT
Grado de protección	IP65
Topología	Sin transformador
Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)	
Seguridad	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Estándares de conexión a red eléctrica	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, VDE 4120, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11

SUN2000-30/36/40KTL-M3
Smart PV Controller



Inteligente

Monitorización a nivel de string



Eficiente

Eficiencia máxima del 98.7%



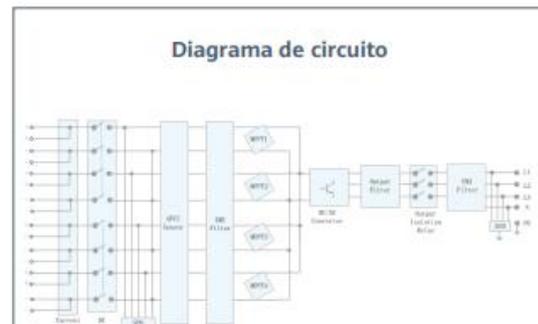
Seguro

Diseño sin fusibles



Confiable

Descargadores de sobretensión tipo II de CC y CA



SUN2000-30/36/40KTL-M3
Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas	SUN2000-30KTL-M3	SUN2000-36KTL-M3	SUN2000-40KTL-M3
Eficiencia			
Máxima eficiencia		98.7%	
Eficiencia europea ponderada		98.4%	
Entrada			
Tensión máxima de entrada ¹		1,100 V	
Intensidad de entrada máxima por MPPT		26 A	
Intensidad de cortocircuito máxima		40 A	
Tensión de arranque		200 V	
Rango de tensión de operación ²		200 V ~ 1000 V	
Tensión nominal de entrada		600 V	
Cantidad de entradas		8	
Cantidad de MPPTs		4	
Salida			
Potencia nominal activa de CA	30,000 W	36,000 W	40,000 W
Máx. potencia aparente de CA	33,000 VA	40,000 VA	44,000 VA
Tensión nominal de Salida	230 Vac / 400 Vac, 3W/N+PE		
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz		
Intensidad nominal de salida	43.3 A	52.0 A	57.8 A
Máx. intensidad de salida	47.9 A	58.0 A	63.8 A
Factor de potencia ajustable	0.8 LG ~ 0.8 LD		
Máx. distorsión armónica total	< 3%		
Características y protecciones			
Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Sí		
Protección anti-isla	Sí		
Protección contra sobreintensidad de CA	Sí		
Protección contra polaridad inversa CC	Sí		
Monitorización a nivel de string	Sí		
Descargador de sobretensiones de CC	Sí		
Descargador de sobretensiones de CA	Sí		
Detección de resistencia de aislamiento CC	Sí		
Monitorización de corriente residual	Sí		
Protección ante fallo por arco eléctrico	Sí		
Control del receptor Ripple	Sí		
Recuperación PID integrada ³	Sí		
Comunicación			
Display	Indicadores LED, WLAN Integrado + FusionSolar APP		
RS485	Sí		
Smart Dongle	WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Opcional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Opcional)		
Monitoring BUS (MBUS)	Sí (transformador de aislamiento requerido)		
Especificaciones generales			
Dimensiones (Ancho x Profundo x Alto)	640 x 530 x 270 mm (25.2 x 20.9 x 10.6 inch)		
Peso (Kit de herramientas para soporte de suelo incluido)	43 kg (94.8 lb)		
Nivel de Ruido	< 46 dB		
Rango de temperaturas en operación	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)		
Ventilación	Convección natural		
Max. Altitud de operación	0 - 4,000 m (13,123 ft.)		
Humedad relativa	0% RH ~ 100% RH		
Conector de CC	Staubli MC4		
Conector de CA	Terminal PG impermeable + conector OT/DT		
Grado de Protección	IP 66		
Tipología	Sin transformador		
Consumo de energía durante la noche	≤ 5.5W		
Compatibilidad con optimizador			
Optimizador compatible con DC MBUS	SUN2000-450W-P		
Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)			
Seguridad	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683		
Estándares de conexión a red eléctrica	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, AS/NZS 4777.2, DEWA		

4 CONCLUSIÓN

Con lo reflejado en esta memoria se considera que la instalación ha quedado convenientemente definida. No obstante, el técnico suscribiente queda a la disposición del organismo competente en la materia para toda aquella ampliación, aclaración o modificación que estime pertinente.

En Madrid, a 07 de marzo de 2022



Héctor Pastor Pérez
Ingeniero Técnico Industrial
nº colegiado: 26185
(Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid)

Capítulo II. Pliego de condiciones técnicas

ÍNDICE

1	OBJETO	3
2	NORMATIVA.....	3
3	COMPONENTES Y MATERIALES	4
3.1	Generalidades	4
3.2.-	Sistemas generadores fotovoltaicos	4
3.3.-	Estructura soporte	4
3.4.-	Inversores.....	5
3.5.-	Cableado	6
3.6.-	Conexión a red	7
3.7.-	Medidas.....	7
3.8.-	Protecciones.....	7
3.9.-	Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas	7
4	RECEPCIÓN Y PRUEBAS	7

1 OBJETO

Fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red.

2 NORMATIVA

Es de aplicación la normativa que afecte a instalaciones solares fotovoltaicas:

- **Ley 31/1995**, de 8 de Diciembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- **Ley 24/2013**, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- **Real Decreto 1955/2000**, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- **Real Decreto 1164/2001**, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- **Real Decreto 842/2002**, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- **Real Decreto Legislativo 2/2004**, de 5 de marzo por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales.
- **Real Decreto 1110/2007**, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico
- **Real Decreto 1578/2008**, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- **Real Decreto-ley 14/2010**, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- **Real Decreto 1699/2011**, de 18 de Noviembre, sobre conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia
- **Real Decreto 1048/2013**, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- **Real Decreto 413/2014**, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- **Real Decreto 900/2015**, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- **Real Decreto 1074/2015**, de 27 de noviembre, por el que se modifican distintas disposiciones en el sector eléctrico.
- **Real Decreto-ley 15/2018**, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- **Real Decreto 244/2019** por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica
- Demás condiciones impuestas por los Organismos públicos afectados y ordenanzas municipales
- Para el caso de integración en edificios se tendrá en cuenta la Norma Básica de la Edificación (NBE).

3 COMPONENTES Y MATERIALES

3.1 Generalidades

Se asegurará 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.

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarias 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, 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.

3.2.- Sistemas generadores fotovoltaicos

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos capa delgada.

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. Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.

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 IP-65.

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 $\pm 5\%$ 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.

Se valorará positivamente una alta eficiencia de las células.

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.

3.3.- Estructura soporte

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico y 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 estructura.

La tornillería realizada en acero inoxidable cumpliendo la Norma MV-106. En el caso de ser la estructura galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la 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 instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanqueidad entre módulos se ajustarán a las exigencias de las Normas Básicas de la Edificación y a las técnicas usuales en la construcción de viviendas.

La estructura soporte será calculada según Norma MV-103 para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos tales como viento, nieve, etc.

La estructura del generador se conectará a tierra.

3.4.- Inversores

Será del tipo conexión a la red eléctrica con una potencia de entrada variable para que sea capaz 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
- Autoconmutado
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionará en isla o modo aislado.

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.
- 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 AC.

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 de un 10 % superiores a las CEM. Además soportará picos de un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
- Los valores de eficiencia al 25 y 100% de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85 y 88%, respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida, si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW y del 90 al 92% para inversores mayores de 5 kW.
- El autoconsumo de los equipos (pérdidas en vacío) en “stand-by” o “modo nocturno” deberá ser inferior a un 2% de su potencia de salida nominal.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 y el 100% de la potencia nominal.
- El inversor deberá inyectar en red, para potencias mayores del 10 % de su potencia nominal.
- Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP-22 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP-32 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.
- Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0º C y 40 ºC de temperatura y 0% a 85% de humedad relativa.

3.5.- Cableado

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con 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 DC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior de 1,5% y los de la parte AC para que la caída de tensión sea inferior del 1,5% teniendo en cuenta en ambos casos como referencia las correspondientes a cajas de conexiones.

Se incluirá toda la longitud de cable DC y AC. 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 adecuados para su uso en intemperie, al aire o enterrado de acuerdo con la norma UNE 21123.

Las cajas de derivación de las líneas eléctricas de la instalación solar fotovoltaica tendrán un grado de protección IP-65.

Los cables serán de tensión asignada no inferior a 0,6/1kV. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y de acuerdo con el R.E.B.T.:

- la tabla 1 de la ITC-BT. 19
- la tabla 3, 4, y 5 de la ITC-BT 06
- la tabla 3, 4, y 5 de la ITC-BT 07

Se elegirá la sección que tenga una intensidad máxima admisible, inmediatamente superior a la calculada una vez aplicados los coeficientes correctores adecuados a cada caso.

Los tubos que canalicen los conductores tendrán un grado de protección mecánica adecuado a su ubicación frente a posibles riesgos de impacto.

3.6.- Conexión a red

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

3.7.- Medidas

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 sobre medidas y facturación de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

3.8.- Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 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 y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

Las características de disparo de los Interruptores magnetotérmicos responderán al tipo de curva C y D, para las instalaciones solar fotovoltaica.

3.9.- Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectados a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

4 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, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad, simulando diversos modos de funcionamiento.

Una vez realizado el completo montaje de la instalación fotovoltaica propuesta se procederá a la puesta en marcha verificando un correcto funcionamiento. Para ello se indican los siguientes pasos:

- Ante todo, hay que asegurar que el equipo de interconexión está desconectado, así como los fusibles seccionadores a la entrada del inversor.
- Se comprobará la resistencia de aislamiento del inversor, entre la parte de continua y la parte de alterna, y también en los relés de interconexión.
- A continuación, se medirá el voltaje en cada uno de los módulos fotovoltaicos, asegurando que sus tensiones estén acordes a los valores que se fijan en sus características técnicas.
- Seguidamente se comprobará el voltaje de entrada en los inversores, sin manipular aún los fusibles seccionadores.
- Se verificará que las lecturas obtenidas quedan encuadradas en el rango de tensiones de entrada establecidas por el fabricante.
- Si las lecturas son correctas se procederá a cerrar los seccionadores, alimentando así al inversor.
- Se comprobarán los valores de tensión e intensidad obtenidos a la salida de los inversores, así como la lectura de armónicos para corroborar que la Tasa de Distorsión Armónica (THD).
- Una vez en el cuadro de contadores, se medirá la tensión en los bornes de llegada al cuadro de interconexión, comprobando que la caída de tensión en la línea no ha sido superior al 1,5 %, tal como se expresa en el apartado de cálculo.
- En este punto, se procederá a dar aviso a la Empresa Distribuidora para efectuar la interconexión de la instalación, esperando respuesta.
- Recibida la contestación se conectarán los relés de interconexión, ajustando los niveles de medida de los diferentes parámetros, verificando que funcionan correctamente y que no producen ningún disparo.
- A continuación, se conectarán interruptor diferencial e interruptor magnetotérmico general, comprobando que el sistema responde adecuadamente, y que no sufre ningún disparo. En caso de disparo ajustar los parámetros de los relés de control.
- Una vez todo quede dispuesto correctamente se hará saltar la protección diferencial comprobando su correcto funcionamiento.

Y finalmente, rearmado el sistema se verificará que el contador de energía eléctrica efectúa la correspondiente medición de energía inyectada a la red.

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.
- Retirada de obra de todo el material sobrante.
- Limpieza de las zonas ocupadas con transporte de todos los desechos a vertedero.

- Durante este periodo 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 mediante garantía.

En Madrid, a 07 de marzo de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Héctor Pastor Pérez', enclosed within a large, loopy blue oval.

Héctor Pastor Pérez
Ingeniero Técnico Industrial
nº colegiado: 26185
(Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid)

Capítulo III. Presupuesto

ÍNDICE

1.	Presupuesto detallado	3
2.	Resumen de presupuesto.....	4

1. Presupuesto detallado

Tu oferta de autoconsumo



Fecha	Participante	Código	Potencia
07/03/2022	FUHEM	S0095 FUHEM Hipatia	98 kWp

	Concepto	Cantidad	Total €
ud	Módulo fotovoltaico monocristalino PERC Half-cell JASOLAR JAM66S30-490/MR 490 Wp o similar	200	42.169,48 €
ud	Inversor Huawei SUN2000-30KTL-M3 y Huawei SUN2000-60KTL-M3 90 kW o similar y sistema de monitorización	1	7.445,62 €
ud	Estructura de fijación módulos Perfilería y accesorios en cubierta.	1	5.079,83 €
ud	Material eléctrico Protecciones, cableado, canalizaciones y accesorios.	1	8.822,55 €
ud	Transporte de material y medios de elevación	1	1.921,08 €
ud	Mano de obra de instalación eléctrica y de estructura.	1	12.740,00 €
ud	Ingeniería. Proyecto visado, diseño, dirección de obra	1	5.132,66 €
ud	Tramitación administrativa Licencia de obra, punto de conexión, certificado de instalación eléctrica y registro de autoconsumo	1	1.283,17 €
ud	Seguridad y salud y gestión de residuos	1	950,00 €
	Subtotal		85.544,40 €
	IVA/IGIC	21%	17.964,32 €
	TOTAL		103.508,72 €

Instalación fotovoltaica de 90 kW destinada a suministro con autoconsumo de la Ciudad Educativa Municipal Hipatia FUHEM

2. Resumen de presupuesto

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de 85.544,40 € MÁS EL IVA

En Madrid, a 07 de marzo de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Héctor Pastor Pérez', enclosed within a large, loopy blue oval.

Héctor Pastor Pérez
Ingeniero Técnico Industrial
nº colegiado: 26185
(Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid)

Capítulo IV. Estudio básico de seguridad y salud

ÍNDICE

1	OBJETO	3
2	CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.....	3
2.1	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y SITUACIÓN	3
2.2	SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	3
2.3	SUMINISTRO DE AGUA POTABLE	3
2.4	SERVICIOS HIGIÉNICOS.....	3
2.5	INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS.....	4
3	NORMATIVA APLICABLE.....	4
4	MEMORIA	4
4.1	OBRA CIVIL	4
4.1.1	Movimiento de tierras y cimentaciones.....	4
4.1.2	Estructura	5
4.2	MONTAJE.....	6
4.2.1	Colocación de estructuras y módulos en la cubierta.....	6
4.2.2	Montaje de celdas prefabricadas, inversores, apartamento, transformadores de potencia y cuadros BT	6
4.2.3	Operaciones de puesta en tensión	7
5	ASPECTOS GENERALES	7
5.1	BOTIQUÍN DE OBRA.....	7
6	PRESUPUESTO	8

1 OBJETO

El objeto del presente estudio es dar cumplimiento a las disposiciones del Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Así mismo es objeto de este Estudio de Seguridad dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo, de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y con las medidas de protección y prevención correspondientes.

2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y SITUACIÓN

La instalación solar fotovoltaica estará ubicada en la cubierta de un inmueble ubicado en:

- **Dirección:** Av. Ocho de Marzo, 1,
- **Código postal:** 28523
- **Municipio:** Rivas-Vaciamadrid
- **Provincia:** Madrid
- **País:** España
- **Coordenadas geográficas:** 40.3786912320 -3.5345513213
- **Coordenadas UTM-DATUM WGS84:** 454623.81 4469926.75 30T
- **Referencia catastral:** 4699103VK5739N0001TM

2.2 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El suministro de energía eléctrica de la obra será facilitado por la propiedad del inmueble donde se realiza el proyecto, proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra.

2.3 SUMINISTRO DE AGUA POTABLE

El suministro de agua potable de la obra será facilitado por la propiedad del inmueble donde se realiza el proyecto, proporcionando los puntos de suministro necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra.

2.4 SERVICIOS HIGIÉNICOS

Se dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios, de acuerdo con los apartados 14, 15, 16 y 19 apartado b) de la parte A del Anexo IV del RD 1267/97. Si es posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado existente en el lugar de las obras o en las inmediaciones.

Caso de no existir red de alcantarillado se dispondrá de un sistema que evite que las aguas fecales puedan afectar de algún modo al medio ambiente.

2.5 INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS

No se prevé interferencias en los trabajos, puesto que, si bien la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, si existe más de una empresa en la ejecución del proyecto, deberá nombrarse un Coordinador de Seguridad y Salud integrado en la Dirección facultativa, que será quien resuelva en las mismas desde el punto de vista de Seguridad y Salud en el trabajo. La designación de este Coordinador habrá de ser sometida a la aprobación del Promotor.

En obras de ampliación y/o remodelación de instalaciones en servicio, deberá existir un coordinador de Seguridad y Salud que habrá de reunir las características descritas en el párrafo anterior, quien resolverá las interferencias, adoptando las medidas oportunas que puedan derivarse.

3 NORMATIVA APLICABLE

- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales del 8 de Noviembre.
- Texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. Decreto 2065. 1974 de 30 de Mayo.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto Lugares de Trabajo.
- Real Decreto Equipos de Trabajo.
- Real Decreto Protección Individual.
- Real Decreto Señalización de Seguridad.
- Real Decreto Manipulación de Cargas.
- OGSHT Titulo II Capítulo VI.

4 MEMORIA

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividen los trabajos por unidades constructivas, dentro de los apartados de Obra civil y Montaje.

4.1 OBRA CIVIL

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención

4.1.1 Movimiento de tierras y cimentaciones

- Riesgos más frecuentes:
 - Caídas a las zanjas.
 - Desprendimientos de los bordes de los taludes de las rampas.
 - Atropellos causados por la maquinaria.
 - Caídas del personal, vehículos, maquinaria o materiales al fondo de la excavación.
- Medidas preventivas:

- Controlar el avance de la excavación, eliminando bolos y viseras inestables, previniendo la posibilidad de lluvias o heladas.
- Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.
- Señalizar adecuadamente el movimiento de transporte pesado y maquinaria de obra.
- Dictar normas de actuación a los operadores de la maquinaria utilizada.
- Las cargas de los camiones no sobrepasarán los límites establecidos y reglamentarios.
- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.
- Prohibir el paso a toda persona ajena a la obra.
- Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de la misma.
- Establecer zonas de paso y acceso a la obra.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Establecer las entibaciones en las zonas que sean necesarias.

4.1.2 Estructura

- Riesgos más frecuentes:
 - Caídas de altura de personas, en las fases de encofrado, desencofrado, puesta en obra del hormigón y montaje de piezas prefabricadas.
 - Cortes en las manos.
 - Pinchazos producidos por alambre de atar, hierros en espera, eslingas acodadas, puntas en el encofrado, etc.
 - Caídas de objetos a distinto nivel (martillos, árido, etc.).
 - Golpes en las manos, pies y cabeza.
 - Electrocuciiones por contacto indirecto.
 - Caídas al mismo nivel.
 - Quemaduras químicas producidas por el cemento.
 - Sobre-esfuerzos.
- Medidas preventivas:
 - Emplear bolsas porta-herramientas.
 - Desencofrar con los útiles adecuados y procedimiento preestablecido.
 - Suprimir las puntas de la madera conforme es retirada.
 - Prohibir el trepado por los encofrados o permanecer en equilibrio sobre los mismos o bien por las armaduras.
 - Vigilar el izado de las cargas para que sea estable, siguiendo su trayectoria.
 - Controlar el vertido del hormigón suministrado con el auxilio de la grúa, verificando el correcto cierre del cubo.
 - Prohibir la circulación del personal por debajo de las cargas suspendidas.
 - El vertido del hormigón en soportes se hará siempre desde plataformas móviles correctamente protegidas.
 - Prever si procede la adecuada situación de las redes de protección, verificándose antes de iniciar los diversos trabajos de estructura.
 - Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará mediante clavijas adecuadas a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.
 - Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

4.2 MONTAJE

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención y de protección:

4.2.1 Colocación de estructuras y módulos en la cubierta

- Riesgos más frecuentes:
 - Caída de personas a distinto nivel.
 - Caída de personas al mismo nivel.
 - Caída de herramientas.
 - Choques o golpes.
 - Sobreesfuerzos o posturas forzadas.
 - Contacto eléctrico indirecto.

- Medidas de prevención:
 - Los operarios utilizarán los EPIs correspondientes:
 - Arnés de seguridad
 - Guantes
 - Gafas de protección
 - Calzado de seguridad
 - Línea de vida.
 - Barandilla.
 - Señalización.
 - Verificar que las plataformas de trabajo son las adecuadas y que dispongan de superficies de apoyo en condiciones.
 - Verificar que las escaleras portátiles disponen de elementos antideslizantes.
 - Disponer de iluminación suficiente.
 - Dotar de las herramientas y útiles adecuados.
 - Dotar de la adecuada protección personal para trabajos mecánicos y velar por su utilización.
 - Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad (30 mA)

4.2.2 Montaje de celdas prefabricadas, inversores, aparamenta, transformadores de potencia y cuadros BT

- Riesgos más frecuentes:
 - Atrapamientos contra objetos.
 - Caídas de objetos pesados.
 - Esfuerzos excesivos.
 - Choques o golpes.
 - Riesgo eléctrico.

- Medidas de prevención:
 - Verificar que nadie se sitúe en la trayectoria de la carga.
 - Revisar los ganchos, grilletes, etc., comprobando si son los idóneos para la carga a elevar.
 - Comprobar el reparto correcto de las cargas en los distintos ramales del cable.
 - Dirigir las operaciones por el jefe del equipo, dando claramente las instrucciones que serán acordes con el R.D. 485/1997 de señalización.
 - Dar órdenes de no circular ni permanecer debajo de las cargas suspendidas.
 - Señalizar la zona en donde se manipulen las cargas.

- Verificar el buen estado de los elementos siguientes:
 - Cables, poleas y tambores
 - Mandos y sistemas de parada
 - Limitadores de carga y finales de carrera
 - Frenos
- Dotar de la adecuada protección personal para manejo de cargas y velar por su utilización.
- Ajustar los trabajos estrictamente a las características de la grúa (carga máxima, longitud de la pluma, carga en punta contrapeso). A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra, bien por el señalista o por el enganchador.

4.2.3 Operaciones de puesta en tensión

- Riesgos más frecuentes:
 - Contacto eléctrico en AT y BT.
 - Arco eléctrico en AT y BT.
 - Elementos candentes.
- Medidas de prevención:
 - Contactar y coordinar con la Empresa Suministradora para definir las maniobras eléctricas necesarias.
 - Abrir con corte visible o efectivo las posibles fuentes de tensión.
 - Comprobar en el punto de trabajo la ausencia de tensión.
 - Enclavar los aparatos de maniobra.
 - Poner a tierra y en cortocircuito.
 - Señalizar la zona de trabajo.
 - Apantallar en el caso de proximidad de elementos en Tensión.
 - Informar por parte del Jefe de Trabajo a todos los componentes del grupo de la situación en que se encuentra la zona de trabajo y dónde se encuentran los puntos en tensión más cercanos.
 - Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

5 ASPECTOS GENERALES

La Dirección Facultativa de la obra acreditará la adecuada formación y adiestramiento del personal de la Obra en materia de Prevención y Primeros Auxilios. Así mismo, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados. La dirección de estos Servicios deberá ser colocada de forma visible en los sitios estratégicos de la obra, con indicación del número de teléfono.

5.1 BOTIQUÍN DE OBRA

Se dispondrá en obra, en el vestuario o en la oficina, en lugar visible y de fácil acceso, un botiquín que estará a cargo de una persona capacitada designada por la Empresa, con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente.

6 PRESUPUESTO

El presupuesto destinado a seguridad y salud es el siguiente:

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
Ud	Medios de elevación y andamiaje	1	1050€	1050€
	Protecciones personales	1	450€	450€
	Planes de seguridad y salud	1	290€	290€
				1.790€

En Madrid, a 07 de marzo de 2022



Héctor Pastor Pérez
Ingeniero Técnico Industrial
nº colegiado: 26185
(Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid)

Capítulo V. Plan de Gestión de residuos

ÍNDICE

1	Introducción.....	3
2	Objeto.....	3
3	Normativa.....	3
4	Estimación de la cantidad de residuos.....	3
5	Medidas para la prevención y separación de los residuos en la obra.....	4
6	Operaciones de reutilización, valoración o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.....	4
7	Coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición.....	4

1 Introducción

El desarrollo sostenible implica, entre otros aspectos, una gestión de los recursos que tienda a reducir el consumo de materiales y energía por unidad de producto producida.

Para que la actividad que se va a desarrollar no tenga un impacto nocivo en el medio ambiente, se propone un uso racional y sostenible de los recursos, así como la prevención de la generación de residuos con cierre de ciclos, reciclaje y máxima reutilización de los materiales y eliminación segura de los residuos que no puedan reutilizarse o reciclarse.

2 Objeto

El objeto del presente estudio es dar cumplimiento al Anejo I, Parte I, del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, en el que se establece que el Proyecto de Ejecución deberá contener un estudio de Gestión de los Residuos.

3 Normativa

- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados
- Orden MAM/304/2002 de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos y su corrección de errores
- Decisión del consejo, de 19/12/2002, por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos
- Plan nacional integrado de residuos para el periodo 2008-2015
- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los residuos
- Real Decreto 1481/2001, sobre eliminación de residuos en vertedero, y su modificación
- Real decreto 252/2006, que revisa los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997 y su reglamento de desarrollo, y su corrección de errores
- Real Decreto 653/2003 de incineración de residuos y su corrección de errores
- Real Decreto 1378/1999, para la eliminación y gestión de PCB, y su modificación
- Real Decreto 106/2008, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos
- Reglamento (CE) 1069/2009 por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano, y Reglamento (CE) 142/2011 por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) 1069/2009
- Real Decreto 367/2010, de modificación de diversos reglamentos del área de medio ambiente para su adaptación a las Leyes 17/2009 y 24/2009, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

4 Estimación de la cantidad de residuos

Instalación solar fotovoltaica de 90 kW destinada a suministro con autoconsumo de la Ciudad Educativa Municipal Hipatia FUHEM

Debido a la actividad (instalación de la planta fotovoltaica sobre cubierta de unos inmuebles que se realizará será inevitable la generación de residuos, por este motivo se refleja cuántos y cuáles son.

Los tipos de residuos derivados del desarrollo de la actividad entran dentro del subgrupo de residuos industriales inertes y asimilables a urbanos, según el Catálogo Europeo de Residuos (CER), cuyas características se exponen a continuación:

Descripción del residuo	Código CER	Cantidad
Residuos de papel y cartón	20.01.01	300 kg
Residuos de plástico	20.01.04	150 kg
Residuos de pallets de madera	20.01.07	12 unidades

Tabla: Características de los residuos generados.

5 Medidas para la prevención y separación de los residuos en la obra

Los tres tipos de residuos que esta actividad genera se separarán y depositarán de la siguiente forma:

Plástico

El plástico de los embalajes del equipamiento se retirará en el interior de la obra y se depositará en su respectivo contenedor.

Cartón

Para la separación del cartón se distinguirán 2 casos:

- a) Procedente del embalaje del equipamiento eléctrico y de los palés. Se retirará en el interior de la obra y depositará en su correspondiente contenedor de cartón.
- b) Procedente del embalaje de cada módulo. Se retirará durante el montaje de los módulos. El cartón se bajará de la cubierta y depositará en su correspondiente contenedor de cartón.

Pallets

Los pallets se separarán y almacenarán en el interior de la obra junto a los contenedores de cartón y de plástico.

6 Operaciones de reutilización, valoración o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra

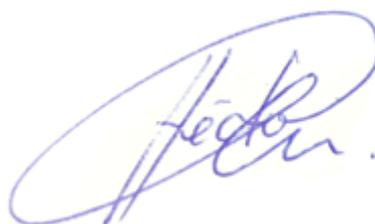
Los 3 tipos de residuos generados serán retirados por una empresa autorizada en la gestión de residuos, para su traslado a un centro de tratamiento, reciclaje y reutilización.

7 Coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición

En el presupuesto del proyecto se incluye el siguiente capítulo correspondiente a la gestión de los residuos generados por la obra:

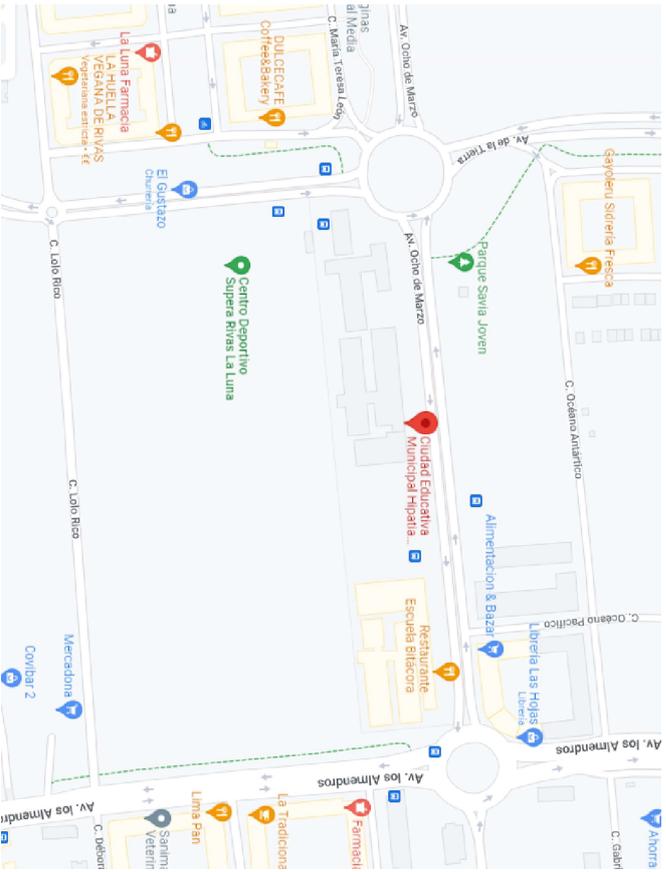
CAPITULO 05 GESTIÓN DE RESIDUOS					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
05.01	Ud	Contenedor, transporte y gestión de residuos Alquiler de contenedor para separación de residuos incluso traslado a obra y retirada de los mismos	1	244,59 €	244,59 €
TOTAL CAPITULO 05 GESTIÓN DE RESIDUOS					244,59 €

En Madrid, a 07 de marzo de 2022

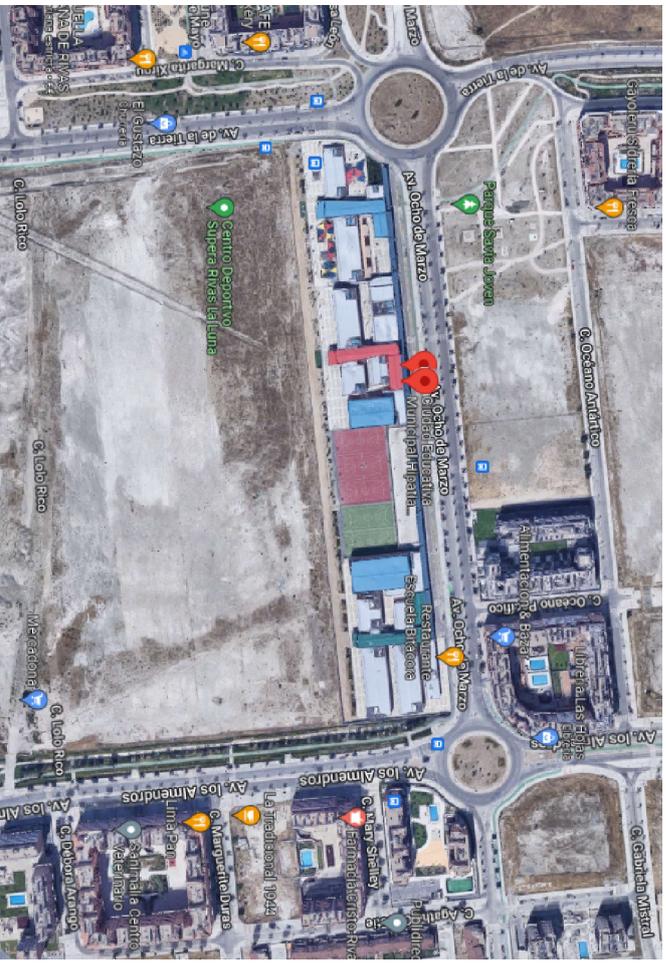


Héctor Pastor Pérez
Ingeniero Técnico Industrial
nº colegiado: 26185
(Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid)

Capítulo VI. Planos



Coordenadas geográficas: 40° 22' 43.6633" N 3° 32' 11.965" W
 Coordenadas UTM-DATUM WGS84: 454445.14 4469939.37 30T



PROYECTO:
 Instalación solar fotovoltaica para autoconsumo de 90 kW en Ciudad Educativa Hipatia FUHEM

TITULAR:
 Ciudad Educativa Hipatia FUHEM

EMPLAZAMIENTO:
 Av. Ocho de Marzo, 1, 28523 Rivas-Vaciamadrid, M

PLANO:
 Emplazamiento

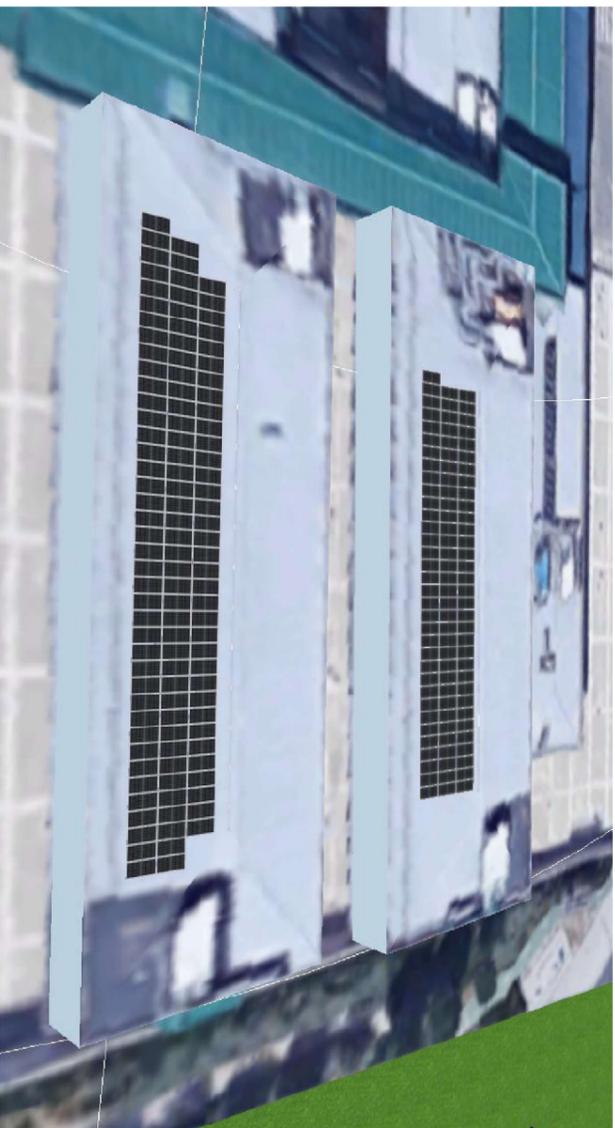
Nº PLANO:
 01

PROMOTOR:
 ECOOD Revolución Solar SL
 Calle Esquadra, 11
 28012 Madrid
 91 294 00 94
 www.ecood.es

ESCALA: —

FECHA: 13/05/2021

INGENIERO:
 Héctor Pastor Pérez
 Colegado 26185 COTIM



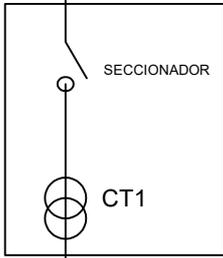
Módulos	
Marca y modelo	JA Solar JAM60S20-460/PR
Nº	214
Medidas	2150x996x35mm
Ángulo de inclinación	8º
Ángulo de acimut	Según cubiertas
Potencia pico	98,44 kW
Potencia instalada	90 kW



PROYECTO: Instalación solar fotovoltaica para autoconsumo de 90 kW en Ciudad Educativa Hipatia FUHE	
TITULAR: Ciudad Educativa Hipatia FUHEM	EMPLAZAMIENTO: Av. Ocho de Marzo, 1, 28523 Rivas-Vaciamadrid, M
PLANO: Distribución módulos sobre cubierta	Nº PLANO: 02
PROMOTOR: ECOOO Revolución Solar S.L Calle Escudra, 11 28012 Madrid 91 294 00 94 www.ecooo.es	INGENIERO: Héctor Pastor Pérez Colegiado 26185 COTIIM
ESCALA: —	FECHA: 07-03-2022

Red de distribución

Centro de transformación



I. GEN. AUT.IV 160 A

I. DIF.IV 163A, 30mA CLASE A SI

Sección: 4x70mm²

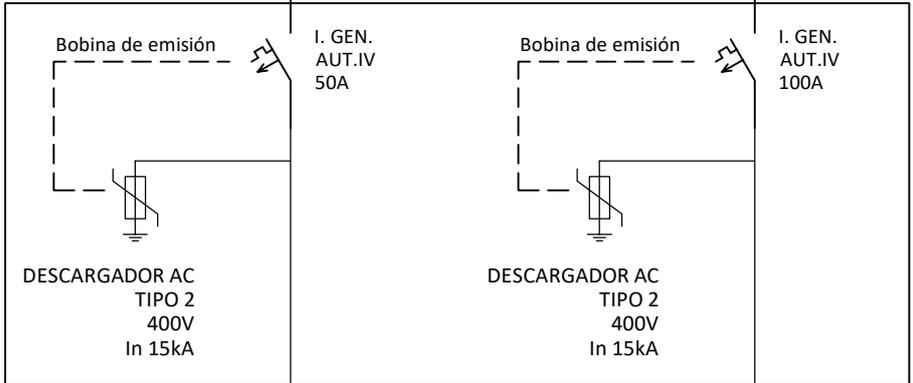
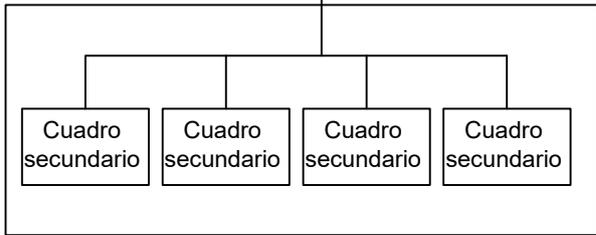
Sección: 4x16mm²

Sección: 4x35mm²

4x630A

4(4(1x240mm²))

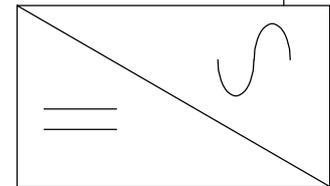
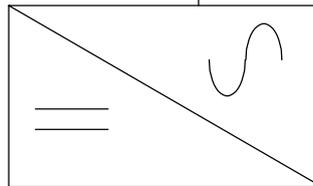
CGMP



CUADRO DE PROTECCIONES FV

MODELO: SUN2000-30KTL

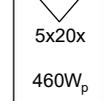
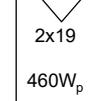
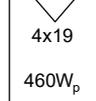
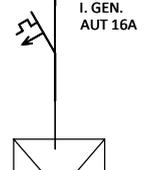
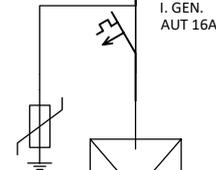
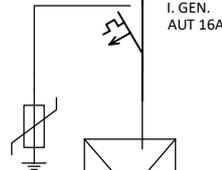
MODELO: SUN2000-60KTL



Protección sobretensiones 1000V I_n 40kA

Protección sobretensiones 1000V I_n 40kA

Protección sobretensiones 1000V I_n 40kA



INSTALACIÓN AUTOCONSUMO INTERCONECTADA EN RED INTERIOR

Esquema Unifilar AU024. Hipatia

ELABORADO POR

Calle Escudra, 11. 28012 Madrid
 www.ecooo.es
 Tel:91 294 00 94 / 91 294 00 64
 contacto@ecooo.es

EMPRESA DISTRIBUIDORA
 FENOSA

POTENCIA PICO: 98.44 kW_p

FECHA
 08/03/2022

POTENCIA NOMINAL: 90.0kW

Nº PANELES FOTOVOLTAICOS: 214x460 W_p

