



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DOTADA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA AUTOCONSUMO Y PUNTO DE RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO

Alumno: Carlos Alfaro Castellot

Tutora: María Ángeles Medina Quesada
Dpto: Ingeniería eléctrica

Enero, 2024



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Eléctrica

Doña MARÍA ÁNGELES MEDINA QUESADA , tutora del Proyecto Fin de Carrera titulado: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DOTADA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA AUTOCONSUMO Y PUNTO DE RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO, que presenta CARLOS ALFARO CASTELLOT, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Enero de 2024

El alumno:

La tutora:

CARLOS ALFARO CASTELLOT

MARÍA ÁNGELES MEDINA QUESADA

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVO.....	5
3. ALCANCE.....	5
4. ANTECEDENTES	5
5. REQUISITOS DEL SISTEMA.....	6
6. ORDEN PRIORIDAD DE LA DOCUMENTACIÓN	6
ANEXO 1: ESTUDIO Y CÁLCULO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	7
1. NORMATIVA APLICABLE	8
2. INTRODUCCIÓN.....	9
3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	11
3.1. MÓDULO FOTOVOLTAICO	11
3.2. INVERSOR.....	13
4. DATOS DE PARTIDA.....	16
5. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	19
5.1 CÁLCULO DE RAMAS EN SERIE	19
5.2 CÁLCULO DE SECCIONES.....	22
5.2.1 EN CORRIENTE CONTINUA	22
5.2.1.1 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	22
5.2.1.2. CAIDA DE TENSIÓN	23
5.2.2. EN CORRIENTE ALTERNA	24
5.2.2.1. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	24
5.2.2.2. CAÍDA DE TENSIÓN	25
5.3. CÁLCULO DE PROTECCIONES	26
5.3.1. EN CORRIENTE CONTINUA	26
5.3.2. SOBRECARGAS.....	27
5.3.3. SOBRETENSIONES.....	28
5.3.2. EN CORRIENTE ALTERNA	28
5.3.2.1. SOBRECARGAS	28
ANEXO 2: HOJA DE CARACTERISTICAS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	29
ANEXO 3: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO.....	34
1. INTRODUCCIÓN	35
2. DATOS DE PARTIDA.....	35
3. ANÁLISIS ECONÓMICO	44

4. ANÁLISIS FINANCIERO	48
5. POSIBLES MEJORAS	49
<i>ANEXO 4: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA UNIFILIAR Y PUNTO DE RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO</i>	<i>51</i>
1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	52
1.1 CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA	53
1.2. DISPOSITIVO DE MANDO Y PROTECCION, INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA	54
2. PREVISIÓN DE CARGAS	55
3. PROTECCIONES DE LOS CIRCUITOS	58
4. CÁLCULO JUSTIFICATIVO.....	60
4.1 CIRCUITO 1: ILUMINACION (PUNTOS DE LUZ TECHO)	60
4.2. CIRCUITO 2: TOMAS DE USO GENERAL (PRIMERA PLANTA Y COCHERA).....	60
4.3 CIRCUITO 3: COCINA Y HORNO	60
4.4 CIRCUITO 4: LAVADORA, LAVAVAJILLAS Y TERMO ELÉCTRICO	61
4.5 CIRCUITO 5: BAÑO Y CUARTO DE COCINA.....	61
4.6. CIRCUITO 6: DESDOBLAMIENTO C1	61
4.7. CIRCUITO 7: DESDOBLAMIENTO C2	62
4.8. CIRCUITO 8: PUERTA GARAJE.....	62
4.9 CIRCUITO 9: AIRE ACONDICIONADO	62
4.10 CIRCUITO 10: SECADORA.....	63
4.11 CIRCUITO 13: VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	63
5. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	64
6. VEHÍCULO ELÉCTRICO	65
6.1 ANTECEDENTES	65
6.2 MÉTODOS DE CARGA	67
6.2.1 CONVECCIONAL	67
6.2.2 SEMI-RÁPIDA	67
6.2.3 RÁPIDA	67
6.3 COMPARATIVA FRENTE AL DE COMBUSTION CONVENCIONAL	68
<i>ANEXO 5: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....</i>	<i>70</i>
1. OBJETO DEL ESTUDIO	71
2. OBLIGACIONES DE LA EMPRESA SUBCONTRATADA	71
3. FORMACIÓN.....	72
4. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS	73
5. PREVENCIÓN A TERCERAS PERSONAS	75
6. MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LAS UNIDADES DE OBRA.....	75
6.1 TRABAJOS DE ALTURA	75
6.1.1 Riesgos más frecuentes.....	75

6.1.2 Normas básicas de seguridad y protecciones colectivas	75
6.1.3 Equipos de protección individual	76
6.2 ELECTRICIDAD	79
6.2.1 Riesgos más comunes	79
6.2.2 Normas básicas de seguridad y protecciones colectivas	79
7. MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS	80
7.1 MÁQUINAS-HERRAMIENTAS	80
7.1.1 Riesgos más frecuentes	80
7.1.2 Normas básicas de seguridad y prevenciones colectivas	80
7.1.3 Equipos de protección individual	81
7.2 HERRAMIENTAS MANUALES	81
7.2.1 Riesgos más frecuentes	81
7.2.2 Normas básicas de seguridad y protecciones colectivas	82
7.2.3 Equipos de protección personal	82
7.3 ESCALERAS DE MANO	82
7.3.1 Riesgos más frecuentes	82
7.3.2 Escaleras de tijera	83
7.3.3 Normas básicas de seguridad y protecciones colectivas	83
ANEXO 6: PLIEGO DE CONDICIONES	89
OBJETO	90
COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN	90
GENERADOR FOTOVOLTAICO	91
ESTRUCTURA DE SOPORTE	93
INVERSOR DE CORRIENTE	94
CABLEADO	97
PROTECCIONES Y PUESTA A TIERRA	98
MATERIALES	98
EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	99
PRUEBAS REGLAMENTARIAS	100
MANTENIMIENTO	101
GARANTÍA	103
ANEXO 7: PLANOS	106
1.- SITUACIÓN	107
2.- EMPLAZAMIENTO	108
3.- DISTRIBUCIÓN MÓDULOS	109
4.- UNIFILAR FOTOVOLTAICA	110
5.- INSTALACIÓN VIVIENDA	111
6.- UNIFILAR VIVIENDA	114
7.- UNIFILAR VEHÍCULO ELÉCTRICO	115

<i>ANEXO 8: PRESUPUESTO</i>	<i>116</i>
<i>Bibliografía</i>	<i>121</i>

1. INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se realizará el estudio técnico y económico, así como el diseño de una instalación fotovoltaica para el consumo de una vivienda unifamiliar sita en la ciudad de Úbeda con un punto de recarga para vehículo eléctrico.

2. OBJETIVO

El objetivo de este proyecto es la realización del Trabajo Fin de Grado en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Jaén.

Se estudiará la viabilidad de la incorporación de un sistema fotovoltaico conecta a red en una vivienda unifamiliar con datos reales. Además, se implementará un punto de recarga de vehículo eléctrico debido a la gran demanda que se espera tener en este aspecto.

3. ALCANCE

La instalación fotovoltaica será diseñada para cubrir la demanda eléctrica de la vivienda o al menos intentar que cubra la mayor parte de la demanda teniendo en cuenta el consumo de la recarga de vehículo eléctrico.

4. ANTECEDENTES

Se intenta hacer un estudio y dimensionamiento de la instalación fotovoltaica conectada a red, así como de la instalación eléctrica de la vivienda conectada a red con su correspondiente punto de recarga de vehículo eléctrico.

La vivienda se sitúa en Úbeda, provincia de Jaén en una zona de expansión urbanística.

El suministro de la instalación es de 230 V monofásicos y la potencia contratada es de 5.5 kW.

Debido a la construcción de la vivienda se puede elegir la dirección de los módulos por lo que se instalarán en dirección sur y con una inclinación de 30°.

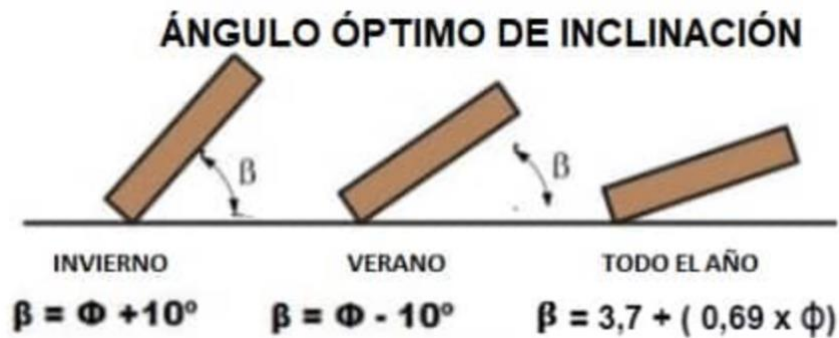


Ilustración 1: [Inclinación óptima](#)

Como se puede ver en la imagen anterior, siendo Φ la latitud del lugar dónde se ubica la instalación se obtiene que el ángulo es 29,92°, por lo que lo aproximamos a 30°

5. REQUISITOS DEL SISTEMA

Los requisitos del sistema se basan en cubrir al menos un 50% del consumo que tenga la vivienda, así como el consumo añadido proveniente del vehículo eléctrico.

6. ORDEN PRIORIDAD DE LA DOCUMENTACIÓN

El orden de prioridad se basa según la norma UNE 157001 por la que se establece el orden de prioridad de la documentación que componen un proyecto.

ANEXO 1: ESTUDIO Y CÁLCULO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

1. NORMATIVA APLICABLE

La normativa aplicable a este proyecto se detalla a continuación:

- RD 244/2019 5 de abril por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de la energía eléctrica.
- RD 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 de autoconsumo.
- Orden de 9 de octubre de 2007 por el que se aprueban las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas andaluzas.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- RD 413/2014, de 6 de junio por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovable, cogeneración y residuos.
- Orden IET/1168/2014 por la que se determina la fecha de inscripción automática de determinadas instalaciones en el registro retributivo específico previsto en el título V del RD 413/2014.
- RD-Ley 9/2013 de 12 de julio por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
- Orden de 08 de junio de 2005 por el que se regula la coordinación entre el procedimiento administrativo a seguir para la tramitación de las instalaciones de generación de energía eléctrica en régimen especial gestionables y los procedimientos de acceso y conexión a las redes eléctricas.
- Instrucción 21-01-2004 en la que se establece el procedimiento de la puesta en servicio de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.

2. INTRODUCCIÓN

La energía solar desempeña un papel fundamental como la principal fuente de vida en la Tierra. Es responsable de dirigir los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que sustentan la vida en el planeta, incluyendo los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima. La energía proveniente del sol está detrás del movimiento del viento, del agua y del crecimiento de las plantas. De esta manera, la energía solar es el origen de la mayoría de las fuentes de energía renovable, abarcando la eólica, hidroeléctrica, biomasa, de las olas y corrientes marinas, además de la propia energía solar.

La energía solar fotovoltaica se refiere a la conversión de la luz solar en electricidad utilizando la tecnología basada en el efecto fotoeléctrico. Esta forma de energía es renovable, inagotable y no contamina el medio ambiente. Puede generar electricidad en una amplia gama de instalaciones, desde pequeños generadores para uso personal hasta grandes plantas fotovoltaicas.

España destaca en Europa por su abundancia de horas de sol, lo que, junto con los compromisos europeos para promover las energías renovables y la necesidad estratégica de reducir la dependencia energética exterior y aumentar la autonomía energética, ha convertido a la producción de energía solar en un sector especialmente atractivo en el país. Esto ha llevado a un rápido desarrollo de la energía solar fotovoltaica en España.

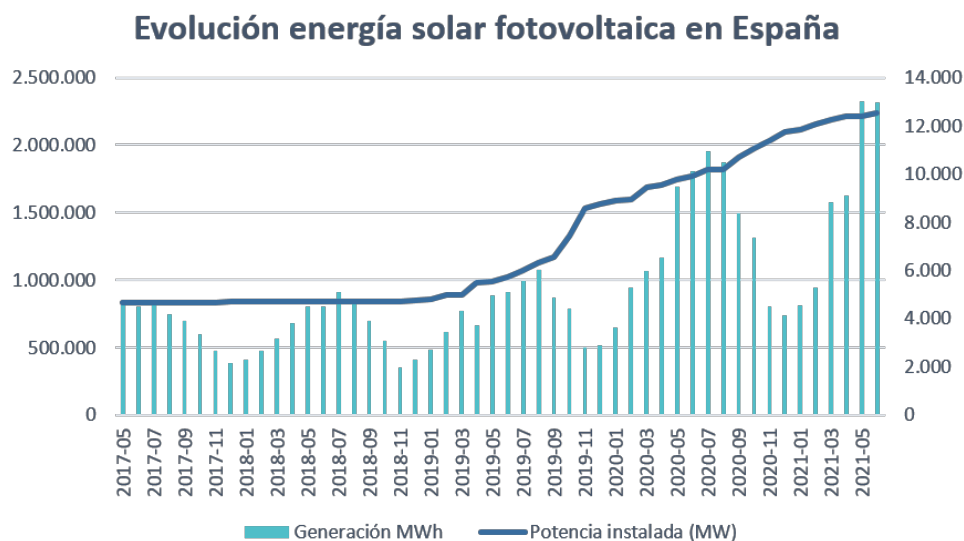


Ilustración 2: [Evolución de la energía solar fotovoltaica en España.](#)

Como se puede observar en la imagen previa, ha habido un gran aumento en la generación de energía solar fotovoltaica en los últimos cuatro años en España. Esto se refleja claramente en la tendencia ascendente que esta forma de energía renovable ha experimentado.

Por otro lado, con la entrada en vigor de la nueva regulación de autoconsumo RD 244/2019, que elimina el concepto de balance neto y lo reemplaza con el de compensación de excedentes de consumo. Ambos enfoques se centran en la compensación por la energía excedente que se vierte a la red eléctrica, pero difieren en un aspecto clave.

En el sistema de balance neto, se realiza una compensación de vatio a vatio, lo que significa que cada vatio excedente se reembolsa por la compañía comercializadora en la misma proporción, lo que reduce la factura en consecuencia.

En cambio, en el sistema de compensación de excedentes, la compañía comercializadora asigna un costo a cada vatio vertido a la red y, al final del período

de facturación, suma el costo total de todos los vatios vertidos para luego descontarlo de la factura.

3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

En este capítulo se pretende hacer el estudio, así como justificar los cálculos realizados para la instalación fotovoltaica desde su generación hasta su inyección en el contador del cliente. Para ello se disponen de las siguientes características y materiales

3.1. MÓDULO FOTOVOLTAICO

La energía solar fotovoltaica consiste en el aprovechamiento de la radiación procedente del Sol para producir energía eléctrica por medio de células fotovoltaicas. La célula fotovoltaica es un dispositivo electrónico basado en semiconductores de silicio Monocristalino, Policristalino, amorfo u otras tecnologías como el Teluro de Cadmio (CdTe). Estas células generan una corriente eléctrica de forma directa al recibir luz solar, por medio del efecto fotoeléctrico.

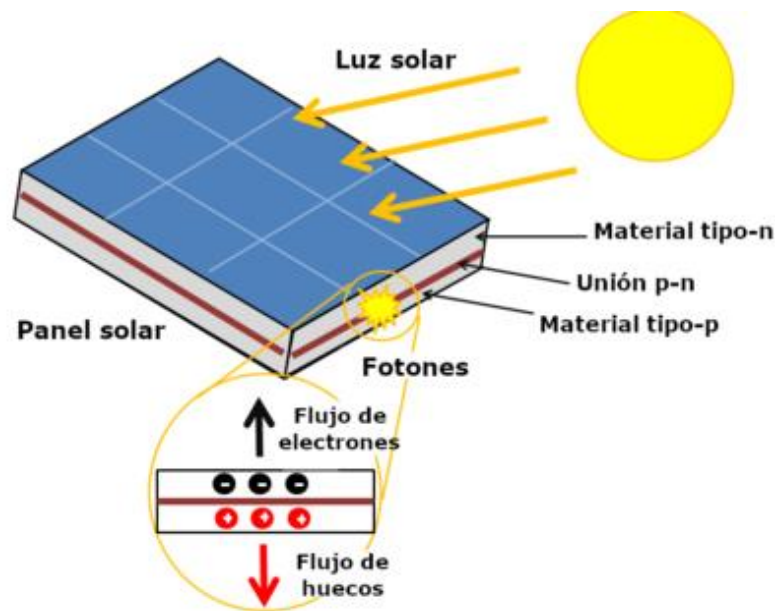


Ilustración 3: [Efecto fotoeléctrico.](#)

Las células fotovoltaicas se combinan en serie, para aumentar la tensión y en paralelo, para aumentar la corriente, dando lugar a los módulos fotovoltaicos comerciales que suelen incorporar varias decenas de células individuales encapsuladas en un mismo marco con dimensiones de fácil manejo. Se protege el conjunto mediante un cristal templado que impide el contacto superficial con las células.



Ilustración 4: Célula fotovoltaica.

Las células fotovoltaicas se asocian en grupos y se protegen de la intemperie formando módulos fotovoltaicos. Para su caracterización, los módulos se miden en unas condiciones denominadas STC determinadas en la siguiente tabla.

PARÁMETRO	VALOR
Temperatura (°C)	25
Irradiancia (W/m^2)	1000
Masa del aire	1,5

Tabla 1: Parámetros condiciones STC

La máxima potencia generada en estas condiciones por cada módulo fotovoltaico se mide en Wp (vatios pico). Así mismo, la energía producida se mide en

kWh siendo 1kWh la energía que produciría 1kWp en condiciones de máxima potencia durante 1 hora.

El conjunto de módulos se ancla a estructuras, normalmente de aceros galvanizado, aluminio o bloques prefabricados de hormigón, con orientaciones óptimas para la captación de la máxima radiación solar anual.

Los módulos fotovoltaicos pueden conectarse en serie, en agrupaciones que denominaremos “strings” hasta alcanzar la tensión de generación deseada y paralelo para conseguir las corrientes de operación de fácil manejo. Varios de estos strings se agrupan en paralelo, se disponen las protecciones necesarias que se consideren óptimas de diseño y que justifiquen el empleo del marco legal actual.

Varios módulos fotovoltaicos, junto con el cableado eléctrico que los unen y con los elementos de soporte y fijación propios de esta instalación, constituyen lo que se conoce como un generador fotovoltaico. El generador fotovoltaico produce energía eléctrica en corriente continua, y sus características instantáneas (intensidad y tensión) varían con la radiación solar y con la temperatura ambiente.

Los módulos elegidos para la instalación son los Atersa A-455M debido a que son fabricados en España y tienen una gran calidad, considerable duración y una garantía con un bajo precio por módulo

3.2. INVERSOR

Mediante un dispositivo electrónico de potencia, denominado inversor, podemos acondicionar la potencia eléctrica en corriente continua obtenida del campo fotovoltaico y modificarla de manera que sea pueda ser inyectada en la red de distribución o transporte.

La energía eléctrica a la salida del inversor tiene forma de corriente alterna de baja tensión. Para conectar nuestro sistema a la red de distribución, debemos dar los parámetros fijados por ésta, en función de la compañía distribuidora local, en niveles de tensión.

Los inversores toman la máxima potencia posible (seguimiento del punto de máxima potencia) de los módulos solares. Cuando la radiación solar que incide sobre los paneles no es suficiente para suministrar corriente a la red, el inversor deja de funcionar.

El fabricante de estos equipos garantiza la fabricación de los inversores bajo todas las normativas de seguridad aplicables.

El inversor se desconectará cuando se produzca:

- Fallo de red eléctrica: en caso de interrupción en el suministro de la red eléctrica, el inversor se encuentra en cortocircuito y por tanto se desconectará, no funcionando en ningún caso en isla, y volviéndose a conectar cuando se haya establecido la tensión en la red.
- Tensión fuera de rango: si la tensión está por encima o por debajo de la tensión de funcionamiento del inversor, este se desconectará automáticamente, esperando a tener condiciones más favorables de funcionamiento.
- Frecuencia fuera de rango: en el caso de que la frecuencia de red esté fuera del rango admisible, el inversor se parará de forma inmediata, ya que esto quiere decir que la red está funcionando en modo de isla o que es inestable.
- Temperatura elevada: el inversor dispone de un sistema de refrigeración por convección y ventilación forzada. En el caso de que la temperatura interior del equipo aumente, el equipo está diseñado para disminuir la potencia entregada a fin de no sobrepasar la temperatura límite, si bien, llegado el caso, se desconectará automáticamente.

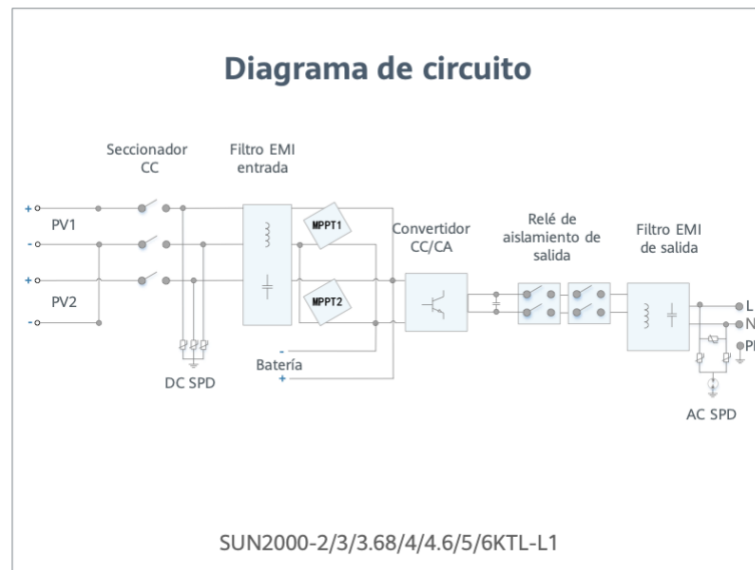


Ilustración 5: Circuito del inversor. [Hoja de características del inversor](#)

Además, en él se integra un control de monitorización por el cual se puede ver en cualquier parte gracias a la tecnología WI-FI cuanto está generando tu planta y lo que estas consumiendo e inyectando a la red, así como si hay alguna avería en la planta fotovoltaica. Se puede visualizar tanto en la APP como en la plataforma de la propia marca. Sin duda un gran aliado para el mantenimiento correctivo.

La instalación fotovoltaica estará equipada con un sistema de supervisión y comunicación que registrará los parámetros clave de funcionamiento del generador y permitirá la consulta remota de estos datos. De esta manera, la información recopilada a través de este sistema de telemetría posibilitará lo siguiente:

- Verificar el correcto funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas, es decir, si están generando la cantidad esperada de energía y si los valores de sus principales parámetros se encuentran dentro de los rangos adecuados.

- Realizar tareas de mantenimiento tanto preventivo como correctivo en las instalaciones fotovoltaicas, incluyendo la detección de posibles fallos y la prevención de averías.
- Optimizar el rendimiento de los componentes del generador mediante el análisis de los datos históricos de operación.



Ilustración 6: [Ejemplo de monitorización.](#)

La anterior ilustración corresponde con un ejemplo de la monitorización en al que se basan los inversores Huawei, no corresponde en ningún momento con el consumo y generación de nuestra planta en estudio.

Por todo lo mencionado anteriormente, se escoge un inversor de la marca Huawei y modelo SUN2000-4KTL-L1 que es el indicado para la instalación que se proyecta en este estudio.

4. DATOS DE PARTIDA

Se empieza obteniendo los datos del consumo de la vivienda descargando el fichero SIPS (Sistema de Información de Punto de Suministro) a partir del CUPS (Código Unificado del Punto de Suministro) que se puede obtener fácilmente en la factura de la energía eléctrica. La siguiente tabla muestra el consumo según los

tramos horarios de potencia contratada. Además, se le debe añadir el consumo proveniente del vehículo eléctrico.

Teniendo en cuenta que, un vehículo eléctrico consume de media 16 kWh por cada 100 km y suponiendo que al día se usará el coche para hacer unos 50 km (ir y venir del trabajo y algunos recados en ciudad), se debe de incrementar el consumo de la vivienda unos 240 kWh cada mes. La tabla queda de la siguiente manera.

	P1	P2	P3	TOTAL
ENERO	290	277	297	864
FEBRERO	233	243	282	758
MARZO	237	235	277	749
ABRIL	167	193	209	569
MAYO	156	200	167	523
JUNIO	167	207	170	544
JULIO	213	226	173	612
AGOSTO	236	239	167	642
SEPTIEMBRE	172	213	145	530
OCTUBRE	167	207	161	535
NOVIEMBRE	176	167	224	567
DICIEMBRE	258	238	317	813

Tabla 2: Consumo de la vivienda

A continuación, se muestran los datos de la irradiancia media de cada mes para el año 2020, año el cuál es el más actualizado en la base de datos de PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), con una inclinación de los módulos de 30° en el lugar de la instalación. Se supone una irradiancia constante para cada mes para simplificar cálculos.

El uso de esta plataforma gratuita es muy sencillo puesto que poniendo las coordenadas de la cubierta y seleccionando los datos que se quieren obtener nos devuelve la información la cual se puede descargar en un fichero .csv para su posterior

tratamiento de información si se quiere automatizar los cálculos en un programa informático.

	IRRADIANCIA (kWh/m²)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)
ENERO	145,4	7,4
FEBRERO	171,21	11,6
MARZO	176,37	11,9
ABRIL	175,95	14,3
MAYO	212,15	20,4
JUNIO	226,71	23,9
JULIO	235,45	30,3
AGOSTO	231,54	27,8
SEPTIEMBRE	190,21	22,7
OCTUBRE	177,73	16
NOVIEMBRE	138,07	12,8
DICIEMBRE	126,53	7,4

Tabla 3: Irradiancia y temperatura ambiente a 30° de inclinación. PVGIS

Una vez conocido tanto el consumo de la vivienda como la irradiancia en el lugar de la colocación del módulo generador fotovoltaico se pueden interpretar los datos para conocer la cantidad de módulos, así como la potencia del inversor a instalar. Teniendo esto en cuenta, los módulos a colocar serán 10 de 450W de la marca Atersa y el inversor a instalar será de la marca Huawei con una potencia de de 4kW.

Las características de los mismos se pueden consultar en el siguiente anexo una vez realizados todos los cálculos pertinentes.

5. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

5.1 CÁLCULO DE RAMAS EN SERIE

La configuración en una instalación fotovoltaica se refiere al número de módulos conectados en serie y paralelo para obtener una tensión de entrada al inversor dentro del rango de aplicación que a su vez depende de la temperatura y la irradiancia a la que están sometidos los módulos.

Se puede calcular el incremento de la tensión con respecto a la temperatura según lo indicado en la ecuación 1

$$\frac{\Delta V}{^{\circ}C} = \frac{\alpha_{V_{OC}}}{100} \cdot V_{OC} \rightarrow -\frac{0,271}{100} \cdot 49,3 = -0,1334 \frac{V}{^{\circ}C}.$$

Ecuación 1

Donde:

$\frac{\Delta V}{^{\circ}C} \rightarrow$ Incremento de la tensión respecto de la temperatura.

$\alpha_{V_{OC}} \rightarrow$ Coeficiente de variación de la tensión en % por cada grado centígrado.

$V_{OC} \rightarrow$ Tensión del módulo en circuito abierto en V.

Para obtener la temperatura máxima a la que pueden trabajar los módulos nos basamos en la siguiente ecuación.

$$T_{MAX} = T_{a_{max}} + \frac{T_{ONC} - 20}{800} \cdot I_{max} \rightarrow 30,3 + \frac{45 - 20}{800} \cdot 970,12 = 60,62^{\circ}C$$

Ecuación 2

Donde:

$T_{MAX} \rightarrow$ Temperatura máxima del módulo en $^{\circ}C$.

$T_{a_{max}}$ → Temperatura máxima ambiente en °C.

T_{ONC} → Temperatura de operación nominal del módulo en °C.

I_{max} → Irradiación máxima en Wh/m²/día.

De igual manera, la mínima tensión que tiene el módulo debido a una temperatura mayor viene dada por la expresión:

$$V_{MIN} = V_{MPP} \cdot \left(1 + \frac{V_{MPP}}{V_{OC}} \cdot \alpha_{V_{OC}} \cdot (T_{MAX} - 25) \right)$$

$$V_{MIN} = 41,5 \cdot \left(1 + \frac{41,5}{49,3} \cdot \frac{-0,271}{100} \cdot (60,62 - 25) \right) = 38,13V$$

Ecuación 3

Donde:

V_{MIN} → Tensión mínima del módulo en V

V_{MPP} → Tensión máxima potencia en V

V_{OC} → Tensión en circuito abierto en V

$\alpha_{V_{OC}}$ → Coeficiente de variación de la tensión en % por cada grado centígrado.

T_{MAX} → Temperatura máxima del módulo en °C.

Con estos datos se puede llegar al número de módulos conectados en serie.

$$N_{S\ min} = \frac{V_{MIN,inv}}{V_{MIN,mod}} \rightarrow \frac{100}{38,13} = 2,62$$

Ecuación 4

Donde:

$V_{MIN,inv}$ → Tensión mínima de funcionamiento del inversor en V

$V_{MIN,mod}$ → Tensión mínima del módulo en V

El numero obtenido se debe de redondear al entero superior por lo que se obtiene que se deben colocar como mínimo 3 módulos en serie.

Del mismo modo que en el caso anterior, para obtener la tensión máxima se escoge la temperatura mínima que es la misma que la temperatura ambiente mínima. Por tanto, nos queda la siguiente ecuación.

$$V_{MAX} = V_{OC} \cdot \left(1 + \alpha_{V_{OC}} \cdot (T_{MIN} - 25)\right) \rightarrow 49,3 \cdot \left(1 + \frac{-0,271}{100} \cdot (7,4 - 25)\right) = 51,65 \text{ V}$$

Ecuación 5

Donde:

V_{MAX} → Tensión máxima del módulo en V

V_{OC} → Tensión en circuito abierto en V

$\alpha_{V_{OC}}$ → Coeficiente de variación de la tensión en % por cada grado centígrado.

T_{MIN} → Temperatura mínima del módulo en °C.

Por lo que el número máximo de módulos que se pueden colocar en serie queda:

$$N_{S\ max} = \frac{V_{MAX,inv}}{V_{MAX,mod}} \rightarrow \frac{600}{51,65} = 11,62$$

Ecuación 6

Que redondeando al entero inmediatamente superior nos quedan 13 módulos en serie, este número es superior a los módulos que se quieren instalar por lo que se prescinde del cálculo de los módulos en paralelo.

5.2 CÁLCULO DE SECCIONES

En este anexo sólo se calculan las secciones correspondientes a la instalación fotovoltaica puesto que en el anexo del cálculo eléctrico de la vivienda se tratan los cálculos correspondientes a los diferentes circuitos de la vivienda, así como del vehículo eléctrico.

El método de instalación seleccionado tanto para corriente continua como para alterna es el B1 siendo conductores aislados en tubos en montajes superficiales o empotrados en obra. Cabe destacar que el tipo de conductor específico para las instalaciones fotovoltaicas viene definido por la norma UNE-EN 50618

5.2.1 EN CORRIENTE CONTINUA

5.2.1.1 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

En este apartado se calcula la sección del cable en función del valor máximo admisible de intensidad que admite el conductor.

$$I = \frac{P_{MOD}}{V} \rightarrow \frac{4500}{230} = 19,59A$$

Ecuación 7

Donde:

$I \rightarrow$ Intensidad en corriente continua de la instalación en A

$P_{MOD} \rightarrow$ Potencia total de los módulos en W

$V \rightarrow$ Tensión de la instalación en V

Teniendo como referencia la tabla A de la GUÍA-BT-19 la sección correspondiente a esta intensidad es de 1,5 mm² cuya intensidad máxima admisible es de 20 A, como viene demasiado justo se coloca una sección mayor de 2,5 mm².

5.2.1.2. CAIDA DE TENSIÓN

Tal y como se indica en el pliego de condiciones del IDAE, los conductores deben de ser de cobre capaces de soportar una caída máxima de tensión entre los módulos fotovoltaicos y el inversor debe ser menor del 1,5%.

Para ello tenemos que la distancia desde los módulos fotovoltaicos hasta el inversor que se encuentra en el garaje es de unos 10 metros aproximadamente.

$$\Delta V = \frac{2 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot V \cdot S} \rightarrow \frac{2 \cdot 4500 \cdot 10}{58 \cdot 230 \cdot 2,5} = 2,7\%$$

Ecuación 8

Donde:

$\Delta V \rightarrow$ Caída de tensión en %.

$P \rightarrow$ Potencia de la instalación en W.

$l \rightarrow$ Longitud de la línea.

$\gamma \rightarrow$ Conductividad del cobre en m/($\Omega \cdot \text{mm}^2$).

$V \rightarrow$ Tensión de la instalación en V.

$S \rightarrow$ Sección del conductor en mm².

Como se observa la sección escogida no cumple la normativa por lo que se escoge una sección superior, que volviendo a realizar el cálculo se debe de instalar una sección de 6 mm² porque la de 4 sigue sin cumplir

5.2.2. EN CORRIENTE ALTERNA

El cálculo de las secciones una vez que el inversor haya actuado se calcula exactamente igual que en el apartado anterior.

5.2.2.1. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

$$I = \frac{P_{INV}}{V} \rightarrow \frac{4000}{230} = 17,39 \text{ A}$$

Ecuación 9

Donde:

$I \rightarrow$ Intensidad en corriente continua de la instalación en A

$P_{INV} \rightarrow$ Potencia nominal del inversor en W

$V \rightarrow$ Tensión de la instalación en V

Al igual que ocurre en corriente continua, el conductor con la sección de 1,5 mm² cumple, pero se queda con un margen de error relativamente pequeño por lo que se escoge una sección de 2,5 mm². Además, si se observa la hoja de características del inversor se comprueba que este valor está por debajo de 20 A que es el valor máximo de intensidad de salida que admite el inversor.

Como se indica anteriormente, la intensidad admisible corresponde con el montaje tipo B1 según la tabla A de la GUÍA-BT-19.

5.2.2.2. CAÍDA DE TENSIÓN

En este caso también se debe de cumplir que la caída de tensión máxima sea del 1,5% desde el inversor hasta el contador de la instalación, lugar donde se debe inyectar la energía procedente de la fotovoltaica para que la distribuidora tenga constancia de la energía que se demanda de su red.

Debido a la distancia desde el inversor que se sitúa en la cochera de la vivienda hasta el cuadro de la vivienda situado en la entrada de la vivienda según indica la norma. Por ello la distancia entre ambos puntos es de unos 12 metros aproximadamente.

$$\Delta V = \frac{2 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot V \cdot S} \rightarrow \frac{2 \cdot 4000 \cdot 5}{58 \cdot 230 \cdot 2,5} = 1,2\%$$

Ecuación 10

Donde:

$\Delta V \rightarrow$ Caída de tensión en %.

$P \rightarrow$ Potencia de la instalación en W.

$l \rightarrow$ Longitud de la línea.

$\gamma \rightarrow$ Conductividad del cobre en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$.

$V \rightarrow$ Tensión de la instalación en V.

$S \rightarrow$ Sección del conductor en mm^2 .

Como se ve con el conductor elegido se queda la caída de tensión muy ajustada por lo que lo mejor es aumentar la sección a 4 mm^2 para poder tener más margen de maniobra.

5.3. CÁLCULO DE PROTECCIONES

Para el cálculo de las protecciones se vuelve a dividir la instalación en las partes de corriente continua y alterna, además se recuerda que las protecciones correspondientes a la instalación de la vivienda y el vehículo eléctrico vienen indicadas en su correspondiente anexo.

5.3.1. EN CORRIENTE CONTINUA

El sistema de protección de equipos del generador fotovoltaico se compone de varios elementos diseñados para salvaguardar la red de corriente continua. Esto incluye la instalación de los siguientes componentes:

- Descargadores de sobretensión.
- Diodos.
- Interruptores magnetotérmicos.

Este sistema tiene la finalidad de garantizar la seguridad de los equipos frente a situaciones de sobretensión y sobreintensidad. La protección contra sobreintensidades se enfoca en prevenir que una de las ramas del generador actúe como una carga para las demás en casos de sombreados parciales y cortocircuitos en el generador. Los diodos incorporados en los módulos desempeñan un papel fundamental para evitar sobrecargas en situaciones de sombreados parciales, mientras que los interruptores magnetotérmicos se encargan de proteger contra sobrecargas y sobreintensidades en casos de cortocircuitos.

La elección de interruptores magnetotérmicos resulta particularmente atractiva para la protección contra sobreintensidades debido a sus ventajas sobre los fusibles, como la ausencia de pérdidas en el circuito, la capacidad de actuar sin necesidad de ser reemplazados, la posibilidad de separar y aislar ramas bajo carga para llevar a

cabo reparaciones o mantenimiento de manera sencilla, y una curva de protección más eficiente.

Además de la protección de los equipos, se implementará un sistema para la seguridad de las personas, basado en:

- Aislamiento de las partes activas de la red CC.
- Uso de una configuración flotante para generador.
- Utilización de un controlador permanente de aislamiento.
- Puesta a tierra de todas las masas que por defectos de aislamiento pudieran quedar en tensión.

5.3.2. SOBRECARGAS

Para el cálculo de las sobrecargas se emplean fusibles del tipo gG usados para proteger la instalación desde la salida de los módulos hasta la entrada del inversor. Para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_B \leq I \leq I_z \rightarrow 19,59 \leq 32 \leq 36$$

Ecuación 11

Donde:

$I_B \rightarrow$ Intensidad que circula por el conductor en A.

$I \rightarrow$ Intensidad del interruptor magnetotérmico en A.

$I_z \rightarrow$ Intensidad máxima admisible del conductor en A.

Se escoge un fusible de 32 A porque, aunque no se prevén sobrecargas en esta parte de la instalación, como los conductores se encuentran sometidos a altas temperaturas por estar bajo tubo y en el exterior, se pueden dar ocasiones en las que salte el fusible sin que se haya producido ningún incremento en la sobrecarga.

5.3.3. SOBRETENSIONES

Para el caso de la fotovoltaica se usan descargadores del tipo II para trabajar en corriente continua puesto que las sobretensiones en esta zona son muy peligrosas tanto para los equipos instalados como para los operadores. En este caso usamos la tensión máxima que permite el inversor que es de 600V.

5.3.2. EN CORRIENTE ALTERNA

5.3.2.1. SOBRECARGAS

$$I_B \leq I \leq I_z \rightarrow 17,39 \leq 32 \leq 46$$

Donde:

$I_B \rightarrow$ Intensidad que circula por el conductor en A.

$I \rightarrow$ Intensidad del interruptor magnetotérmico en A.

$I_z \rightarrow$ Intensidad máxima admisible del conductor en A.

ANEXO 2: HOJA DE CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

A-450M_{GS}

Mono PERC 144 Half-Cell

430-455 Wp



Alta **eficiencia** de **20.7%**



Excelente **rendimiento** con
baja irradiancia



Alta **resistencia** PID



Doble control de **calidad**

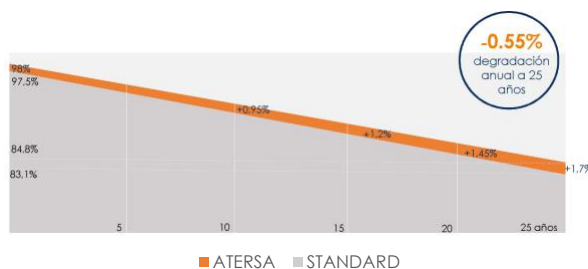


Mayor **potencia** a 25 años



Marca
España

GARANTÍA LINEAL DE RENDIMIENTO



Garantía de producto
ATERSA-España



Garantía lineal de
rendimiento



www.atersa.com

P.I. El Olival, Ribarroja del Turia.
C/ A Nave 6 D y E
Valencia, España.



Ilustración 7: [Hoja de características del módulo](#)

Características eléctricas GS	A-430M	A-435M	A-440M	A-445M	A-450M	A-455M
Potencia Máxima (Pmax)	430 Wp	435 Wp	440 Wp	445 Wp	450 Wp	455 Wp
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	40.70 V	40.90 V	41.10 V	41.30 V	41.50 V	41.70 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	10.57 A	10.64 A	10.71 A	10.78 A	10.85 A	10.92 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	48.50 V	48.70 V	48.90 V	49.10 V	49.30 V	49.50 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	11.31 A	11.39 A	11.46 A	11.53 A	11.60 A	11.66 A
Eficiencia del Módulo (%)	19.78	20.01	20.24	20.47	20.70	20.93
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5					
Máxima Serie de Fusibles (A)	20					
Máxima Tensión del Sistema (IEC)	DC 1.000 V / DC 1.500V (**)					
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	45±2					

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m2, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.

Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±2% (Voc, Vmp); ±4% (Isc, Imp).

Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

(**) Máxima tensión del sistema de 1.500 V se fabrica bajo pedido.

Especificaciones mecánicas

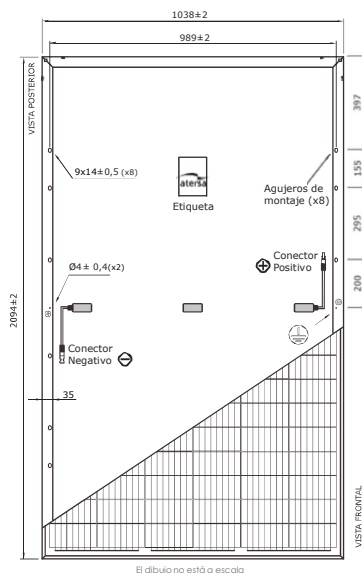
Dimensiones (± 2.0 mm.)	2094x1038x35 mm
Peso (± 0.5 kg)	24.0 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa
Máx. impacto granizo (diámetro/velocidad)	25 mm / 23 m/s

Materiales de construcción

Cubierta frontal (material/tipo/espesor)*	Cristal templado/grado PV/3.2 mm
Células (cantidad/tipo)	144 células (6x24)/ Mono PERC 9BB
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
Caja de conexiones (protección/nº diodos)	IP68/3 diodos
Cable (longitud/sección) / Conector	1200 mm. /4 mm²/Compatible MC4

(*) Con capa anti-reflectante

Dimensiones mecánicas



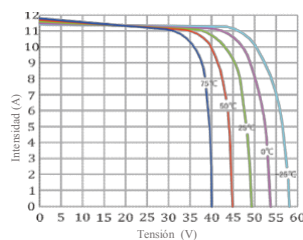
Características de temperatura

Coefficiente Temp. de Isc (TK Isc)	0.049 % /°C
Coefficiente Temp. de Voc (TK Voc)	-0.271 % /°C
Coefficiente Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.352 % /°C
Reducción eficiencia (200W/m2 25°C)	< 5%
Temperatura de funcionamiento	-40 a +85 °C

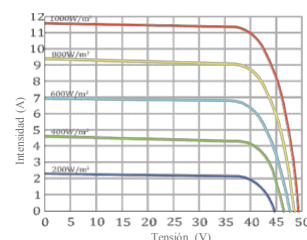
Embalaje

Módulos/palé	31
Palés/contenedor 40' HQ	24
Módulos/contenedor 40' HQ	744
Palés/contenedor 20'	10
Módulos/contenedor 20'	310

I-V Temperatura



I-V Irradiación



NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

© ATERSA 2022
VERSION:20221104

www.atersa.com
P.I. El Oliveral, Ribarroja del Turia.
C/ A Nave 6 D y E
Valencia, España.



Ilustración 8: Hoja de características del módulo

Smart Energy Center



Seguridad activa

Protección contra arcos eléctricos
active con tecnología de IA



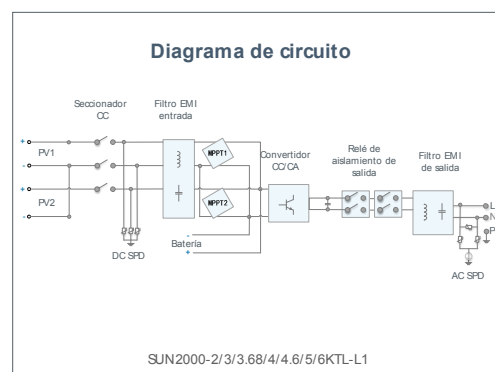
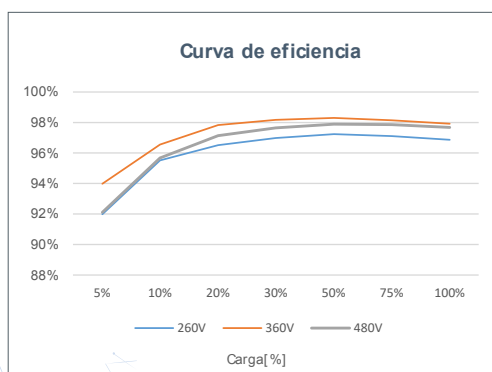
Mayor rendimiento

Hasta un 30 % más de
energía con optimizadores



2x POTENCIA de Batería

5kW de Salida en CA más
5kW de Carga en Baterías



Version No.:03-(20200622)

SOLAR.HUAWEI.COM/ES/

Ilustración 9: Hoja de características del inversor

SUN2000-2/3/3.68/4/4.6/5/6KTL-L1

Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas	SUN2000 ~2KTL-L1	SUN2000 ~3KTL-L1	SUN2000 ~3.68KTL-L1	SUN2000 ~4KTL-L1	SUN2000 ~4.6KTL-L1	SUN2000 ~5KTL-L1	SUN2000 ~6KTL-L1 ¹
Eficiencia							
Eficiencia Máxima	98.2 %	98.3 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %
Eficiencia europea	96.7 %	97.3 %	97.3 %	97.5 %	97.7 %	97.8 %	97.8 %
Entrada (FV)							
Entrada de CC máxima recomendada ²	3,000 Wp	4,500 Wp	5,520 Wp	6,000 Wp	6,900 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp
Máx. tensión de entrada				600 V ³			
Tensión de arranque				100 V			
Rango de tensión de operación de MPPT				90 V ~ 560 V ³			
Tensión nominal de entrada				360 V			
Máx. intensidad por MPPT				12.5 A			
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT				18 A			
Cantidad de MPPTs				2			
Máx. número de entradas por MPPT				1			
Entrada (Batería CC)							
Batería compatible				LG Chem RESU 7H_R / 10H_R			
Rango de tensión de operación				350 ~ 450 Vcc			
Max. corriente de operación				10 A @7H_R / 15 A @10H_R			
Potencia de carga máxima				3,500 W @7H_R / 5,000 W @10H_R			
Potencia máxima de descarga @ 7H_R	2,200 W	3,300 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W
Potencia máxima de descarga @ 10H_R	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
Batería compatible				HUAWEI Smart ESS Battery 5kWh ~ 30kWh ¹			
Rango de tensión de operación				350 ~ 560 Vdc			
Max. corriente de operación				15 A			
Potencia de carga máxima				5,000 W ⁴			
Potencia máxima de descarga	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
Salida							
Conexión a la red eléctrica				Monofásica			
Potencia de salida nominal	2,000 W	3,000 W	3,680 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W ⁵	6,000 W
Máx. potencia aparente de CA	2,200 VA	3,300 VA	3,680 VA	4,400 VA	5,000 VA ⁶	5,500 VA ⁷	6,000 VA
Tensión nominal de Salida				220 Vac / 230 Vac / 240 Vac			
Frecuencia nominal de red de CA				50 Hz / 60 Hz			
Máx. intensidad de salida	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A ⁸	25 A ⁸	27.3 A
Factor de potencia ajustable				0.8 leading ... 0.8 lagging			
Máx. distorsión armónica total				≤ 3 %			
Salida para SAI				Sí (a través de Backup Box-B0 ¹)			
Protección & Características							
Protección anti-isla				Sí			
Protección contra polaridad inversa de CC				Sí			
Monitorización de aislamiento				Sí			
Protección contra descargas atmosféricas CC				Sí, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11			
Protección contra descargas atmosféricas CA				Sí, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11			
Monitorización de la corriente residual				Sí			
Protección contra sobretensión de CA				Sí			
Protección contra cortocircuito de CA				Sí			
Protección contra sobretensión de CC				Sí			
Protección contra sobrecalentamiento				Sí			
Protección de falla de arco				Sí			
Carga inversa de la batería desde la red				Sí			
Datos generales							
Rango de temperatura de operación				-25 ~ +60 °C			
Humedad relativa de operación				0 %RH ~ 100 %RH			
Altitud de operación				0 ~ 4,000 m (disminución de la capacidad eléctrica a partir de los 2000 m)			
Ventilación				Convección natural			
Pantalla				Indicadores LED; WLAN integrado + aplicación FusionSolar			
Comunicación				RS485, WLAN a través del módulo WLAN incorporado en el inversor Ethernet a través de Smart Dongle-WLAN-FE (Opcional); 4G / 3G / 2G a través de Smart Dongle-4G (Opcional)			
Peso (incluido soporte de montaje)				12.0 kg			
Dimensiones (incluido soporte de montaje)				365mm * 365mm * 156 mm			
Grado de protección				IP65			
Consumo de energía durante la noche				< 2,5 W			
Compatibilidad con optimizadores							
Optimizador compatible con MBUS CC				SUN2000-450W-P			
Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)							
Seguridad				EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2			
Estándares de conexión a red eléctrica				G98, G99, EN 50549-1, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777.2, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, IEC61727, IEC62116			

* 1 Disponible en Q3 del 2020.

* 2 La potencia fotovoltaica de entrada máxima del inversor es de 10.000 Wp cuando las cadenas largas se diseñen y conecten al completo de optimizadores de potencia SUN2000-450W-P.

* 3 El límite máximo de tensión de entrada y de operación se reducirán a 495 V cuando el inversor se conecte y funcione con la batería LG.

* 4 2.500 W en las baterías HUAWEI ESS de 5kWh

* 5 AS4777.2: 4,991 W; * 6 VDE-AR-N 4105: 4,600 VA / AS4777.2: 4,999 VA; * 7 AS4777.2: 4,999 VA; * 8 AS4777.2: 21.7 A.

Version No.:03-(20200622)

SOLAR.HUAWEI.COM/ES/

Ilustración 10: Hoja de características del inversor

ANEXO 3: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO

1. INTRODUCCIÓN

Una vez que se haya calculado el proyecto propuesto para su instalación, es recomendable llevar a cabo un análisis de su viabilidad. El propósito principal de este tipo de instalaciones a nivel industrial es la reducción de los costos de la empresa, por lo tanto, es crucial asegurarse de que resulte rentable. Uno de los objetivos definidos en este trabajo es realizar un análisis económico de la instalación planificada. Es esencial evaluar la viabilidad económica del proyecto para confirmar su conveniencia y persuadir a la empresa de las posibles ventajas financieras asociadas a este tipo de instalaciones.

El estudio a realizar trata de evaluar los ingresos de cada uno de los años de vida útil de la instalación, donde se va a considerar 25 años de buen funcionamiento de ésta y siguiendo las recomendaciones del fabricante. Todo en conjunto debe de permitir una evolución asequible con el paso de los años para llevar a cabo la instalación.

2. DATOS DE PARTIDA

Cómo se ha podido ver en la tabla 1, se tiene el consumo mensual por cada periodo de potencia existente. Se considera que todo el consumo mensual es constante a lo largo del mes, para poder hacer un estudio preciso, se divide el consumo por las horas de cada potencia. Esto nos permite calcular tanto el ahorro directo procedente de la instalación fotovoltaica como los excedentes que se producen.

Por otro lado, gracias a la página PVGIS sacamos la radiación horaria para cada mes, por tanto, ya se tienen todos los datos necesarios para poder calcular la generación de la planta fotovoltaica. Cabe destacar que se deben de tener en cuenta una serie de pérdidas procedentes del cableado, del calentamiento del mismo y de las posibles desviaciones de la radiación solar. Por tanto, se estiman los siguientes

coeficientes de pérdidas según cada mes, siendo los meses del verano cuando mayor porcentaje de pérdidas hay debido a las altas temperaturas.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PR	0,789	0,778	0,755	0,745	0,731	0,715	0,705	0,704	0,724	0,745	0,774	0,788

Tabla 4: PR

Teniendo todo esto en cuenta se llega a la siguiente fórmula para obtener la generación de la instalación fotovoltaica.

$$E = PR \cdot P_p \cdot \frac{H}{1000}$$

Ecuación 12: Energía generada

Dónde:

E → Energía generada en kWh.

PR → “Performance Ratio”. (Según cada mes del año)

P_p → Potencia pico en kW.

H → Radiación en kWh/m².

Por otro lado, para el cálculo de la energía consumida según el periodo de potencia contratado, basta con dividir la energía de los periodos entre el número de horas que los forman.

De acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación, se incluye una única tarifa con tres periodos de discriminación horaria en los que los precios de peajes y cargos regulados varían dependiendo de:

- Periodo punta, en el que el precio por cargos y peajes son mucho más caros.
- Periodo llano, con un precio intermedio de los costes regulados.

- Periodo valle, los peajes y cargos serán más bajos.

Se adjunta una fotografía que resume los diferentes tramos horarios según las distintas horas del día.



(*) Festivos de ámbito nacional no sustituibles y 6 de enero.

Ilustración 11: [Discriminación horaria](#)

En la siguiente tabla se muestra la energía diaria generada para cada mes del año.

	H01	H02	H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
ENERO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,3	1,9	2,2	2,4	2,3	2,0	1,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FEBRERO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,4	2,0	2,2	2,6	2,6	2,2	1,8	1,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MARZO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	1,7	2,2	2,6	2,7	2,7	2,3	1,9	1,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ABRIL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,2	1,9	2,4	2,7	2,8	2,7	2,4	1,9	1,3	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MAYO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,4	2,0	2,5	2,8	2,9	2,8	2,5	2,0	1,4	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
JUNIO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,5	2,1	2,6	3,0	3,1	3,1	2,7	2,1	1,5	0,9	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
JULIO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,4	2,1	2,6	3,0	3,1	3,1	2,8	2,3	1,6	1,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
AGOSTO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,4	2,0	2,6	3,0	3,1	3,1	2,7	2,2	1,6	0,8	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
SEPTIEMBRE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,3	1,9	2,5	2,9	3,0	2,9	2,5	1,9	1,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
OCTUBRE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,2	1,7	2,4	2,7	2,7	2,6	2,2	1,6	0,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NOVIEMBRE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,5	2,0	2,4	2,4	2,2	1,8	1,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DICIEMBRE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,3	1,9	2,3	2,4	2,3	1,9	1,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla 5: Generación diaria

Por otra parte, se adjunta una tabla con el consumo diario mensual.

CARLOS ALFARO CASTELLOT Instalación eléctrica de una vivienda unifamiliar
dotada de un sistema fotovoltaico para autoconsumo y punto de recarga de vehículo eléctrico

		H01	H02	H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
Enero	L - V	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	1,51	1,51	1,58	1,58	1,58	1,58	1,51	1,51	1,51	1,51	1,58	1,58	1,58	1,58	1,51	1,51	0,79
	S y D	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Febrero	L - V	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,52	1,52	1,46	1,46	1,46	1,46	1,52	1,52	1,52	1,52	1,46	1,46	1,46	1,46	1,52	1,52	0,80
	S y D	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Marzo	L - V	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	1,34	1,34	1,35	1,35	1,35	1,35	1,34	1,34	1,34	1,34	1,35	1,35	1,35	1,35	1,34	1,34	0,71
	S y D	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Abril	L - V	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	1,15	1,15	0,99	0,99	0,99	0,99	1,15	1,15	1,15	1,15	0,99	0,99	0,99	0,99	1,15	1,15	0,54
	S y D	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Mayo	L - V	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	1,09	1,09	0,85	0,85	0,85	0,85	1,09	1,09	1,09	1,09	0,85	0,85	0,85	0,85	1,09	1,09	0,44
	S y D	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Junio	L - V	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	1,23	1,23	0,99	0,99	0,99	0,99	1,23	1,23	1,23	1,23	0,99	0,99	0,99	0,99	1,23	1,23	0,44
	S y D	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Julio	L - V	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	1,28	1,28	1,21	1,21	1,21	1,21	1,28	1,28	1,28	1,28	1,21	1,21	1,21	1,21	1,28	1,28	0,44
	S y D	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Agosto	L - V	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	1,30	1,30	1,28	1,28	1,28	1,28	1,30	1,30	1,30	1,30	1,28	1,28	1,28	1,28	1,30	1,30	0,44
	S y D	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Septiembre	L - V	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	1,33	1,33	1,08	1,08	1,08	1,08	1,33	1,33	1,33	1,33	1,08	1,08	1,08	1,08	1,33	1,33	0,36
	S y D	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Octubre	L - V	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	1,13	1,13	0,91	0,91	0,91	0,91	1,13	1,13	1,13	1,13	0,91	0,91	0,91	0,91	1,13	1,13	0,43
	S y D	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Noviembre	L - V	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	0,61
	S y D	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Diciembre	L - V	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	1,42	1,42	1,54	1,54	1,54	1,54	1,42	1,42	1,42	1,42	1,54	1,54	1,54	1,54	1,42	1,42	0,78
	S y D	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78

Tabla 6: Consumo diario mensual

Para calcular el consumo horario mensual, se ha calculado según los distintos periodos de energía que hay, siendo:

- Para P1

$$Ch_{P1} = \frac{Cm_{P1}}{h_{P1}}$$

Ecuación 13: Consumo horario P1

- Para P2

$$Ch_{P2} = \frac{Cm_{P2}}{h_{P2}}$$

Ecuación 14: Consumo horario P2

- Para P3

$$Ch_{P3} = \frac{Cm_{P3}}{h_{P3}}$$

Ecuación 15: Consumo horario P3

Siendo:

- Ch → Consumo horario en los distintos periodos

- $C_m \rightarrow$ Consumo mensual en los distintos periodos
- $h \rightarrow$ Las horas que tiene cada periodo, teniendo en cuenta que sábados, domingos y festivos son P3

Si bien, ahora para poder obtener el consumo proveniente de la fotovoltaica se deben de seguir estos dos pasos:

- Si la energía generada de la fotovoltaica es menor que el consumo de la vivienda, nos quedamos con la energía generada
- Por el contrario, cuando la energía generada sea superior a la energía demanda, nos quedamos con la energía demandada.

Siguiendo las premisas anteriores se llega a la siguiente tabla, donde se muestra la energía autoconsumida diaria por cada mes del año.

Una vez que se dispone de la energía autoconsumida, se puede calcular fácilmente los excedentes restando el consumo de la vivienda con la energía autoconsumida. Quedando la tabla de a continuación que muestra los excedentes generados un día cada mes del año.

		H01	H02	H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
Enero	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,56	1,26	1,58	1,58	1,58	1,51	1,51	1,51	0,94	0,04	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,56	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,04	0	0	0	0	0	0
Febrero	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,72	1,38	1,46	1,46	1,46	1,52	1,52	1,52	1,18	0,45	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,72	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,45	0	0	0	0	0	0
Marzo	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0,31	1,01	1,35	1,35	1,35	1,35	1,34	1,34	1,34	1,25	0,61	0,02	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0,31	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,61	0,02	0	0	0	0	0
Abril	L - V	0	0	0	0	0	0	0,08	0,61	1,15	0,99	0,99	0,99	0,99	1,15	1,15	1,15	1,15	0,69	0,14	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0,08	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,14	0	0	0	0	0
Mayo	L - V	0	0	0	0	0	0	0,21	0,76	1,09	0,85	0,85	0,85	0,85	1,09	1,09	1,09	1,09	0,77	0,22	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0,21	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,22	0	0	0	0	0
Junio	L - V	0	0	0	0	0	0,02	0,23	0,8	1,23	0,99	0,99	0,99	0,99	1,23	1,23	1,23	1,23	0,87	0,3	0,06	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0,02	0,23	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,3	0,06	0	0	0	0
Julio	L - V	0	0	0	0	0	0	0,16	0,75	1,28	1,21	1,21	1,21	1,21	1,28	1,28	1,28	1,28	0,96	0,32	0,05	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0,16	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,32	0,05	0	0	0	0
Agosto	L - V	0	0	0	0	0	0	0,09	0,66	1,3	1,28	1,28	1,28	1,28	1,3	1,3	1,3	1,3	0,84	0,22	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0,09	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,22	0	0	0	0	0
Septiembre	L - V	0	0	0	0	0	0	0,02	0,57	1,28	1,08	1,08	1,08	1,08	1,33	1,33	1,33	1,25	0,57	0,03	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0,02	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,03	0	0	0	0	0
Octubre	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0,43	1,13	0,91	0,91	0,91	0,91	1,13	1,13	1,13	0,94	0,18	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,18	0	0	0	0	0	0
Noviembre	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0,43	0,95	1	1	1	1	0,95	0,95	0,95	0,94	0,18	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0,43	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,18	0	0	0	0	0	0
Diciembre	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,86	1,47	1,54	1,54	1,54	1,42	1,42	1,34	0,67	0	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,67	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 7: Energía autoconsumida

		H01	H02	H03	H04	H05	H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
Enero	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,28	0,65	0,87	0,78	0,49	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,47	1,06	1,44	1,65	1,5	1,2	0,76	0,15	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,95	1,12	1,05	0,71	0,29	0	0	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,58	1,16	1,6	1,78	1,77	1,43	1	0,38	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0,88	1,28	1,26	1,34	0,99	0,54	0	0	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,97	1,52	1,92	1,9	1,97	1,62	1,17	0,54	0	0	0	0	0	0	0
Abril	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0,09	0,87	1,43	1,72	1,84	1,6	1,25	0,74	0,14	0	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,7	1,32	1,88	2,17	2,29	2,2	1,86	1,35	0,75	0,15	0	0	0	0	0	0
Mayo	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0,32	1,18	1,68	1,98	2,09	1,74	1,41	0,93	0,32	0	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0,32	0,96	1,59	2,08	2,39	2,49	2,39	2,05	1,57	0,96	0,32	0	0	0	0	0	0
Junio	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0,24	1,09	1,63	1,96	2,09	1,73	1,42	0,91	0,29	0	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0,36	1,03	1,64	2,18	2,51	2,64	2,52	2,21	1,7	1,08	0,43	0	0	0	0	0	0
Julio	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,87	1,43	1,79	1,92	1,77	1,48	0,99	0,36	0	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0,31	0,99	1,64	2,2	2,56	2,69	2,61	2,32	1,84	1,2	0,52	0	0	0	0	0	0
Agosto	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,77	1,31	1,71	1,87	1,76	1,42	0,9	0,26	0	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0,21	0,92	1,6	2,15	2,55	2,7	2,61	2,27	1,75	1,11	0,4	0	0	0	0	0	0
Septiembre	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,87	1,45	1,81	1,95	1,57	1,15	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0,21	0,92	1,59	2,16	2,52	2,66	2,54	2,12	1,57	0,89	0,21	0	0	0	0	0	0
Octubre	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,84	1,47	1,75	1,82	1,52	1,04	0,51	0	0	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0	0,74	1,31	1,95	2,23	2,3	2,22	1,74	1,21	0,51	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,47	1,04	1,37	1,42	1,29	0,87	0,39	0	0	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,86	1,43	1,76	1,81	1,63	1,21	0,73	0,06	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	L - V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,35	0,76	0,88	0,86	0,49	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0
	S y D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,55	1,11	1,51	1,64	1,5	1,13	0,65	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 8: Excedentes vertidos a red

Multiplicando cada tabla por el número de días de cada mes se obtiene la energía total de cada mes

	Demanda Red INICIAL (kWh)	Autoconsumo Directo (kWh)	Excedentes FV (kWh)	Generación FV TOTAL (kWh)	Demanda Red FINAL (kWh)	Cobertura Solar Autoconsumo
Enero	864	332,67	137,31	469,99	531,33	39%
Febrero	758	313,87	169,98	483,85	444,13	41%
Marzo	749	342,83	252,81	595,63	406,17	46%
Abril	569	291,75	335,97	627,72	277,25	51%
Mayo	523	290,79	404,99	695,79	232,21	56%
Junio	544	310,17	403,40	713,56	233,83	57%
Julio	612	345,60	406,78	752,38	266,40	56%
Agosto	642	350,77	377,30	728,07	291,23	55%
Septiembre	530	280,78	361,94	642,73	249,22	53%
Octubre	535	258,26	320,50	578,76	276,74	48%
Noviembre	567	254,21	228,55	457,80	312,79	45%
Diciembre	813	317,40	151,13	461,78	495,60	39%

Tabla 9: Energías totales mensuales

Energía Solar TOTAL	AUTOCONSUMIDA	51,18%
	EXCEDENTES	48,82%

$$\% \text{Energía autoconsumida} = \frac{\text{Energía autoconsumida}}{\text{Energía generada}}$$

Ecuación 16: % Autoconsumo

3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Analizando los precios para todo el año se estima un precio medio por mes visible en la tabla de la siguiente página.

Se debe tener en cuenta que en virtud del Real Decreto-ley 12/2021, de 24 de junio, el IVA aplicable a su factura se encuentra reducido del 21% al 5%. Además, según el Real Decreto-ley 17/2021, de 14 de septiembre, el impuesto especial sobre la electricidad aplicable a su factura se encuentra reducido del 5,11269632% al 0,5%.

Por tanto, el precio de la energía demandada por la vivienda es el siguiente

	Precio energía	Consumo	Coste C/I.E.
	(€/kWh)	(kWh)	(€)
P1	0,365832 €	2.645	967,63 €
P2	0,295666 €	2.645	782,89 €
P3	0,291443 €	2.589	750,79 €
	Total	7.879	2.504,21€

Tabla 10: Precio de la energía demandada inicial. Impuestos incluidos

	P1	P2	P3	MEDIA
PVPC Enero 2022	0,379751	0,291824	0,252581	0,295542
PVPC Febrero 2022	0,379751	0,280925	0,254151	0,295439
PVPC Marzo 2022	0,480829	0,392322	0,349402	0,399834
PVPC Abril 2022	0,334133	0,276583	0,237149	0,273746
PVPC Mayo 2022	0,315801	0,266973	0,230337	0,264016
PVPC Junio 2022	0,336775	0,289359	0,263519	0,291347
PVPC Julio 2022	0,364683	0,318384	0,315271	0,331876
PVPC Agosto 2022	0,406653	0,364987	0,379368	0,382916
PVPC Septiembre 2022	0,369369	0,308498	0,288627	0,317384
PVPC Octubre 2022	0,296039	0,234998	0,198429	0,232468
PVPC Noviembre 2022	0,255262	0,195110	0,162714	0,197508
PVPC Diciembre 2022	0,259094	0,199090	0,196418	0,213604
MEDIA	0,3467	0,2802	0,2762	0,32

Tabla 11: Precios mensuales de la energía

Con respecto a los excedentes, se considera que el precio medio de compensación de los mismos es de 0,1€/kWh, puesto que la mayoría de

comercializadores ofrecen este precio. Por tanto, se llega al ahorro tanto por los excedentes como por la energía autoconsumida directamente de la planta fotovoltaica indicado en la sucesiva tabla.

	Instalación Solar FV			
	Autoconsumo		Excedentes	
	kWh	Ahorro	kWh	Ahorro
Enero	333 kWh	107,85 €	137 kWh	13,73 €
Febrero	314 kWh	101,24 €	170 kWh	17,00 €
Marzo	343 kWh	110,37 €	253 kWh	25,28 €
Abril	292 kWh	93,10 €	336 kWh	33,60 €
Mayo	291 kWh	92,85 €	405 kWh	40,50 €
Junio	310 kWh	99,14 €	403 kWh	40,34 €
Julio	346 kWh	111,49 €	407 kWh	40,68 €
Agosto	351 kWh	113,52 €	377 kWh	37,73 €
Septiembre	281 kWh	89,72 €	362 kWh	36,19 €
Octubre	258 kWh	82,36 €	320 kWh	32,05 €
Noviembre	254 kWh	81,41 €	229 kWh	22,85 €
Diciembre	317 kWh	102,51 €	151 kWh	15,11 €
TOTAL	3.689 kWh	1.185,57 €	3.551 kWh	355,06 €

Tabla 12: Ahorro obtenido

$$Ahorro_{AC} = \text{Energía consumida} \cdot \text{Precio medio mensual}$$

Ecuación 17: Ahorro por autoconsumo

$$Ahorro_{EX} = \text{Excedentes} \cdot \text{Precio Excedente}$$

Ecuación 18: Ahorro por excedentes

El total anual ahorrado gracias a la instalación fotovoltaica da como resultado 1.540,64 € que, como se aprecia en la tabla 10, es un poco más de la mitad de lo que se estaría pagando por toda la energía a lo largo del año.

Para el estudio de rentabilidad cara a 25 años, se estima que el precio de la energía eléctrica tiene un aumento del 2,5% por cada año y que tanto los módulos fotovoltaicos como el inversor sufrirán una tasa de degradación de los mismos

entornos al 0,5% por cada año, esto implica que cada año se producirá menos energía de nuestra instalación fotovoltaica teniendo que demandar más energía de la red. Considerando todos estos datos, se obtiene una comparativa entre el precio actual de la energía y el futuro, así como el ahorro futuro esperado de nuestra planta generadora.

Año	Situación Actual		Situación Futura con FV			Ahorro Acumulado
	Energía de la Red (kWh)	Coste Energía Red	Energía de la Red (kWh)	Coste Energía Red	Ahorro por Instalación FV	
1	7.879	2.504,21 €	7.879	963,57 €	1.540,64 €	1.540,64 €
2	7.879	2.566,81 €	7.918	987,66 €	1.579,15 €	3.119,79 €
3	7.879	2.630,98 €	7.958	1.012,35 €	1.618,63 €	4.738,43 €
4	7.879	2.696,76 €	7.998	1.037,66 €	1.659,10 €	6.397,52 €
5	7.879	2.764,18 €	8.038	1.063,60 €	1.700,58 €	8.098,10 €
6	7.879	2.833,28 €	8.078	1.090,19 €	1.743,09 €	9.841,19 €
7	7.879	2.904,11 €	8.118	1.117,45 €	1.786,67 €	11.627,86 €
8	7.879	2.976,72 €	8.159	1.145,38 €	1.831,33 €	13.459,20 €
9	7.879	3.051,13 €	8.200	1.174,02 €	1.877,12 €	15.336,31 €
10	7.879	3.127,41 €	8.241	1.203,37 €	1.924,05 €	17.260,36 €
11	7.879	3.205,60 €	8.282	1.233,45 €	1.972,15 €	19.232,51 €
12	7.879	3.285,74 €	8.323	1.264,29 €	2.021,45 €	21.253,96 €
13	7.879	3.367,88 €	8.365	1.295,89 €	2.071,99 €	23.325,95 €
14	7.879	3.452,08 €	8.407	1.328,29 €	2.123,79 €	25.449,73 €
15	7.879	3.538,38 €	8.449	1.361,50 €	2.176,88 €	27.626,61 €
16	7.879	3.626,84 €	8.491	1.395,54 €	2.231,30 €	29.857,92 €
17	7.879	3.717,51 €	8.534	1.430,42 €	2.287,09 €	32.145,00 €
18	7.879	3.810,45 €	8.576	1.466,19 €	2.344,26 €	34.489,27 €
19	7.879	3.905,71 €	8.619	1.502,84 €	2.402,87 €	36.892,14 €
20	7.879	4.003,35 €	8.662	1.540,41 €	2.462,94 €	39.355,08 €
21	7.879	4.103,44 €	8.705	1.578,92 €	2.524,52 €	41.879,59 €
22	7.879	4.206,02 €	8.749	1.618,39 €	2.587,63 €	44.467,22 €
23	7.879	4.311,17 €	8.793	1.658,85 €	2.652,32 €	47.119,54 €
24	7.879	4.418,95 €	8.837	1.700,33 €	2.718,63 €	49.838,17 €
25	7.879	4.529,43 €	8.881	1.742,83 €	2.786,59 €	52.624,76 €

Tabla 13: Comparativa actual y futura del precio de la energía

4. ANÁLISIS FINANCIERO

Para concluir con el estudio, se calcula el VAN y TIR de la inversión realizada. El Valor Actual Neto (VAN) es una medida financiera que se utiliza en la evaluación de proyectos de inversión. Representa la diferencia entre el valor presente de los flujos de efectivo entrantes y salientes de un proyecto a lo largo de su vida útil. En términos sencillos, el VAN calcula el valor presente de los beneficios netos de un proyecto, descontando los flujos de efectivo futuros a una tasa de descuento específica. Un VAN positivo indica que el proyecto podría ser financieramente viable.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es otra métrica utilizada en la evaluación de proyectos de inversión. Representa la tasa de rendimiento que hace que el valor presente neto de los flujos de efectivo de un proyecto sea igual a cero. En otras palabras, es la tasa de descuento que hace que la inversión sea ni ganadora ni perdedora. Si la TIR es mayor que la tasa de descuento requerida, el proyecto se considera rentable. Si es menor, el proyecto podría no ser una inversión atractiva. La TIR se expresa como un porcentaje. Para simplificar, la TIR es el tipo de interés que hace que el VAN sea nulo.

Ambas medidas, el VAN y la TIR, son herramientas clave en la toma de decisiones de inversión y ayudan a los analistas y gestores a evaluar la rentabilidad y viabilidad financiera de un proyecto.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Ecuación 19: VAN

Siendo:

- VAN → Valor actual neto
- n → Número de periodos considerado
- V_t → Flujos de caja en cada periodo de tiempo
- k → Tipo de interés

- $I_0 \rightarrow$ Desembolso inicial

$$TIR = VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 = 0$$

Ecuación 20: TIR

A priori, asumimos una inversión de 1,25€/Wp que hace que se tenga una inversión inicial de 6806,25€ (IVA 21% inc.) y un tipo de interés del 0,1%. La implementación de estas fórmulas en Excel simplifica los cálculos, obteniéndose un VAN de 9.291,50 € y una TIR del 25%, valores que hacen que la inversión resulte rentable, de hecho, con una rentabilidad bastante alta, debido que el precio de la energía eléctrica actualmente es elevado y se prevé que siga subiendo a lo largo de los años de estudio y, aunque el precio de la energía disminuya, los valores obtenidos seguirán siendo oportunos para que la inversión salga rentable.

5. POSIBLES MEJORAS

Puesto que se ha considerado un consumo constante a lo largo del día, se puede ver que en casi todos los días hay energía que no se llega a autoconsumir directamente y que es volcada a red. Esto se podría solucionar agrupando nuestro consumo en las horas de la generación de la fotovoltaica incluso cuando no nos encontremos en la vivienda puesto que se pueden programar los electrodomésticos para que arranquen a las horas que queremos ya sea mediante el propio electrodoméstico o mediante la implementación de un enchufe inteligente

También cabe la posibilidad de implementar un sistema de almacenamiento para que nos proporcione la energía necesaria cuando la instalación fotovoltaica no sea capaz de proporcionarla ya sea porque el consumo sea mayor que la generación durante el día o porque nos encontremos por la noche. Sin embargo, este tipo de

instalación lleva un coste adicional que se debería de contemplar en el estudio de rentabilidad.

Como solución se propone un batería virtual ya que numerosas comercializadoras la ofrecen sin ningún tipo de coste pudiendo almacenar los excedentes de forma económica y que serán devueltos en la factura. En algunas ocasiones, cuando se generan numerosos excedentes se puede llegar a llamada factura 0, es decir no tener que pagar ni siquiera por el término fijo de la potencia ya que también se descuenta. Por estos motivos se ha elegido esta opción para la realización del estudio.

ANEXO 4: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA UNIFILIAR Y PUNTO DE RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO

En este anexo se evalúa la instalación eléctrica de la vivienda desde la previsión de las cargas hasta llegar a la protección necesaria para cada circuito y la puesta a tierra de la instalación.

1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

En este apartado se realiza la conexión de la vivienda con la red de distribución, así como de los distintos circuitos que se tengan que llevar a cabo dentro de la misma.

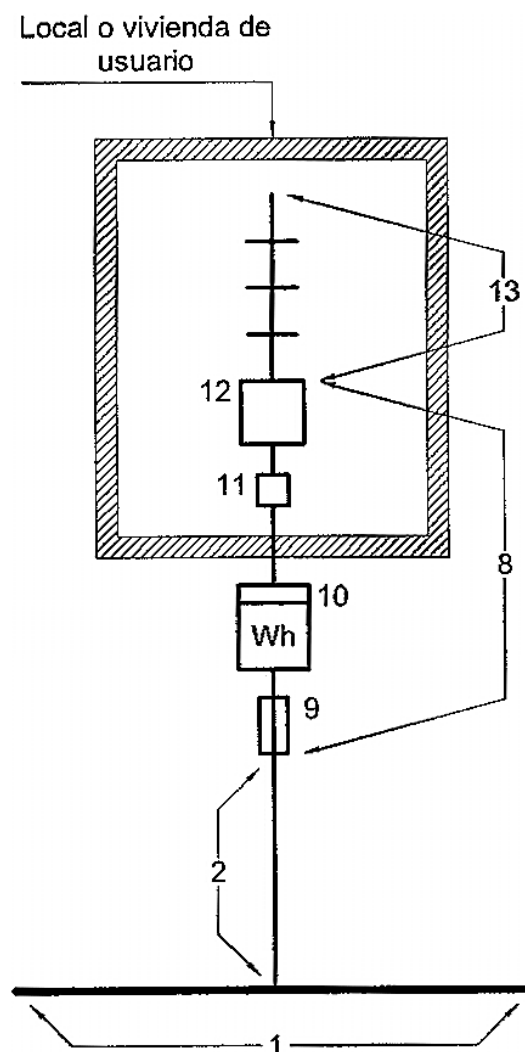


Ilustración 12: Esquema para un solo usuario. Reglamento electrotécnico de baja tensión

Siendo cada número:

1.- Red de distribución: Encargada de distribuir la energía desde los centros de transformación hasta los usuarios finales, pudiendo ser industrias, empresas o particulares.

2.- Acometida: Une la red de distribución con la instalación eléctrica del cliente. Termina justo en la caja de protección y medida donde se encuentran los fusibles de protección (9) y el contendor (10).

8.- Derivación individual: Conecta la caja de protección y medida con el cuadro de protección de la instalación. En ella se encuentra el interruptor de control de potencia (11) y los dispositivos generales de mando y protección (12)

13.- Instalación interior: En ella se encuentran todos los puntos de conexión y los circuitos que los alimentan.

1.1 CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA

Se rige por la ITC-BT-13, en ella se indica que el emplazamiento debe ser sobre la fachada exterior en un lugar de libre y permanente acceso. En el caso que nos encontramos la acometida es subterránea por lo que se debe colocar en un nicho en la pared con un grado de protección de IK 10 según lo indicado en la norma UNE-EN 50.102. Además, deben de cumplir con la norma UNE-EN 60.439-1 por lo que deben de tener un grado de inflamabilidad.

Su instalación se debe hacer a una altura entre 0,7-1,8 m. Así mismo debe de cumplir con la normativa de la compañía distribuidora

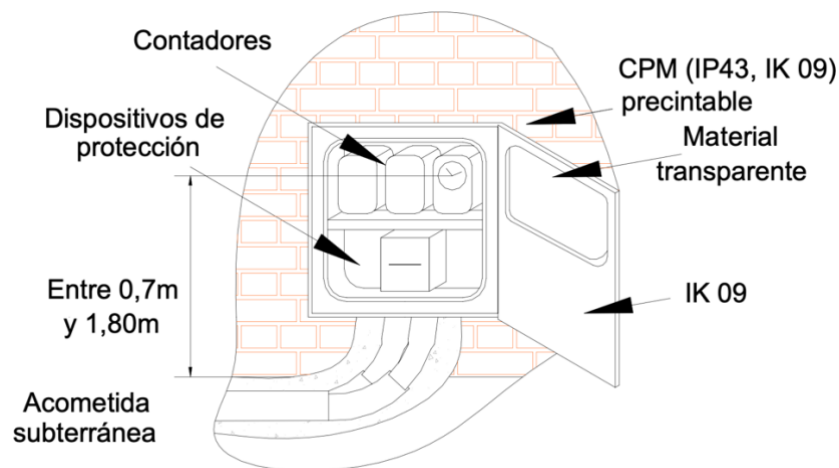


Ilustración 13: Ejemplo de CGP con acometida subterránea. Reglamento electrotécnico de baja tensión

1.2. DISPOSITIVO DE MANDO Y PROTECCION, INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA

Según indica la norma ITC-BT-17 se deben colocar lo más cerca de la entrada de la derivación individual en la vivienda. Los dispositivos individuales de mando y protección se consideran le inicio de la instalación interior y se pueden instalar en otros cuadros y lugares. Se deben colocar a una altura de 1,4-2 m desde el nivel del suelo. Los dispositivos generales e individuales de mando y protección deben de colocarse de manera vertical.

La envolvente del cuadro se debe ajustar a lo dispuesto en la norma UNE 20.451 y UNE-EN 60.439-3 con un grado mínimo de protección de IP 30 e IK07 según las normas UNE 20.324 y UNE-EN 50.102 respectivamente. La envolvente del interruptor de control de potencia debe ir precintada y sus dimensiones dependen del tipo de suministro y tarifa a aplicar.

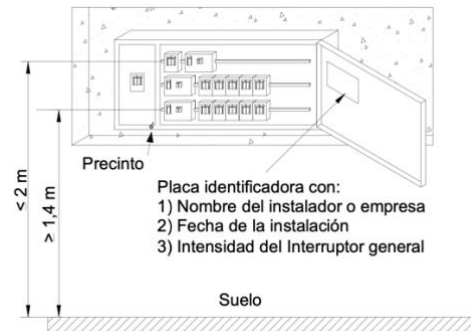


Ilustración 14: Ejemplo de cuadro general de mando y protección. Reglamento electrotécnico de baja tensión.

Se deben instalar como mínimo los siguientes dispositivos:

- Interruptor general automático que permita el seccionamiento manual dotado de protección contra sobrecarga y cortocircuitos.
- Interruptor general diferencial destinado a la protección de contactos indirectos de todos los circuitos.
- Dispositivos de corte omnipolar de protección contra sobrecargas de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda.

Más adelante se indican las distintas protecciones que componen el circuito de la vivienda.

2. PREVISIÓN DE CARGAS

Por simplicidad, se hace la previsión según los distintos circuitos que habrá en la vivienda, al mismo tiempo que se ven las características de los mismos.

- **C1 Iluminación:** El circuito se compone de los puntos de iluminación ubicados en el techo entre la primera y segunda planta. En total hay 30 puntos. La sección del conductor es de $1,5 \text{ mm}^2$ y la del tubo de 16 mm^2 .
- **C2 Tomas de uso general:** El circuito contiene 20 tomas situadas en la planta baja de la vivienda. Aunque el número máximo sea de 20, no se tiene

previsto que estén todas en funcionamiento y no habrá una sobrecarga. La sección del conductor es de 2,5 mm² y la del tubo 20 mm².

- **C3 Cocina y horno:** Circuito destinado a la vitrocerámica y al horno con una sección de 6 mm² de conductor y de 25 mm² de tubo.
- **C4 Lavadora, lavavajillas y termoeléctrico:** Tiene una sección de 4 mm² de conductor y de 20 mm² de tubo.
- **C5 Cuarto de baño y cocina:** Destinados a zonas húmedas y posibles salpicaduras de agua. Al igual que las tomas de uso general tiene una sección del conductor es de 2,5 mm² y la del tubo 20 mm².
- **C6 Desdoblamiento de C1:** En este circuito se instalarán las luminarias de la cochera y los puntos de luz situados en las paredes. La sección del conductor es de 1,5 mm² y la del tubo de 16 mm².
- **C7 Desdoblamiento de C2:** En este circuito se encuentran las tomas de uso general de la primera planta y del altillo. Tiene una sección del conductor es de 2,5 mm² y la del tubo 20 mm².
- **C8 Puerta cochera:** Aunque en el reglamento propone este circuito para la calefacción, se usará para accionar el motor de la puerta de la cochera. La sección del conductor es de 2,5 mm² y el tubo de 20 mm².
- **C9 Aire acondicionado:** La sección es de 6 mm² y el tubo de 25 mm². Se deja la preinstalación para el futuro.
- **C10 Secadora:** Circuito destinado únicamente a la secadora. Su sección de conductor es de 2,5 mm² y la del tubo de 20 mm².
- **C13 Vehículo eléctrico:** Circuito únicamente destinado a la recarga del vehículo eléctrico. La sección adoptada es 6 mm² y el tubo de 25 mm². Más adelante se detalla mejor la configuración de este circuito.

A continuación, se muestran las potencias previstas para cada circuito, así como los distintos factores de utilización y simultaneidad para optimizar las secciones de los circuitos y de la derivación individual.

	TIPO	POTENCIA	FACTOR DE SIMULTANEIDAD	FACTOR DE UTILIZACIÓN	TOTAL (W)
C1	PUNTO DE LUZ (TECHO)	300	0,75	0,5	112,5
C2	TOMAS DE USO GENERAL (PB)	3500	0,2	0,25	175
C3	COCINA Y HORNO	5500	0,5	0,8	2200
C4	LAVADORA, LAVAVAJILLAS Y TERMO ELÉCTRICO	4000	0,5	0,6	1200
C5	BAÑO, COCINA	4000	0,3	0,5	600
C6	DESDOBLAMIENTO DE C1	48			
		170			
		218	0,75	0,5	81,75
C7	TOMAS DE USO GENERAL (1ºP Y ALTILLO)	3500	0,2	0,25	175
C8	PUERTA COCHERA	300	0,1	0,1	3
C9	AIRE ACONDICIONADO	2400	0,2	0,2	96
C10	SECADORA INDEPENDIENTE	3000	1	0,75	2250
C13	VEHICULO ELECTRICO	7400	0,85	0,75	4717,5

Tabla 14: Previsión de potencias y factores de uso y utilización por circuito

$$P_{FINAL} = P_{INCIAL} \cdot FACTOR_{SIMULTANEIDAD} \cdot FACTOR_{UTILIZACIÓN}$$

Ecuación 21: Potencia final de cada circuito

Si sumamos todas las potencias de la última columna obtenemos la potencia para poder calcular la sección de la derivación de la derivación individual de la vivienda, la potencia que tenemos 11610,75 W por lo que suponiendo un factor de potencia de 0,9 logramos una intensidad 56,1 A. Esta previsión de cargas lleva a una electrificación elevada de la vivienda con todo lo que conlleva, aunque por el simple hecho de tener aire acondicionado, puntos de alumbrado superior a 30 y más de 20 tomas de uso general.

La intensidad mencionada anteriormente lleva a una sección de 6 mm², aunque con el cálculo de la caída de tensión se aumenta hasta una sección de 16 mm² debido a que con la sección de 6 mm no cumplimos la caída de tensión normalizada de 1,5% según indica la ITC-BT-15, lo que permite la ampliación de la instalación en un futuro en el caso de que no se hayan contemplado en esta memoria.

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{58 \cdot V \cdot e} \rightarrow \frac{2 \cdot 11610,75 \cdot 10}{58 \cdot 230 \cdot 1,5} = 11,6 \text{ mm}^2$$

Ecuación 22: Sección en función de la caída de tensión

3. PROTECCIONES DE LOS CIRCUITOS

En la normativa ITC-BT-22 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y en la Guía BT-22, se establecen las directrices para la protección contra sobrecorrientes. En el capítulo 7, sección 7 de este manual, se proporcionan las instrucciones detalladas para el cálculo de los dispositivos de protección. A continuación, se presenta un resumen de la instrucción ITC-BT-22 y de la guía correspondiente.

Cada circuito debe contar con protección contra las posibles sobrecorrientes que puedan surgir en el mismo. Esta protección se logra mediante la desconexión del circuito en un tiempo adecuado o dimensionando los dispositivos de protección para las sobrecorrientes previsibles. Las sobrecorrientes pueden originarse por diversas razones, como sobrecargas causadas por los dispositivos de consumo o defectos de aislamiento de alta impedancia, cortocircuitos o descargas eléctricas atmosféricas.

Protección contra sobrecargas: El dispositivo de protección utilizado debe garantizar que la corriente admisible en un conductor no se exceda en ningún caso. Este dispositivo puede ser un interruptor automático unipolar con una curva de disparo térmico o un fusible calibrado con características de funcionamiento apropiadas.

Protección contra cortocircuitos: En el punto de conexión inicial de cada circuito se instalará un dispositivo de protección contra cortocircuitos con capacidad de corte adecuada para la corriente de cortocircuito que pueda presentarse en ese punto. Sin embargo, se permite que, en circuitos derivados de un circuito principal, cada circuito derivado cuente con protección contra sobrecorrientes, siempre y cuando un solo

dispositivo general proporcione protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados. Los dispositivos de protección contra cortocircuitos pueden ser fusibles calibrados con características de funcionamiento adecuadas o interruptores automáticos con un sistema de desconexión en todos los polos.

Se recomienda proteger todos los circuitos secundarios contra cortocircuitos para asegurar la continuidad del suministro en aquellos circuitos no afectados por la falla. Esto requiere una coordinación y selectividad adecuada de las protecciones.

En instalaciones domésticas, se utilizan exclusivamente interruptores automáticos para la protección contra sobrecargas. En instalaciones similares a las domésticas, incluyendo lugares de uso público, y en situaciones donde no se aconseje una desconexión prolongada del suministro eléctrico por razones de seguridad, se recomienda el uso de interruptores automáticos en lugar de fusibles para garantizar una restauración rápida del suministro eléctrico.

En instalaciones industriales, la protección contra sobrecargas se puede lograr mediante relés térmicos u otros dispositivos equivalentes junto con interruptores automáticos, aunque la protección proporcionada por los interruptores automáticos con relé térmico es más eficiente que la de los fusibles.

De acuerdo con la ITC-BT 17, apartado 1.3, el interruptor automático principal debe tener una capacidad de corte mínima de 4500 A.

Por motivos de seguridad, es posible omitir la protección contra sobrecargas en circuitos en los que una desconexión no planificada pueda representar un peligro, como en servicios de extinción de incendios o seguridad.

4. CÁLCULO JUSTIFICATIVO

4.1 CIRCUITO 1: ILUMINACION (PUNTOS DE LUZ TECHO)

Potencia (W)	112,5
Tensión (V)	230
Intensidad (A)	0,54
Sección (mm ²)	1,5
Longitud (m)	50
Caída de tensión admisible (%)	3
Caída de tensión (%)	0,56
Interruptor automático (A)	10

4.2. CIRCUITO 2: TOMAS DE USO GENERAL (PRIMERA PLANTA Y COCHERA)

Potencia (W)	175
Tensión (V)	230
Intensidad (A)	0,85
Sección (mm ²)	2,5
Longitud (m)	40
Caída de tensión admisible (%)	3
Caída de tensión (%)	0,42
Interruptor automático (A)	16

4.3 CIRCUITO 3: COCINA Y HORNO

Potencia (W)	2200
Tensión (V)	230
Intensidad (A)	10,63
Sección (mm ²)	6
Longitud (m)	25
Caída de tensión admisible (%)	3
Caída de tensión (%)	1,37
Interruptor automático (A)	25

4.4 CIRCUITO 4: LAVADORA, LAVAVAJILLAS Y TERMO ELÉCTRICO

Potencia (W)	1200
Tensión (V)	230
Intensidad (A)	5,80
Sección (mm ²)	4
Longitud (m)	50
Caída de tensión admisible (%)	3
Caída de tensión (%)	2,25
Interruptor automático (A)	20

4.5 CIRCUITO 5: BAÑO Y CUARTO DE COCINA

Potencia (W)	600
Tensión (V)	230
Intensidad (A)	2,90
Sección (mm ²)	2,5
Longitud (m)	50
Caída de tensión admisible (%)	3
Caída de tensión (%)	1,80
Interruptor automático (A)	16

4.6. CIRCUITO 6: DESDOBLAMIENTO C1

Potencia (W)	81,75
Tensión (V)	230
Intensidad (A)	0,39
Sección (mm ²)	1,5
Longitud (m)	70
Caída de tensión admisible (%)	3
Caída de tensión (%)	0,57
Interruptor automático (A)	10

4.7. CIRCUITO 7: DESDOBLAMIENTO C2

Potencia (W)	175
Tensión (V)	230
Intensidad (A)	0,85
Sección (mm ²)	2,5
Longitud (m)	70
Caída de tensión admisible (%)	3
Caída de tensión (%)	0,73
Interruptor automático (A)	16

4.8. CIRCUITO 8: PUERTA GARAJE

Potencia (W)	3
Tensión (V)	230
Intensidad (A)	0,01
Sección (mm ²)	2,5
Longitud (m)	10
Caída de tensión admisible (%)	3
Caída de tensión (%)	0,00
Interruptor automático (A)	16

4.9 CIRCUITO 9: AIRE ACONDICIONADO

Potencia (W)	96
Tensión (V)	230
Intensidad (A)	0,46
Sección (mm ²)	6
Longitud (m)	35
Caída de tensión admisible (%)	3
Caída de tensión (%)	0,08
Interruptor automático (A)	25

4.10 CIRCUITO 10: SECADORA

Potencia (W)	2250
Tensión (V)	230
Intensidad (A)	10,87
Sección (mm ²)	2,5
Longitud (m)	25
Caída de tensión admisible (%)	5
Caída de tensión (%)	3,37
Interruptor automático (A)	16

4.11 CIRCUITO 13: VEHÍCULO ELÉCTRICO

Potencia (W)	4717,5
Tensión (V)	230
Intensidad (A)	22,79
Sección (mm ²)	6
Longitud (m)	10
Caída de tensión admisible (%)	3
Caída de tensión (%)	1,18
Interruptor automático (A)	32

La sección de este circuito viene definida por la sección recomendada por el fabricante para estaciones de carga de 32 A, dicha hoja de características se adjunta en el anexo correspondiente.

Como se puede comprobar todas las secciones cumplen con la normativa vigente incluyendo la caída tensión, aunque es cierto que según indica la norma, el único circuito que debe cumplir con una caída de tensión del 3% es el de iluminación y todos los demás admiten hasta un 5%. Se ha considerado que todos los circuitos tengan un 3% para una mejor calidad del servicio, a excepción del circuito de la secadora que se ha incrementado hasta el 5% para no tener que ampliar la sección del circuito encareciendo así la instalación, límite el cual sigue cumpliendo la normativa por lo que no habría ningún problema.

Para el circuito de la estación de recarga del vehículo eléctrico, se cuenta con un magnetotérmico 2 x 32 A que protege al equipo y la línea de alimentación. Los elementos que se instalaran son ABB Terra AC que cuentan con diferenciales rearmables del tipo A, sobrecargas, sobretensiones y subtensiones para dicha toma de 7400 W 32 A. Este equipo está limitado a un control de balanceo que en función de su uso no supere la potencia prevista para su instalación ni la anterior descrita.

5. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Tienen como objeto limitar la tensión con respecto a tierra que puedan presentar las partes metálicas, asegurando la actuación de las protecciones y eliminar el riesgo que supone la avería de los materiales eléctricos.

Es una conexión directa a tierra de una parte del circuito o alguna parte conductora sin necesidad de protección ni fusibles mediante un electrodo enterrado en el suelo.

Se suelen usar los siguientes electrodos para la puesta a tierra

- Barras, tubos
- Pletinas, conductores desnudos
- Placas
- Anillos o malla metálica
- Armaduras de hormigón enterradas

A la hora de la instalación se debe estudiar cual es la profundidad mínima necesaria para poder difundir la intensidad de falta que nunca debe ser inferior a 0,5m y de 0,8m si en la zona hay previsión de heladas. Cabe destacar que bajo ningún concepto se deben usar las canalizaciones de agua como tomas de tierra ya que en el supuesto caso de que ocurriese una falta, al abrir el grifo se cierra el circuito y puedes sufrir una electrocución.

En el caso que presenta este estudio, el terreno presenta una resistividad de 275 $\Omega \cdot m$ y el electrodo a usar son picas de longitud de 2m. Por tanto, la fórmula para calcular la resistencia

$$R = \frac{\rho}{L} \rightarrow \frac{275}{2} = 137,7 \Omega$$

Ecuación 23: Resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno.

6. VEHÍCULO ELÉCTRICO

6.1 ANTECEDENTES

El vehículo eléctrico está ganando gradualmente terreno en el mercado y se está convirtiendo en una opción de movilidad sostenible cada vez más viable. Las regulaciones urbanas están volviéndose más restrictivas en cuanto al uso de vehículos privados en el centro de las ciudades debido a los problemas de contaminación y sus efectos negativos en la salud de la población.

La autonomía ha sido una preocupación importante para las personas a la hora de considerar la transición a un vehículo eléctrico, ya que los vehículos convencionales suelen ofrecer una mayor autonomía y tiempos de repostaje más rápidos en comparación con los tiempos de recarga eléctrica. Sin embargo, la cuestión de la autonomía se está reduciendo progresivamente gracias al avance tecnológico, que permite aumentar la autonomía y reducir los tiempos de recarga.

La mayoría de los desplazamientos en vehículos particulares implican trayectos de corta distancia, como ir al trabajo, hacer compras o recoger a los niños de actividades extracurriculares. Actualmente, los vehículos eléctricos tienen una autonomía promedio de alrededor de 400 a 500 kilómetros en condiciones de prueba, que en la práctica puede reducirse a unos 300 kilómetros. Esta autonomía sigue siendo más que suficiente para la mayoría de los desplazamientos diarios de la población.

Aunque el precio de los vehículos eléctricos sigue siendo elevado en comparación con los vehículos convencionales, los fabricantes están lanzando modelos cada vez más competitivos, lo que está aumentando las ventas y atrayendo a un número creciente de usuarios hacia esta opción de movilidad.

Otro punto relevante a considerar es la capacidad del sistema eléctrico de potencia en España para adaptarse a la transición hacia los vehículos eléctricos. Según lo indicado por Red Eléctrica de España, están plenamente preparados para esta transición y están dispuestos a modificar o mejorar sus redes eléctricas para facilitar la adopción de los vehículos eléctricos. Los sistemas eléctricos de potencia suelen ser sistemas altamente complejos, pero también inteligentes, que pueden gestionarse de manera eficiente, como se conocen comúnmente bajo el término "smart grids" o redes inteligentes.

El concepto de utilizar automóviles eléctricos como una fuente de energía para alimentar las viviendas está ganando tracción en la actualidad. Esta innovadora idea se basa en la capacidad de los vehículos eléctricos para almacenar energía en sus baterías y luego compartirla con el hogar cuando sea necesario. En lugar de simplemente cargar el automóvil, esta tecnología permite que el vehículo funcione como una especie de "batería móvil" que puede respaldar la red eléctrica de la casa.

Este enfoque tiene el potencial de proporcionar una solución eficiente para gestionar la demanda de energía en los hogares y contribuir a la estabilidad de la red eléctrica. Cuando los automóviles eléctricos están estacionados y no están en uso, pueden estar conectados al hogar para transferir energía de ida y vuelta, ayudando a equilibrar la carga eléctrica y reducir los costos de energía.

Además de reducir los costos de electricidad, esta tecnología puede aumentar la resiliencia del suministro eléctrico en caso de cortes de energía, al permitir que el automóvil proporcione energía de respaldo a la vivienda. También tiene el potencial de integrarse con fuentes de energía renovable, como paneles solares, para maximizar el uso de energía limpia y reducir la huella de carbono.

Si bien esta idea se encuentra en sus primeras etapas de desarrollo, su viabilidad y efectividad están siendo investigadas y probadas en diversas regiones. Con avances tecnológicos continuos y un enfoque en la sostenibilidad energética, es posible que en el futuro los automóviles eléctricos desempeñen un papel importante en la alimentación de nuestros hogares.

6.2 MÉTODOS DE CARGA

6.2.1 CONVECCIONAL

Este tipo de recarga utiliza un enchufe convencional de la vivienda. Carga a 16 A y 230 V. Como un circuito más de la vivienda estará en torno a los 3700 W de potencia.

El tiempo aproximado de carga suele ser de 8 horas para el 100% de la batería. Se utiliza para realizar las cargas nocturnas en la vivienda particular o garaje comunitario aprovechando el periodo valle de la tarifa eléctrica.

6.2.2 SEMI-RÁPIDA

La carga es de 32 A y 230 V, lo que supone una potencia de 7300 W aproximadamente.

El tiempo de carga se reduce a 4 horas para cargar por completo la batería. Es también otra opción para la recarga nocturna en la vivienda particular o el garaje comunitario. Opción que se va a instalar.

6.2.3 RÁPIDA

Al ser la más rápida es la de mayor intensidad. La energía puede ser aproximadamente de uno 50 kW.

Este tipo de puntos de recarga son los usados en las electro lineras, están diseñados para extender la autonomía y para cargas puntuales de conveniencia.

6.3 COMPARATIVA FRENTE AL DE COMBUSTION CONVENCIONAL

Las grandes ventajas frente al motor de combustión son:

- **CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA:** En su operación, no utiliza combustibles fósiles, evitando así la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.
- **CONTAMINACIÓN ACÚSTICA:** Se caracteriza por ser extremadamente silencioso.
- **EFICIENCIA:** Logra una eficiencia cercana al 90%, marcando una notable diferencia en comparación con los motores de combustión interna. Estos últimos, debido a sus características termodinámicas, presentan una eficacia del 40% en motores diésel, siendo aún inferior en motores de gasolina.
- **FABRICACIÓN Y PRECIO:** Su diseño más simple, sin bujías, carburador, sistema de refrigeración, cambios de marcha, bombas de presión o embrague, facilita su fabricación y reduce su costo.
- **MANTENIMIENTO:** La menor cantidad de componentes se traduce en un costo de mantenimiento más bajo.
- **DURABILIDAD:** Su simplicidad, robustez, baja vibración y funcionamiento que no requiere altas temperaturas contribuyen significativamente a una mayor durabilidad.
- **ESPACIO EN EL VEHÍCULO:** La reducción de elementos innecesarios proporciona un mayor espacio útil en el vehículo.

- **ARRANQUE DE CERO A LA VELOCIDAD MÁXIMA:** Capaz de desarrollar un par máximo desde el arranque, sin necesidad de alcanzar revoluciones elevadas.
- **SIN CAMBIO DE MARCHAS:** Requiere únicamente un mecanismo para distinguir entre avance y retroceso, simplificando su funcionamiento.
- **FRENO REGENERATIVO:** Funciona como motor y generador eléctrico simultáneamente, recuperando energía durante la frenada y recargando las baterías.
- **ALMACÉN DE ENERGÍA:** En esta área, es necesario continuar investigando, ya que podría permitir la devolución de electricidad a la red eléctrica. Pudiendo aprovecharse de esta situación nuestra vivienda de estudio ya que se podría aprovechar en algún momento la energía almacenada en la batería del vehículo para satisfacer la demanda de energía de la vivienda.

Sin embargo, también presenta algunos inconvenientes

- **AUTONOMÍA LIMITADA**
- **TIEMPOS DE RECARGA ELEVADOS Y DIFICULTAD DE ENCONTRAR ESTACIONES DE RECARGA**
- **DURACIÓN DE LAS BATERÍAS:** Aunque en los últimos años se han mejorado considerablemente

ANEXO 5: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. OBJETO DEL ESTUDIO

Este Estudio de Seguridad y Salud establece las condiciones relativas a la prevención de accidentes laborales y enfermedades profesionales durante la ejecución de los trabajos que abarca el proyecto, así como los derivados de las actividades de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento, y las características de las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar para los trabajadores.

Tiene por finalidad dar unas directrices básicas a las empresas contratistas para cumplir sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos laborales.

En este estudio se concreta y desarrolla las medidas de seguridad correspondientes a la ejecución de la obra para el montaje de la instalación Solar Fotovoltaica que presentará para su aprobación al Coordinador de Seguridad y Salud antes del comienzo de los trabajos o en caso de que no intervenga más de una empresa, será la dirección facultativa la encargada de tramitar la aprobación del Estudio de Seguridad y Salud.

El Estudio de Seguridad y Salud se redacta considerando los riesgos que a priori pueden surgir en el transcurso de esta obra. Esto no quiere decir que no aparezcan otros riesgos no previstos, los cuales deberán ser estudiados y evaluados para posteriormente ampliar dicho Estudio y sus medidas preventivas mediante anexos durante el transcurso de la obra. Esto se realizará en el momento en que se detecten los riesgos no previstos, tras un accidente o a instancias del coordinador de seguridad y salud.

2. OBLIGACIONES DE LA EMPRESA SUBCONTRATADA

Las obligaciones que deben cumplir las empresas subcontratadas, en materia de seguridad y salud son las siguientes:

Antes del comienzo de los trabajos, cada empresa subcontratista entregará una carta a la empresa contratista mediante la cual, manifiestan conocer el estudio de seguridad y salud y se comprometen a cumplirlo, nombrando para ello a un responsable de la empresa encargado de vigilar el cumplimiento de las medidas preventivas establecidas.

Cada empresa subcontratista antes del comienzo de los trabajos comunicará el nombramiento de un responsable en la obra de vigilar el cumplimiento por parte de sus trabajadores de las medidas preventivas establecidas en el estudio.

Las empresas subcontratistas acreditarán la formación e información de todos sus trabajadores, en materia de seguridad y salud, de acuerdo con los trabajos que ejecute cada uno de ellos.

3. FORMACIÓN

Será obligatoria la formación en materia de Seguridad y Salud de todo el personal que tome parte en los trabajos. Dicha formación será específica para la obra que se va a ejecutar y consistirá en una explicación de los riesgos a los que se encuentran expuestos, los métodos de trabajo más seguros que deben aplicarse y las protecciones colectivas e individuales de que disponen y que serán de uso obligatorio.

Se explicará también a los trabajadores qué deben hacer en el caso de que suceda un accidente laboral. La formación habrá de demostrarse ante el coordinador de seguridad y salud y en caso de que no sea obligatoria su designación, ante la dirección facultativa.

4. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

Se dispondrá de un botiquín en cada uno de los coches de los trabajadores que se desplacen a la obra, conteniendo el material sanitario especificado a continuación:

- Un frasco de agua oxigenada
- Un frasco de alcohol 96°
- Un frasco de yodo
- Un frasco de mercurocromo
- Un frasco de amoníaco
- Un paquete de gasas esterilizadas
- Un paquete de algodón hidrófilo
- Un rollo de esparadrapo
- Un paquete de tiritas
- Un torniquete
- Una bolsa para agua o hielo
- Guantes esterilizados
- Un termómetro clínico
- Antiespasmódicos
- Analgésicos
- Tónicos cardíacos de urgencia
- Jeringuillas desechables
- Unas tijeras
- Suero estéril



Ilustración 15: Botiquín

Se colocarán en lugares visibles listas con los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc. para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los centros de asistencia.

- Servicio de urgencia (112)
- Ambulancia
- Ayuntamiento
- Policía Local
- Bomberos
- Guardia Civil
- Centro de Salud Emergencias
- Cruz Roja
- Protección Civil

5. PREVENCIÓN A TERCERAS PERSONAS

Se señalizará, de acuerdo con la normativa vigente, tomándose las adecuadas medidas de seguridad que cada caso requiera.

Se señalizarán los viales afectados por la descarga o izado de materiales a las cubiertas.

6. MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LAS UNIDADES DE OBRA

6.1 TRABAJOS DE ALTURA

La mayor parte de los trabajos objeto de este estudio se realizan en cubiertas no transitables, aunque suelen ser cubiertas planas de hormigón, no disponen de la línea de vida necesaria que estipula la legislación vigente para trabajos en altura.

Los trabajos que se llevarán a cabo será la colocación de módulos, así como estructuras y cableado.

6.1.1 Riesgos más frecuentes

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de objetos por manipulación.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes o cortes por manejo de herramientas manuales.
- Hundimiento de la superficie de apoyo (fibrocemento, fibra de vidrio y P.V.C.)

6.1.2 Normas básicas de seguridad y protecciones colectivas

El personal encargado de los trabajos en cubierta, antes de proceder a trabajar, deben realizar una inspección de la cubierta y asegurarse que está en perfectas condiciones para trabajar sobre ella.

Debemos asegurarnos que no existe ninguna línea eléctrica próxima a la cubierta.

Si existe alguna línea eléctrica, debemos:

- Averiguar de quien es propiedad la línea.
- Saber si está en tensión o no.
- Si tiene tensión solicitar el corte para efectuar los trabajos.
- Avisar a los afectados

Si no tiene tensión, informar que se están efectuando unos trabajos y la duración será del tiempo que consideremos.

En casos de necesidad se tenderán cables de acero anclados a puntos fuertes ubicados en los petos de cerramiento, en donde puedan los trabajadores anclar el fiador del arnés de seguridad.

No se realizarán trabajos en cubierta cuando soplen vientos superiores a los 60 km/h, o en caso de heladas, lluvia o nieve puesto que las condiciones climatológicas adversas aumentan el riesgo de sufrir accidentes.

La herramienta manual utilizada estará dentro de cestos o contenedores, dispuestos para tal fin y cada vez que se utilice se retornará a su sitio, cuidando su limpieza.

El lugar de trabajo se mantendrá en un correcto estado de orden y limpieza y libre de posibles obstáculos causantes de caídas al mismo nivel.

Dependiendo del volumen de escombros que se genere se instalarán trompas o contenedores pequeños para recoger la basura generada. De cualquier modo, no se puede tirar el escombros por fachadas ni patios de luces.

6.1.3 Equipos de protección individual

- Casco de seguridad con barbuquejo
- Calzado de seguridad
- Ropa de trabajo
- Guantes de seguridad
- Chaleco reflectante.
- Arnés de seguridad en los casos en los que las protecciones colectivas sean insuficientes o no resulten posibles, pues no se debe olvidar que la ley da primacía a las protecciones colectivas que a las individuales.
- Chaleco reflectante.



Ilustración 12: [Equipos de protección individual](#)

Respecto al arnés de seguridad, en los casos en los que fuera preciso su uso, se atenderá a las siguientes premisas y consideraciones de carácter general:

- Utilizaremos equipos homologados con marcado CE, y seguiremos siempre las instrucciones de uso y mantenimiento del fabricante.
- En presencia de líneas de vida nos engancharemos a ella mediante el gancho portador del arnés.
- Nunca nos engancharemos a una línea de vida, que no haya sido instalada por un especialista y que la haya certificado y haya utilizado los materiales homologados

- Nuestro arnés de seguridad deberá estar en condiciones óptimas, nunca en mal estado.
- En caso de duda, se sustituirá
- Prohibido utilizar los cinturones de sujeción de cintura por el riesgo inherente de lesiones graves en la espalda y la columna vertical.
- Se utilizará el arnés anticaída, que sea confortable, regulable y con punto de enganche dorsal que será el encargado de distribuir uniformemente las cargas sobre las distintas zonas del cuerpo.
- Tendrá que tener de forma imprescindible elemento de amarre anticaídas con su correspondiente gancho de anclaje.



Ilustración 13: [Arnés](#).

- El arnés dispondrá de cierre automático en pecho y piernas.
- Trabajando con plataformas de elevación tipo tijera o articulada, sujetaremos la plataforma o el arnés a un punto fijo.

6.2 ELECTRICIDAD

6.2.1 Riesgos más comunes

- Contactos eléctricos, directos e indirectos.
- Proyección de partículas
- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel.

6.2.2 Normas básicas de seguridad y protecciones colectivas

- Para la realización de estos trabajos es necesaria la autorización específica correspondiente.
- Los trabajadores contarán en todo momento con una linterna.
- Conocerán los riesgos a los que se encuentran expuestos y utilizarán equipos de protección individual necesarios.
- No se realizarán estos trabajos en presencia de aparato eléctrico.
- Las inspecciones y pruebas deben realizarse con los órganos móviles correctamente protegidos.
- Si es necesario realizar modificaciones en la instalación, se cortará la corriente, comprobando que no existe energía y posteriormente se procederá a la reparación.
- Se bloquearán todos los aparatos de corte que alimenten el circuito en posición abierto.
- Señalizar los aparatos de corte con un letrero que indique “PELIGRO NO CONECTAR, APARATOS EN RED” indicando fecha, hora y persona autorizada para cerrar el circuito.
- Comprobar la ausencia de tensión, con instrumento adecuado.
- Si fuese necesario trabajar con tensión, se tomarán las siguientes precauciones:
 - La operación debe ser autorizada y ejecutada, al menos por dos operarios.
 - Está totalmente prohibido inutilizar cualquier elemento de seguridad.
 - No se debe suprimir ni interrumpir la toma de tierra de los equipos o circuitos eléctricos.
 - Se utilizará material de protección aislante.

7. MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS

7.1 MÁQUINAS-HERRAMIENTAS

En este apartado se consideran globalmente los riesgos de prevención que atañen a la utilización de pequeñas herramientas accionadas por energía distinta de la humana: taladros, llaves neumáticas, etc.

7.1.1 Riesgos más frecuentes

- Cortes y golpes
- Proyección de partículas.
- Contactos eléctricos.
- Ruido

7.1.2 Normas básicas de seguridad y prevenciones colectivas

- Las máquinas-herramientas eléctricas estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento.
- Los motores eléctricos de la máquinas-herramientas estarán protegidos por la carcasa y resguardos propios de cada aparato, para evitar los riesgos de atrapamientos o de contacto con la energía eléctrica.
- Las máquinas en situación de avería o de semiavería se entregarán para su reparación.
- Las máquinas-herramientas no protegidas eléctricamente mediante el sistema de doble aislamiento, tendrán sus carcasas de protección de motores

eléctricos, etc., conectadas a la red de tierras en combinación con los disyuntores diferenciales del cuadro eléctrico general de la obra.

- En ambientes húmedos la alimentación para las máquinas-herramientas no protegidas con doble aislamiento, se realizará mediante conexión a transformadores a 24 V.
- Se prohíbe el uso de máquinas-herramientas al personal no autorizado para evitar accidentes por impericia.
- Se prohíbe la anulación de toma de tierra de las máquinas herramientas si no están dotadas de doble aislamiento.
- Se prohíbe dejar las herramientas eléctricas de corte o taladro, abandonadas en el suelo, o en marcha, aunque sea con movimiento residual.

7.1.3 Equipos de protección individual

- Casco de seguridad
- Guantes de seguridad
- Guantes de goma.
- Botas de goma.
- Botas de seguridad
- Gafas de seguridad anti-proyecciones
- Protectores auditivos
- Máscara antipolvo con filtro mecánico específico recambiable

7.2 HERRAMIENTAS MANUALES

7.2.1 Riesgos más frecuentes

- Golpes y cortes en las manos y los pies
- Proyección de partículas

7.2.2 Normas básicas de seguridad y protecciones colectivas

- Cada herramienta manual se utilizará para aquellas tareas para las que ha sido concebida.
- Antes de su uso se revisarán, desechándose las que no se encuentren en buen estado de conservación.
- Se mantendrán limpias de aceites, grasas y otras sustancias resbaladizas.
- Para evitar caídas, cortes o riesgos análogos, se colocarán en portaherramientas, recipientes o estantes adecuados.
- Durante su uso se evitará su depósito arbitrario por los suelos.
- Los trabajadores recibirán instrucciones concretas sobre el uso correcto de las herramientas que hayan de utilizar.

7.2.3 Equipos de protección personal

- Cascos de seguridad
- Botas de seguridad
- Guantes de seguridad.
- Gafas de seguridad

7.3 ESCALERAS DE MANO

7.3.1 Riesgos más frecuentes

- Caídas a distinto nivel
- Deslizamiento por incorrecto apoyo
- Vuelco lateral por apoyo irregular
- Rotura por defectos ocultos
- Los derivados de los usos inadecuados o de los montajes peligrosos

7.3.2 Escaleras de tijera

- Estarán dotadas en su articulación superior de topes de seguridad de apertura y hacia la mitad de su altura de una cadenilla o cinta de limitación de apertura máxima.
- Nunca se utilizarán a modo de borriquetas para sustentar las plataformas de trabajo.
- En posición de uso estarán montadas con los largueros en posición de máxima apertura para no mermar su seguridad.
- No se utilizarán si la posición necesaria sobre ellas para realizar un determinado trabajo, obliga a poner los dos pies en los tres últimos peldaños.
- Se utilizarán siempre montadas sobre pavimentos horizontales

7.3.3 Normas básicas de seguridad y protecciones colectivas

a) De aplicación al uso de escaleras de madera

- Las escaleras de madera tendrán los largueros de una sola pieza, sin defectos ni nudos que puedan mermar su seguridad.
- Los travesaños de madera estarán ensamblados.
- Las escaleras de madera estarán protegidas de la intemperie mediante barnices transparentes, para que no oculten los posibles defectos.

b) De aplicación al uso de escaleras metálicas

- Los largueros serán de una sola pieza y carecerán de deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.
- Las escaleras metálicas estarán pintadas con pintura antioxidación que las preserven de las agresiones de la intemperie o serán de material inoxidable.
- Las escaleras metálicas no estarán suplementadas con uniones soldadas.

c) Para el uso general de escaleras de mano, independientemente de los materiales de que estén hechas

- Antes de utilizar una escalera manual es preciso asegurarse de su buen estado, rechazando aquéllas que no ofrezcan garantías de seguridad.
- Hay que comprobar que los largueros son de una sola pieza, sin empalmes, que no falta ningún peldaño, que no hay peldaños rotos o flojos o reemplazados por barras, ni clavos salientes.
- Todas las escaleras estarán provistas en sus extremos inferiores, de zapatas antideslizantes.
- El ángulo de abertura de una escalera de tijera debe ser de 30° como máximo, con la cuerda que une los dos planos extendida o el limitador de abertura bloqueado.

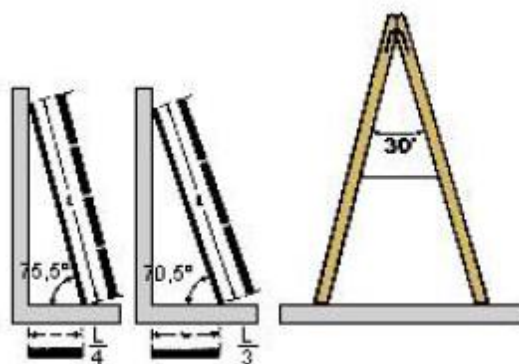


Ilustración 14: Ángulos de la escalera.

- La escalera tendrá una longitud tal, que sobrepase 1 metro por encima de la superficie a donde se pretenda llegar. La longitud máxima de las escaleras manuales no podrá sobrepasar los 5 m. sin un apoyo intermedio, en cuyo caso podrá alcanzar la longitud de 7 metros. Para alturas mayores se emplearán escaleras especiales.
- No se usarán escaleras metálicas cuando se lleven a cabo trabajos en instalaciones en tensión (Uso obligatorio escalera de madera).

- La inmovilización de la parte superior de la escalera por medio de una cuerda es siempre aconsejable sobre todo en el sector de la construcción y siempre que su estabilidad no esté asegurada. Se debe tener en cuenta la forma de atar la escalera y los puntos fijos donde se va a sujetar la cuerda. A continuación, se dan las fases a seguir para fijar una escalera a un poste.



Ilustración 15: [Amarre de la escalera.](#)

- El transporte de una escalera ha de hacerse con precaución, para evitar golpear a otras personas, mirando bien por donde se pisa para no tropezar con obstáculos. La parte delantera de la escalera deberá de llevarse baja.

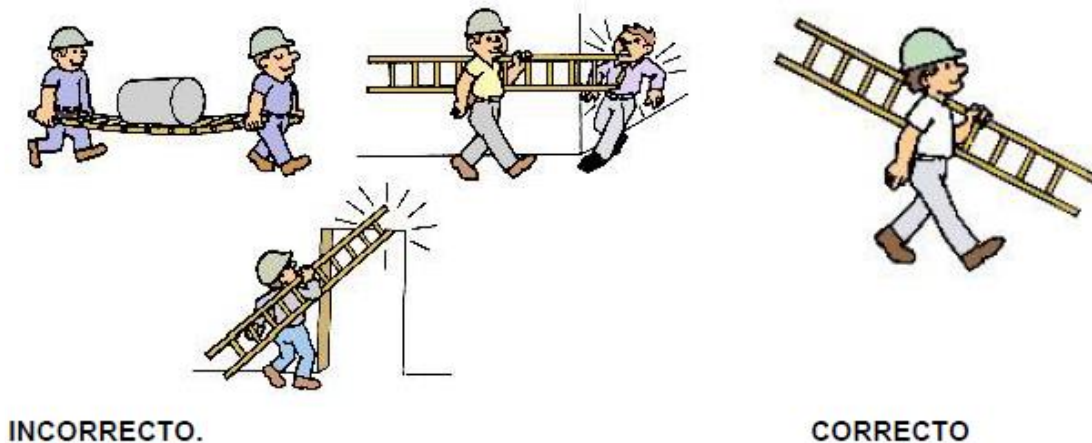


Ilustración 16: Formas de transporte.

- Se prohíbe apoyar la base de las escaleras de mano sobre lugares u objetos poco firmes que puedan mermar la estabilidad de este medio auxiliar.
- Antes de iniciar la subida deberá comprobarse que las suelas del calzado no tienen barro, grasa, ni cualquier otra sustancia que pueda producir resbalones.
- El ascenso y descenso a través de la escalera de mano se efectuará frontalmente, es decir, mirando directamente hacia los largueros que se están utilizando.
- No se podrán empalmar dos escaleras sencillas.
- Prohibido usar la escalera a ahorcajadas.
- No se pondrán escaleras por encima de mecanismos en movimiento o conductores eléctricos desnudos. Si es necesario, antes se deberá haber parado el mecanismo en movimiento o haber suprimido la energía del conductor.
- Siempre que sea posible, se amarrará la escalera por su parte superior. En caso de no serlo, habrá una persona en la base de la escalera.
- Queda prohibida la utilización de la escalera por más de un operario a la vez.
- Si han de llevarse herramientas o cualquier otro objeto, deberán usarse bolsas portaherramientas o cajas colgadas del cuerpo, de forma que queden las manos libres para poder asirse a ella.

- Para trabajar con seguridad y comodidad hay que colocarse en el escalón apropiado, de forma que la distancia del cuerpo al punto de trabajo sea suficiente y permita mantener el equilibrio. No se deberán ocupar nunca los últimos peldaños.
- Trabajando sobre una escalera no se tratarán de alcanzar puntos alejados que obliguen al operario a estirarse, con el consiguiente riesgo de caída. Se deberá desplazar la escalera tantas veces como sea necesario.
- Los trabajos a más de 3,5 metros de altura desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, solo se efectuarán con una grúa de tijera o articulada.
- Se prohíbe el transporte y manipulación de cargas por o desde escaleras de mano cuando por su peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador.
- Las escaleras de mano deberán mantenerse en perfecto estado de conservación, revisándolas periódicamente y retirando de servicio aquellas que no estén en condiciones.
- Cuando no se usen, las escaleras deberán almacenarse cuidadosamente y no dejarlas abandonadas sobre el suelo, en lugares húmedos, etc.
- Deberá existir un lugar cubierto y adecuado para guardar las escaleras después de usarlas.
- Las escaleras deberán inspeccionarse como máximo cada seis meses contemplando los siguientes puntos:
 - Peldaños flojos, mal ensamblados, rotos, con grietas, o indebidamente sustituidos por barras o sujetos con alambres o cuerdas.
 - Mal estado de los sistemas de sujeción y apoyo.
 - Defecto en elementos auxiliares (poleas, cuerdas, etc.) necesarios para extender algunos tipos de escaleras.

- Ante la presencia de cualquier defecto de los descritos se deberá retirar de circulación la escalera. Esta deberá ser reparada por personal especializado o retirada definitivamente.

ANEXO 6: PLIEGO DE CONDICIONES

OBJETO

Establecer los requisitos técnicos mínimos que deben ser cumplidos por las instalaciones solares fotovoltaicas, delineando las especificaciones mínimas necesarias para garantizar la calidad de una instalación, en beneficio tanto del usuario como del avance de esta tecnología.

Este conjunto de normas técnicas se aplica a todos los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que componen estas instalaciones.

En situaciones particulares, en función de las características de los proyectos o los avances tecnológicos, podrían adoptarse soluciones distintas a las establecidas en estas normas técnicas. Sin embargo, dichas alternativas deberán estar debidamente justificadas en función de su necesidad y no podrán comprometer los estándares mínimos de calidad especificados en este documento.

COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

Todas las instalaciones deben estar en conformidad con las normativas de seguridad y protección de las personas, incluyendo las establecidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión o cualquier legislación posterior que esté en vigencia.

Como norma general, es esencial garantizar, como mínimo, un nivel básico de aislamiento eléctrico (clase I) para los equipos y materiales utilizados en la instalación.

Se deben incorporar todos los elementos de seguridad necesarios para prevenir contactos eléctricos directos e indirectos, especialmente en instalaciones con tensiones superiores a 50 VRMS o 120 V CC. Se recomienda el empleo de equipos y materiales con aislamiento eléctrico de clase II.

Se deben implementar todas las protecciones requeridas para salvaguardar la instalación contra cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones.

Los materiales ubicados en áreas expuestas a condiciones climáticas deben ser resguardados contra los factores ambientales, en particular, contra la exposición al sol y la humedad. Para los equipos instalados al aire libre, se exige un nivel mínimo de protección IP65, mientras que para los equipos en interiores, IP20 es el estándar mínimo aceptable.

Los componentes electrónicos de la instalación deben cumplir con las directivas de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética establecidas por la comunidad europea, y pueden ser certificados por el fabricante.

Por razones de seguridad y funcionamiento adecuado de los equipos, cualquier indicador, etiqueta u otra información relevante de los mismos deberá estar redactado en uno de los idiomas oficiales de España en la ubicación donde se encuentra la instalación.

GENERADOR FOTOVOLTAICO

Todos los paneles solares deben cumplir con las especificaciones establecidas en las normas UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, así como con las especificaciones de seguridad UNE-EN 61730-1 y 2 para módulos FV. La justificación de este requisito debe respaldarse mediante la presentación de un certificado oficial emitido por un laboratorio acreditado.

Cada módulo debe llevar de manera claramente visible e indeleble la marca, el nombre o el logotipo del fabricante, así como un número de serie que sea rastreable hasta su fecha de fabricación, lo que permitirá su identificación individual.

Se deben utilizar módulos que cumplan con las siguientes características técnicas. En casos excepcionales en los que existan variaciones con respecto a estas especificaciones, se debe proporcionar una justificación en la Memoria que respalde su uso.

Los módulos deben contar con diodos de derivación para prevenir posibles daños en las células y sus circuitos debido a sombreados parciales, además de tener un grado de protección IP65.

Si existen marcos laterales, estos deben estar fabricados de aluminio o acero inoxidable.

Para que un módulo sea aceptable, su potencia máxima y su corriente de cortocircuito reales, en condiciones estándar, deben estar dentro del rango de $\pm 5 \%$ de los valores nominales indicados en el catálogo.

Cualquier módulo que presente defectos de fabricación, como roturas, manchas en cualquiera de sus componentes, falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante, será rechazado.

Cuando las tensiones nominales en corriente continua superen los 48 V, la estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos deben estar conectados a tierra, utilizando la misma toma de tierra que el resto de la instalación.

Se deben instalar dispositivos que permitan la desconexión independiente en ambos terminales de cada rama del generador.

En el caso de utilizar módulos no certificados, se debe proporcionar una justificación adecuada y documentación sobre las pruebas a las que se han sometido. En cualquier situación, cualquier producto que no cumpla con alguna de las

especificaciones mencionadas anteriormente debe contar con la aprobación explícita del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). En todos los casos, se deben cumplir las normativas vigentes de obligado cumplimiento.

ESTRUCTURA DE SOPORTE

Se instalarán las estructuras de soporte necesarias para el montaje de los módulos fotovoltaicos, incluyendo todos los accesorios requeridos.

Tanto la estructura de soporte como el sistema de fijación de los módulos serán diseñados de manera que permitan las expansiones térmicas necesarias sin transmitir cargas que puedan afectar la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones proporcionadas por el fabricante.

La estructura de soporte, con los módulos instalados, debe ser capaz de resistir las cargas adicionales generadas por el viento y la nieve, de acuerdo con las especificaciones del Código Técnico de la Edificación (CTE).

El diseño de la estructura se llevará a cabo considerando la orientación y el ángulo de inclinación especificados para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje, desmontaje y la posible necesidad de reemplazar elementos en el futuro.

La estructura se protegerá superficialmente contra los efectos de los agentes ambientales. Cualquier perforación necesaria en la estructura se realizará antes de aplicar el galvanizado o cualquier otra forma de protección.

Se empleará tornillería de acero inoxidable. Si la estructura se somete a un proceso de galvanizado, se permitirá el uso de tornillos galvanizados, con la excepción

de los tornillos utilizados para sujetar los módulos, que deberán ser de acero inoxidable.

Los elementos de sujeción de los módulos, así como la estructura en sí, no deberán proyectar sombras sobre los módulos fotovoltaicos.

En el caso de instalaciones integradas en la cubierta, que funcionan como parte de la misma, el diseño de la estructura y la estanqueidad entre los módulos cumplirán con los requisitos del Código Técnico de la Edificación y con las prácticas comunes en la construcción de cubiertas.

Si la estructura está construida con perfiles de acero laminado conformados en frío, cumplirá con la Norma MV102 para garantizar sus propiedades mecánicas y composición química.

En el caso de estructuras galvanizadas en caliente, cumplirán con las Normas UNE 37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de galvanizado de 80 micras, lo que eliminará la necesidad de mantenimiento y prolongará su vida útil.

INVERSOR DE CORRIENTE

Los requisitos técnicos de esta sección aplican a inversores monofásicos o trifásicos que operan con una fuente de tensión fija (con valores efectivos de tensión y frecuencia de salida constantes). Para otros tipos de inversores, se requerirán estándares de calidad equivalentes.

Los inversores deben ser de tipo onda senoidal pura. No obstante, se permitirá el uso de inversores de onda no senoidal si su potencia nominal es inferior a 1 kVA, si no causan daño a las cargas y garantizan su funcionamiento adecuado.

Los inversores se conectarán ya sea a la salida de consumo del regulador de carga o directamente a los bornes del acumulador. Si se realiza la conexión al acumulador, se debe garantizar la protección del acumulador contra sobrecargas y sobredescargas. Estas protecciones pueden estar integradas en el propio inversor o implementarse mediante un regulador de carga. En este último caso, el regulador debe permitir breves caídas de tensión en el acumulador para asegurar el arranque del inversor.

El inversor debe ser capaz de operar de manera adecuada en todo el rango de tensiones de entrada permitidas por el sistema.

La regulación del inversor debe asegurar que la tensión y frecuencia de salida se mantengan dentro de los siguientes márgenes, en todas las condiciones de operación:

- Tensión nominal $\pm 5 \%$, siendo la tensión nominal V_{NOM} de 220 VRMS o 230 VRMS.

- Frecuencia de 50 Hz $\pm 2 \%$.

El inversor debe ser capaz de proporcionar la potencia nominal de manera continua dentro del rango de temperatura ambiente establecido por el fabricante.

El inversor debe ser capaz de arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación, incluyendo aquellas que requieren corrientes de arranque elevadas, como televisores y motores, sin interferir en el funcionamiento correcto de estas cargas ni de las demás.

Los inversores deben contar con protección contra las siguientes situaciones:

- Tensión de entrada fuera del rango de operación.

- Desconexión del acumulador.
- Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- Sobrecargas que excedan los límites permitidos en términos de duración y magnitud.

El autoconsumo del inversor cuando no está conectado a ninguna carga debe ser igual o inferior al 2 % de su potencia nominal de salida.

Las pérdidas diarias de energía debidas al autoconsumo del inversor deben ser menores al 5 % del consumo diario de energía. Se recomienda que el inversor disponga de un modo de "stand-by" para reducir estas pérdidas cuando opera sin carga.

El rendimiento del inversor con cargas resistivas debe cumplir con los límites indicados en la tabla a continuación, dependiendo de si se encuentra al 20 % o a la potencia nominal:

- Tipo de Inversor: Rendimiento al 20 % de la potencia nominal / Rendimiento a la potencia nominal
- Onda Senoidal (*): $PNOM \leq 500 \text{ VA}$ / > 85% / > 75%
- Onda Senoidal (*): $PNOM > 500 \text{ VA}$ / > 90% / > 85%
- Onda no senoidal / > 90% / > 85%

(*) Se considerará que los inversores son de onda senoidal si la distorsión armónica total de la tensión de salida es inferior al 5% cuando el inversor alimenta cargas lineales, desde el 20 % hasta el 100 % de la potencia nominal.

Los inversores deberán llevar etiquetas con, al menos, la siguiente información:

- Potencia nominal (VA)
- Tensión nominal de entrada (V)
- Tensión (VRMS) y frecuencia (Hz) nominales de salida
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie
- Polaridad y terminales

CABLEADO

Todo el cableado cumplirá con lo estipulado en la legislación en vigor.

Los conductores empleados deberán tener la sección adecuada para minimizar las pérdidas de tensión y evitar el sobrecalentamiento. Específicamente, en cualquier circunstancia de funcionamiento, los conductores deben contar con una sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5 % de la tensión nominal continua del sistema, considerando cualquier conexión intermedia.

Se asegurará que se incluye la longitud necesaria de cables, tanto en la parte continua como en la alterna, para cada aplicación específica, evitando tensiones indebidas en los componentes de la instalación y en los propios cables.

Los cables que conforman la parte continua de la instalación, tanto los positivos como los negativos, serán dispuestos de forma separada, protegidos y claramente identificados, siguiendo los estándares de codificación de colores y etiquetas conforme a las regulaciones actuales.

Los cables destinados a uso en exteriores estarán protegidos contra las condiciones climáticas adversas.

PROTECCIONES Y PUESTA A TIERRA

Todas las instalaciones se ajustarán a lo estipulado en el Real Decreto 1663/2000 (en su artículo 12) referente a las condiciones de puesta a tierra en sistemas fotovoltaicos conectados a la red de baja tensión.

Se garantizará que todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto en la sección continua como en la alterna, se conecten a una única toma de tierra. Esta toma de tierra será independiente de la del neutro proporcionado por la empresa distribuidora, en plena conformidad con las regulaciones del Reglamento de Baja Tensión.

Las conexiones a tierra se establecerán en los siguientes puntos:

1. Desde el generador fotovoltaico: incluyendo la estructura de soporte y el marco metálico.
2. Desde la instalación que corresponde a los consumos en corriente alterna.

El área de la sección del conductor de protección será como mínimo igual a la del conductor de fase correspondiente.

MATERIALES

No se permitirá la utilización de materiales que no hayan sido previamente aprobados por el Director de la Obra.

El instalador proporcionará al usuario un documento que certifique la entrega de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este registro será firmado por ambas partes en duplicado, y cada una conservará una copia.

Los materiales serán sometidos a las pruebas y evaluaciones especificadas en este conjunto de condiciones para determinar si cumplen con los requisitos establecidos. Dichas pruebas se llevarán a cabo en el lugar de la obra cuando sea posible, o en un laboratorio oficial en caso contrario.

EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Todas las normas de instalación deberán ajustarse rigurosamente a los planos, mediciones y estándares de calidad especificados en el proyecto, además de seguir las directrices que la Dirección Facultativa considere pertinentes. Asimismo, las instalaciones deberán cumplir con las regulaciones pertinentes emitidas por autoridades competentes.

El contratista no está autorizado a realizar ninguna modificación o alteración en la ejecución de la obra que afecte al proyecto o a las especificaciones técnicas sin la aprobación previa por escrito del Director de Obra, sujeto a cualquier instrucción dada por el Director de Obra en cualquier momento.

El cableado de los paneles fotovoltaicos conlleva un riesgo eléctrico debido a las tensiones generadas. Dado que durante este proceso no existe protección para las personas, se deben seguir las siguientes pautas en todo momento:

- El personal involucrado deberá utilizar guantes aislantes que ofrezcan un nivel de aislamiento adecuado para las tensiones generadas.
- En el proceso de cableado, se seguirá la siguiente secuencia:

1. Se formarán bloques de un máximo de 2 paneles en serie para evitar la aparición de tensiones superiores a 65 voltios.

2. Una vez que la red de corriente continua general esté instalada con la protección contra pérdida de aislamiento activa, se permitirá el cableado entre los bloques mencionados anteriormente. La conexión de los bloques se realizará desde los terminales positivos de una rama hacia el terminal negativo.

PRUEBAS REGLAMENTARIAS

Todo el material que forma parte del equipo eléctrico debe estar diseñado y fabricado para resistir las tensiones de prueba especificadas en las normas UNE aplicables o las especificaciones detalladas en el proyecto correspondiente.

En caso de ser requerido por el Director de Obra, se deberán presentar las certificaciones que demuestren que los ensayos han sido realizados satisfactoriamente, o en su defecto, se llevarán a cabo las pruebas de ensayo correspondientes.

Se realizará una verificación de la resistencia eléctrica. En lo que respecta a la base que sustenta el generador fotovoltaico, se inspeccionará para asegurar que no haya áreas sin la debida capa de hormigón o asfalto, que pudieran dar acceso a superficies metálicas en contacto con el generador.

Se llevará a cabo un análisis del funcionamiento adecuado de las protecciones instaladas en las diferentes partes del sistema. Se prestará una atención especial a garantizar que, en la conexión con la red de baja tensión, el generador fotovoltaico no pueda operar de forma aislada de la misma.

Se verificará que la forma de onda de la corriente alterna generada por el inversor cumple con las especificaciones establecidas en el proyecto.

Se seguirán los procedimientos de las pruebas de aceptación de suministro de módulos conforme a lo dispuesto por el Instituto de Energía Solar.

MANTENIMIENTO

El contrato de mantenimiento de la instalación abarcará todos los componentes de la misma, y se incluirán las labores de mantenimiento preventivo recomendadas por los diversos fabricantes.

Se han definido dos niveles de intervención para abarcar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación, con el fin de garantizar su funcionamiento, aumentar su producción y prolongar su durabilidad:

1. Mantenimiento preventivo: Este nivel incluye acciones como inspecciones visuales, verificaciones de funcionamiento y otras tareas destinadas a mantener las condiciones de operación, rendimiento, protección y longevidad de la instalación dentro de límites aceptables.

2. Mantenimiento correctivo: Este nivel comprende todas las operaciones de reemplazo necesarias para garantizar que la instalación funcione correctamente durante su vida útil. Esto implica visitas regulares a la instalación, análisis y presupuestación de trabajos y reemplazos necesarios para su correcto funcionamiento. Los costos económicos asociados al mantenimiento correctivo, según lo especificado, están incluidos en el precio anual del contrato de mantenimiento. Sin embargo, la mano de obra y los reemplazos de equipos más allá del período de garantía pueden no estar cubiertos.

Es esencial que el mantenimiento sea llevado a cabo por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

El mantenimiento preventivo incluirá al menos una visita semestral con las siguientes actividades:

- Verificación de todos los componentes y equipos.
- Inspección del cableado, conexiones, terminales y otros elementos.
- Evaluación del estado de los módulos, su alineación con el diseño original, limpieza y detección de daños que puedan afectar la seguridad.
- Inspección de la estructura de soporte en busca de daños, efectos ambientales adversos y corrosión.
- Evaluación de los inversores, incluyendo la revisión de indicadores y alarmas.
- Medición de caídas de tensión en el cableado de corriente continua.
- Comprobación de elementos de seguridad y protecciones como tomas de tierra, interruptores de seguridad, fusibles, etc.

En instalaciones con sistemas de monitorización, la empresa instaladora llevará a cabo una revisión cada seis meses, asegurando la calibración y limpieza de los medidores, el funcionamiento y calibración del sistema de adquisición de datos, y el almacenamiento de la información, entre otras tareas.

Todas las actividades de mantenimiento serán registradas en un libro de mantenimiento para su seguimiento y documentación adecuada.

Independientemente del mantenimiento estándar se mantendrán las recomendaciones del propio fabricante recogidas en el manual de usuario del inversor.

GARANTÍA

- En caso de una falla relacionada con un defecto de montaje o algún componente de la instalación, y siempre que se haya seguido adecuadamente el manual de instrucciones, la reparación de la instalación se llevará a cabo conforme a estas condiciones generales. Cabe señalar que, además de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada en estos términos.
- La garantía se otorga en beneficio del comprador de la instalación, y deberá ser debidamente justificada mediante la presentación del correspondiente certificado de garantía, con la fecha registrada en la entrega de la instalación.

La duración de la garantía de los equipos se regirá por las especificaciones técnicas proporcionadas por los fabricantes, y los plazos se detallarán en la tabla siguiente:

Garantía de los equipos	
Módulos Fotovoltaicos	12 años
Estructura soporte	10 años
Inversor de corriente	2 años

Tabla 15: Garantía de los equipos

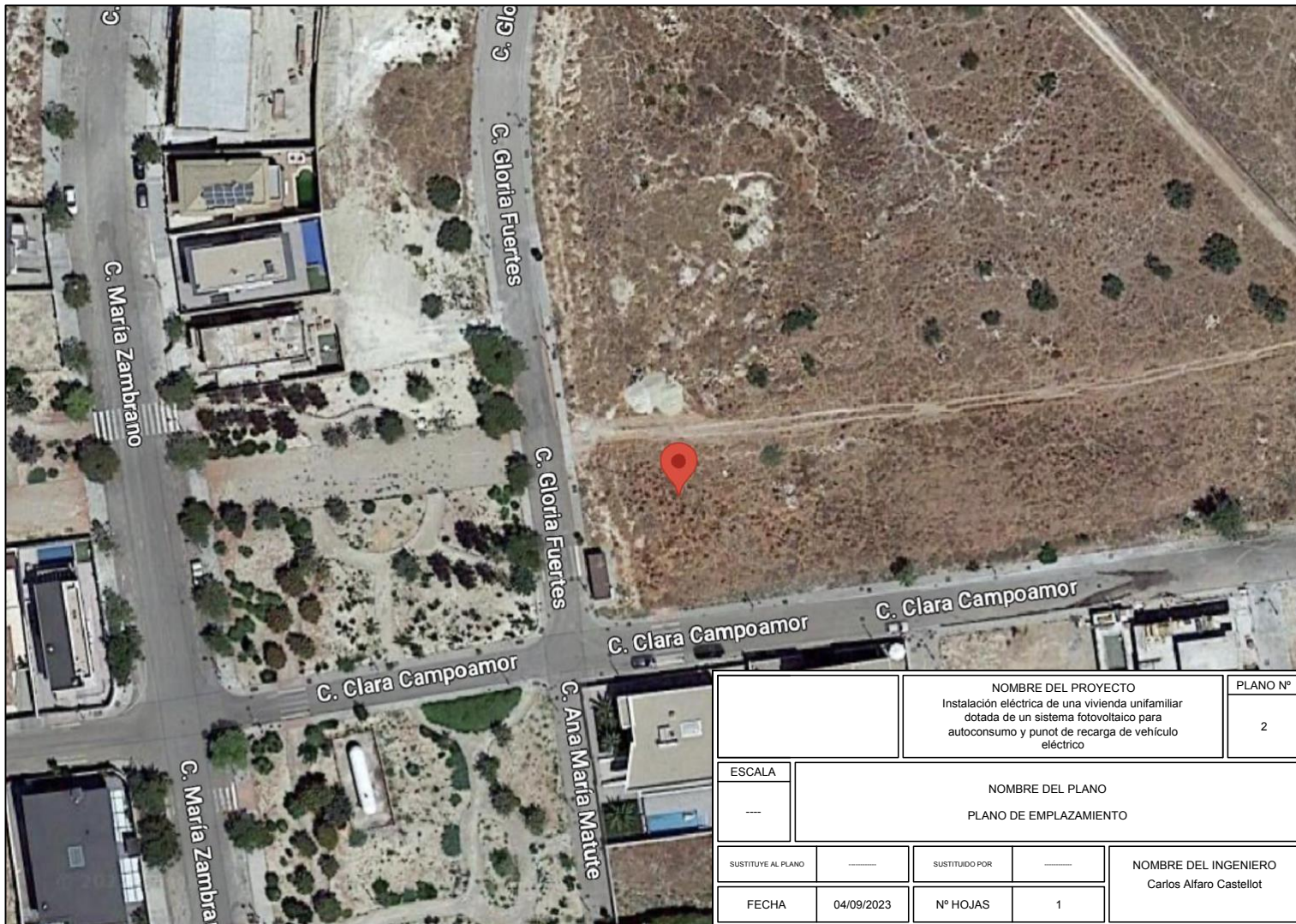
- El proveedor garantizará la instalación por un período mínimo de dos años, abarcando todos los materiales empleados y la labor de montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía se extenderá hasta doce años.
- En caso de que la operación del sistema deba ser suspendida debido a razones atribuibles al proveedor o para realizar reparaciones necesarias para cumplir con los términos de la garantía, el plazo se extenderá por la duración total de dichas interrupciones.

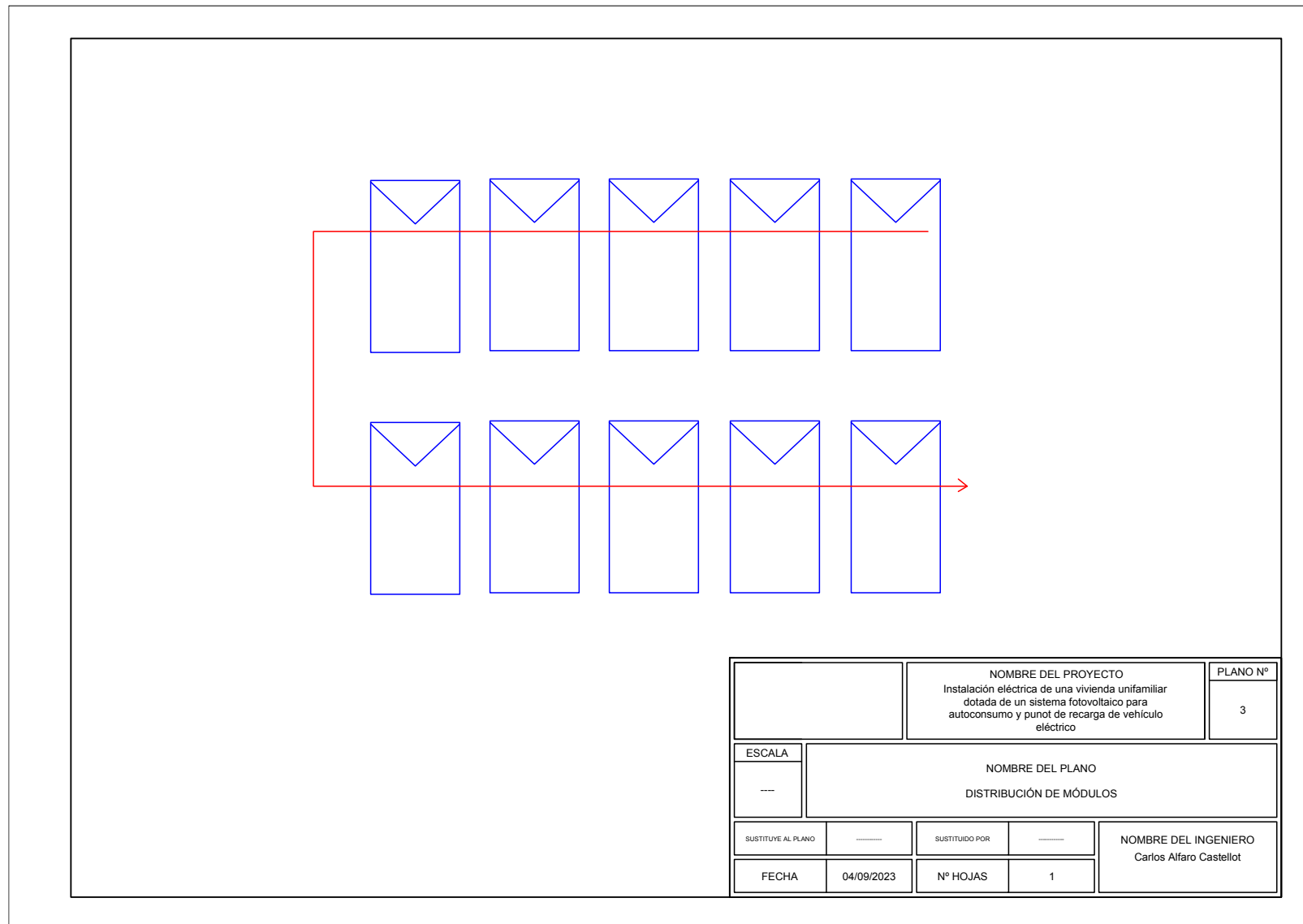
- La garantía cubrirá tanto la reparación o sustitución de componentes y piezas que presenten defectos, como la mano de obra necesaria.
- Los costos que se incluyen en la garantía son los siguientes: tiempos de desplazamiento, gastos de transporte, depreciación de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros recursos, así como los posibles cargos de recolección y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.
- También se considerará en la garantía la mano de obra y los materiales requeridos para realizar ajustes y correcciones en el funcionamiento de la instalación.
- Si el proveedor no cumple con las obligaciones de la garantía en un plazo razonable después de recibir una notificación escrita, el comprador de la instalación podrá establecer una fecha límite para que el proveedor cumpla con sus responsabilidades. Si el proveedor no cumple en ese plazo, el comprador tendrá la facultad, a su cargo y riesgo, de realizar las reparaciones necesarias por sí mismo o contratar a un tercero para ello, sin perjuicio de buscar compensación por daños y perjuicios que haya sufrido.
- La garantía podrá quedar sin efecto si la instalación ha sido reparada, modificada o desmontada, aunque sea parcialmente, por personas que no sean empleados del proveedor o técnicos de servicio autorizados explícitamente por el proveedor, excepto en las condiciones descritas en el último punto del apartado.
- Cuando el usuario detecte un mal funcionamiento en la instalación, deberá notificarlo al proveedor de manera fehaciente. Si el proveedor considera que el defecto es atribuible a la fabricación de algún componente, lo comunicará al fabricante de manera adecuada.
- El proveedor responderá al aviso en un plazo máximo de 48 horas en caso de que la instalación no funcione, o dentro de una semana si el fallo no afecta el funcionamiento.

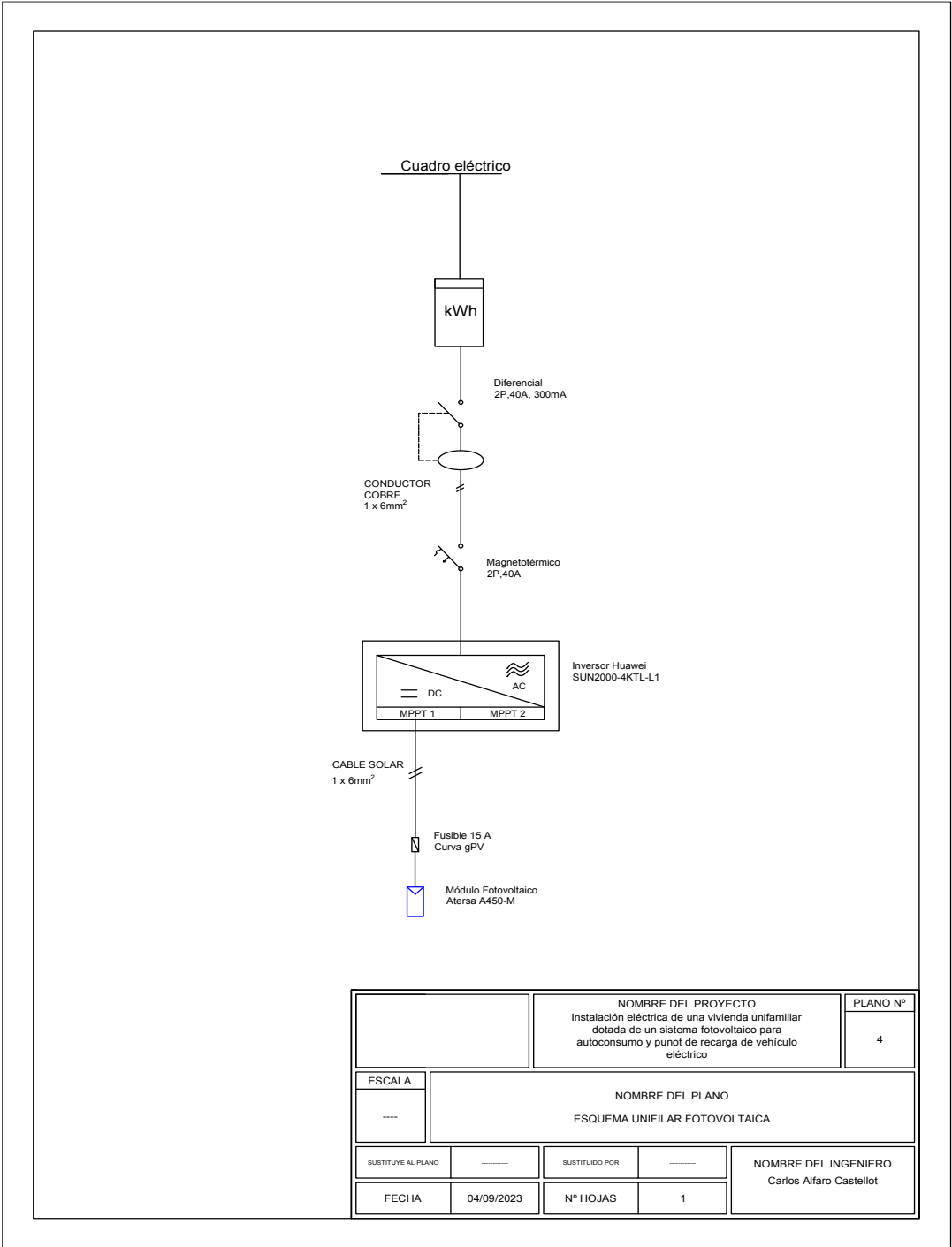
- Las reparaciones de las instalaciones se realizarán en su lugar de ubicación por parte del proveedor. Si alguna de las piezas defectuosas no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, deberá ser enviada al taller oficial designado por el fabricante, a cargo del proveedor.
- El proveedor llevará a cabo las reparaciones o sustituciones de piezas con la mayor prontitud posible una vez que se haya notificado el fallo, y no se hará responsable de los perjuicios ocasionados por demoras en estas reparaciones, siempre que el plazo no exceda los 15 días naturales.

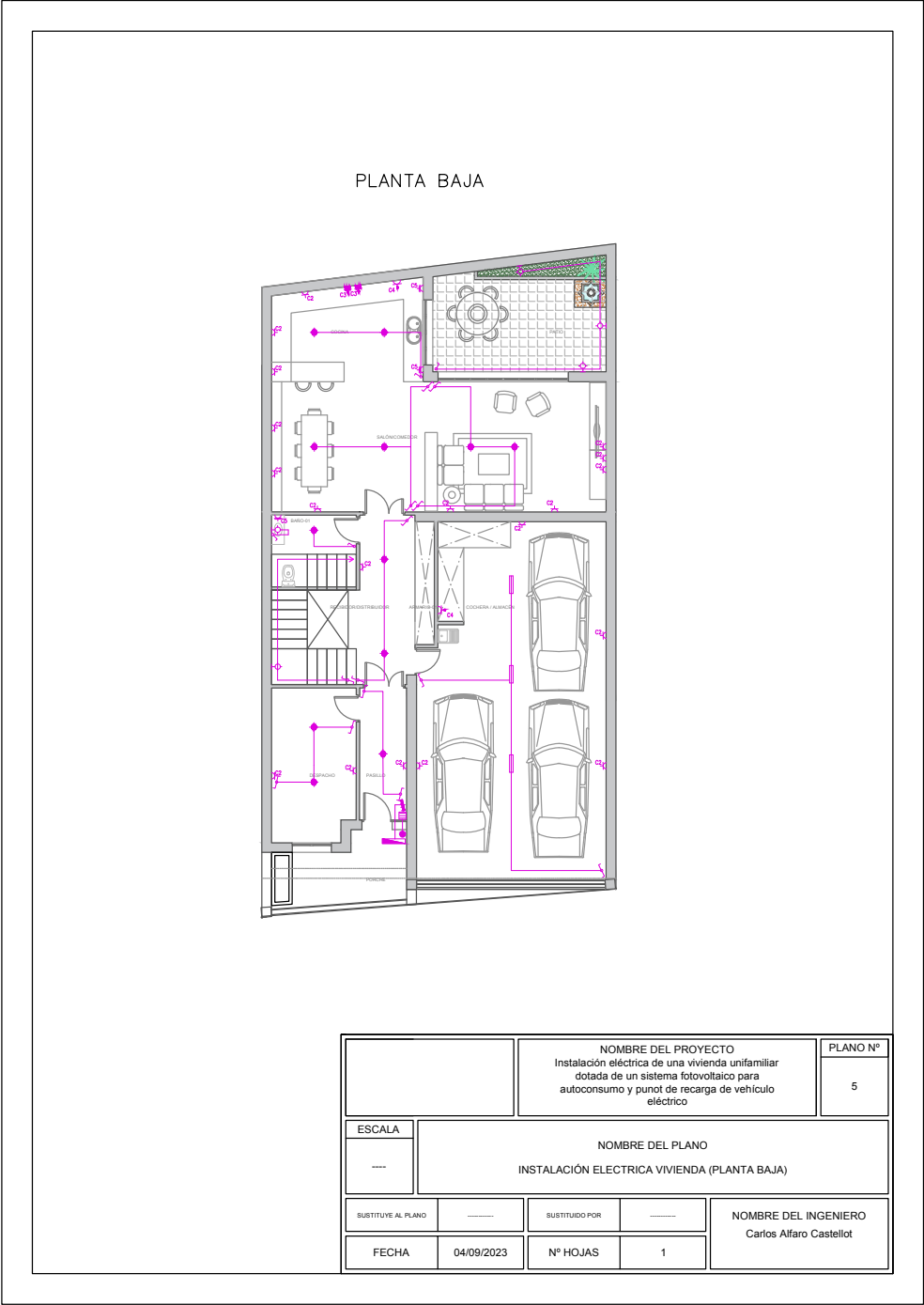
ANEXO 7: PLANOS

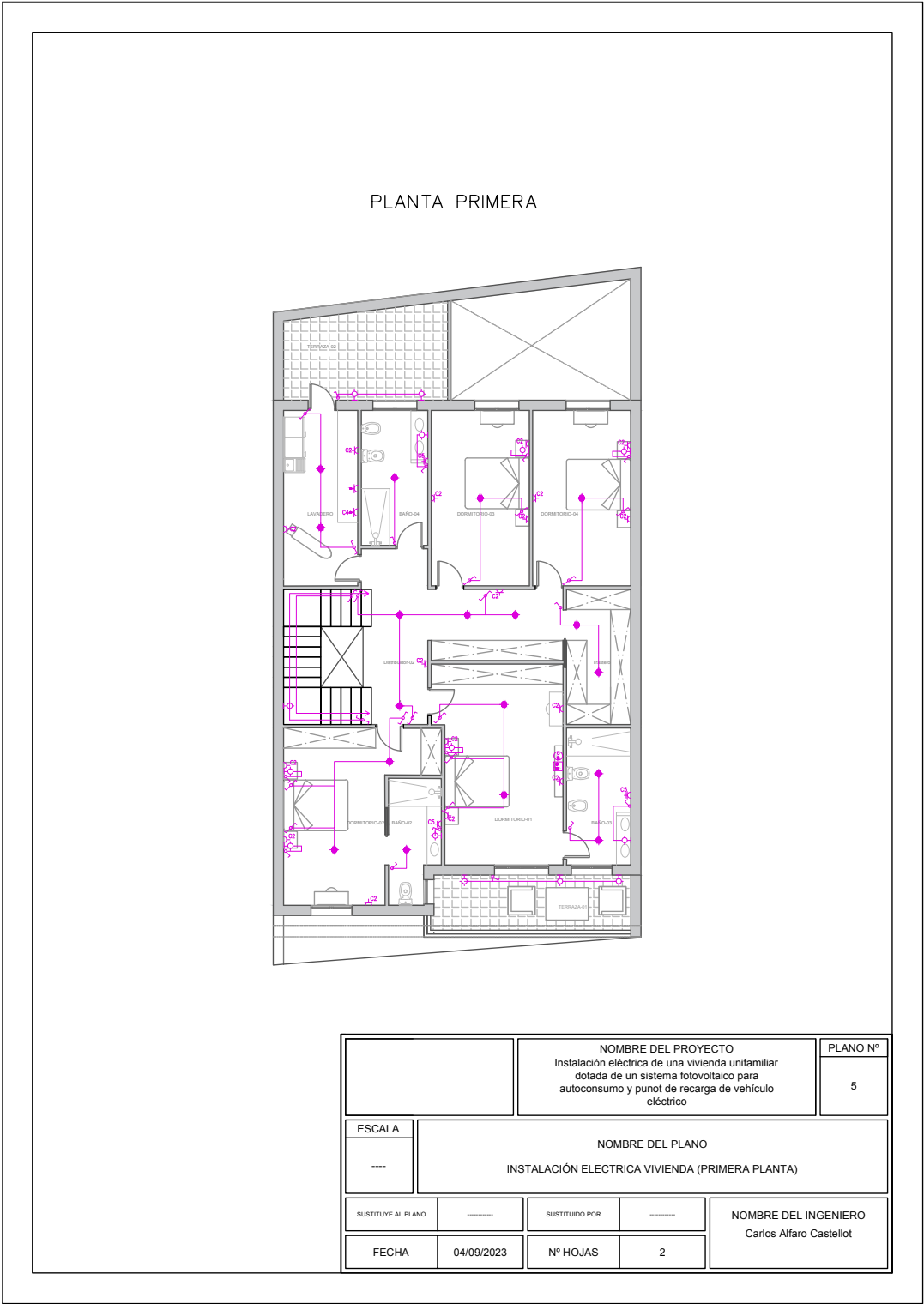


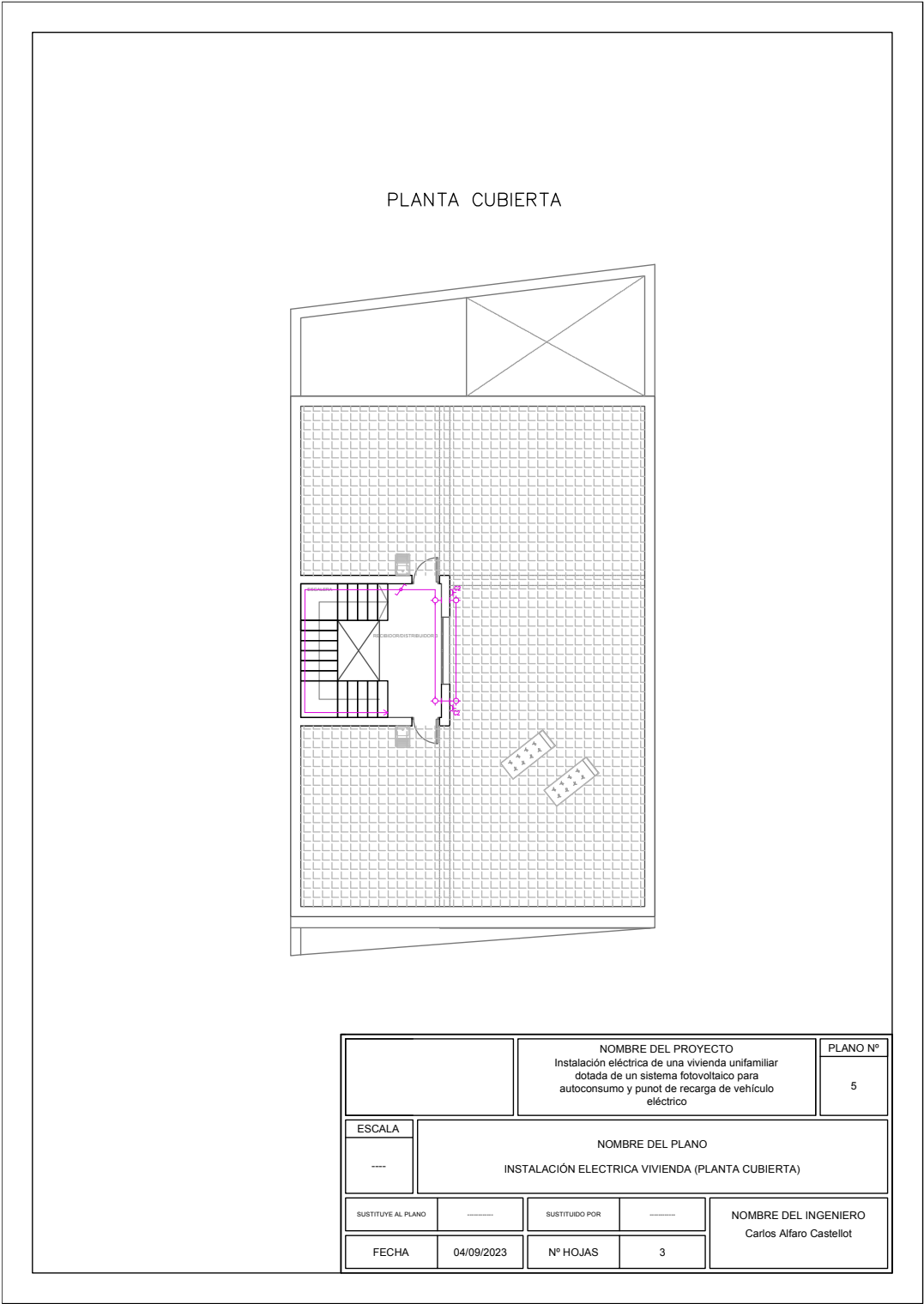


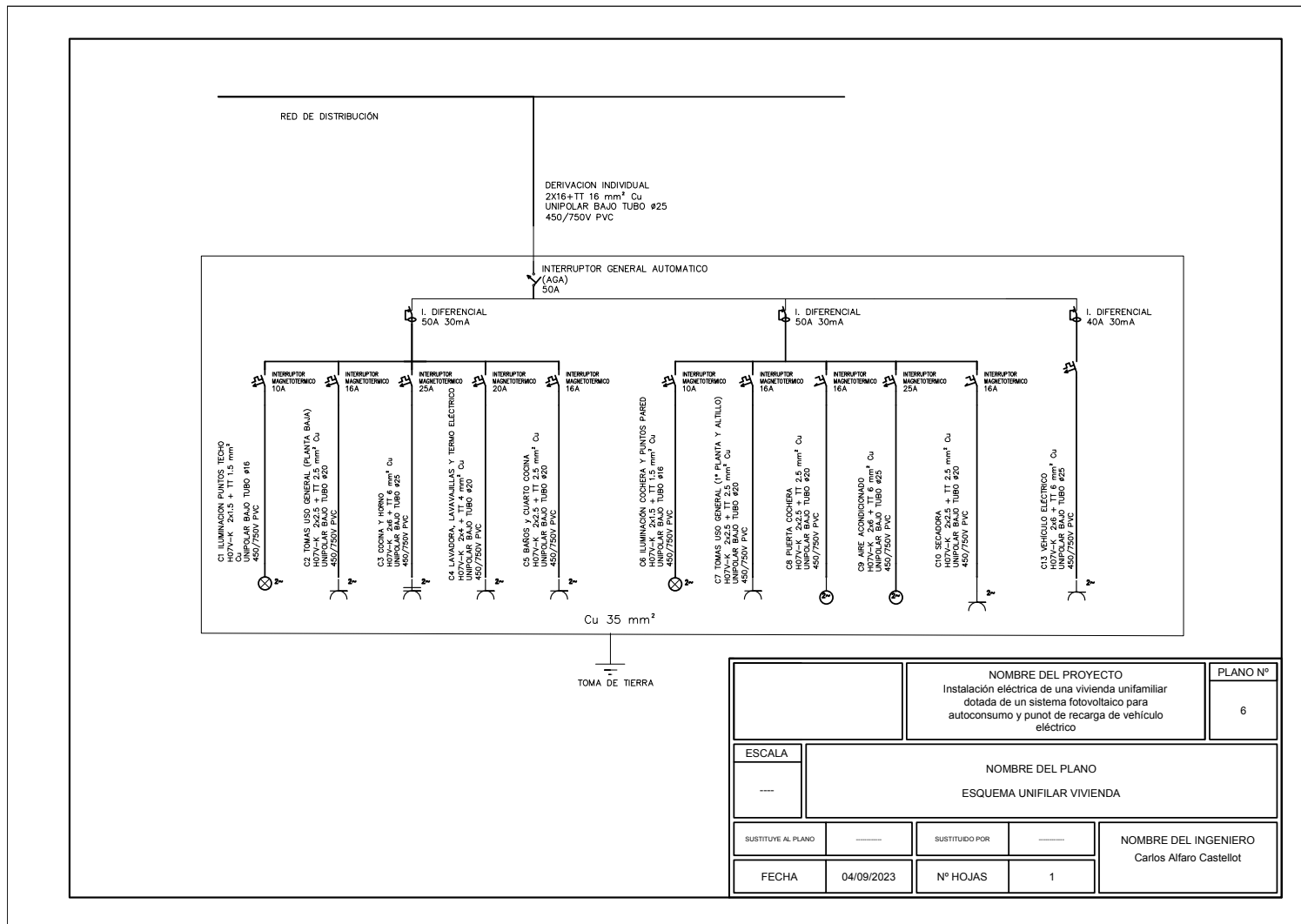


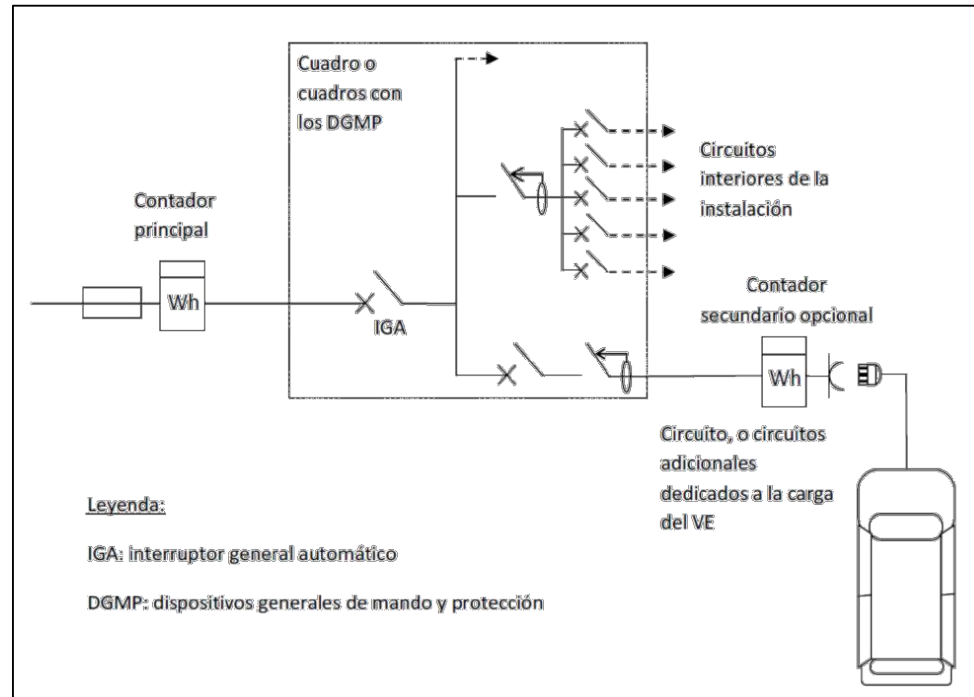












		NOMBRE DEL PROYECTO Instalación eléctrica de una vivienda unifamiliar dotada de un sistema fotovoltaico para autoconsumo y puntot de recarga de vehículo eléctrico		PLANO Nº 7
ESCALA	NOMBRE DEL PLANO ESQUEMA UNIFILAR VEHÍCULO ELÉCTRICO			

SUSTITUYE AL PLANO	-----	SUSTITUIDO POR	-----	NOMBRE DEL INGENIERO Carlos Alfaro Castellet
FECHA	04/09/2023	Nº HOJAS	1	

ANEXO 8: PRESUPUESTO

PRESUPUESTO Y MEDICIONES**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR, SISTEMA FOTOVOLTAICO Y PUNTO DE RECARGA VEHÍCULO ELÉCTRICO**

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01	GENERADOR FOTOVOLTAICO							
01.01	Estructura coplanar de aluminio con marcado CE para stop Parte proporcional por panel de estructura coplanar de aluminio con marcado CE para soporte de panel fotovoltaico, instalada en cubierta inclinada, con tratamiento contra inclemencias meteorológicas y fabricada según exigencias de la Unión Europea, incluso fijaciones de anclaje, totalmente instalada, según DB SE y DB HE-5 del CTE.							
						10,00	70,76	707,60
01.02	Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino Módulo fotovoltaico de silicio policristalino, Potencia máxima 450 Wp o similar con tolerancia de +5%, clase de protección II, características eléctricas principales según proyecto, dotado de toma de tierra, grado de protección IP65, conexión mediante multicontacto, bornera atornillable, incluso accesorios y parte proporcional de pequeño material para amarre a estructura (no incluida). Completamente montado, probado y funcionando.							
						10,00	157,78	1.577,80
01.03	Inversor monofásico para conexión a red Suministro e instalación de inversor monofásico de conexión a red de la marca inverter string inteligente (SUN2000-4 KTL), de potencia nominal igual a 4 kW, con grado de protección IP65, tensiones mínima y máxima 90-600 Vdc, con 2 MPPT, 1 entradas por MPPT. Completamente montado y revisado. En ningún caso se ampliarán las dimensiones o pesos del inversor con la intención de dotar al inversor del espacio de transferencia necesario para la correcta ventilación del mismo ni poder causar defectos por anclaje.							
						1,00	927,05	927,05
01.04	Caja protecciones corriente continua Cuadro para protección de corriente continua donde albergará los fusibles y portafusibles de seccionamiento. Grado de protección IP65. Totalmente instalado y probado.							
						1,00	177,84	177,84
01.05	Caja protecciones corriente alterna Cuadros para mando y protección, en instalación tipo de 4 kW, en el lado de corriente alterna formado por caja estanca, con grado de protección IP55, una en salida de inversor dotada de interruptor automático y diferencial, y otra en punto de conexión, dotada de un interruptor automático, incluso accesorios y pequeño material. Completamente montado, probado y funcionando.							
						1,00	135,93	135,93
01.06	m Conductor de cobre 6 mm² Suministro e instalación de cable especial para instalaciones de energía solar fotovoltaica. RZ1-k (AS)1x6mm ² , tensión nominal en C.C. 0,6/1kV; libre de halógenos.							
						15,00	1,17	17,55
01.07	Conductor de cobre 4 mm² Suministro e instalación de cable interconexión cuadros de concentración inteligentes con inversor fotovoltaico con cable RZ1-K (AS) de 1x 4 mm ² , libre de halógenos, resistente a la radiación ultravioleta. Totalmente instalado sobre bandeja con tapa no incluida en la medición.							
						5,00	0,87	4,35
TOTAL 01.....								3.548,12

PRESUPUESTO Y MEDICIONES**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR, SISTEMA FOTOVOLTAICO Y PUNTO DE RECARGA VEHÍCULO ELÉCTRICO**

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02	INSTALACIÓN INTERIOR							
02.01	Cuadro general de baja tensión Suministro, instalación y montaje de Armario metálico para Cuadro General de Planta, marca Schneider o similar, conteniendo en su interior, debidamente montados y conexonados, todos los elementos de protección descritos en el Esquema Unifilar, con una reserva mínima del 30% de su capacidad nominal para futuras ampliaciones, incluso pruebas de funcionamiento, selectividad de protecciones y documentación.					1,00	2.300,00	2.300,00
02.02	Módulo de acometida					1,00	513,00	513,00
02.03	m Conductor cobre 1,5 mm2					120,00	0,53	63,60
02.04	m Conductor cobre 2,5 mm2					200,00	0,72	144,00
02.05	m Conductor cobre 4 mm2					60,00	0,97	58,20
02.06	m Conductor cobre 6 mm2					80,00	1,12	89,60
02.07	Interruptor Automático ComPacT NSX 100F es un interruptor automático fijo completo de 2 polos diseñado para optimizar el espacio y el poder de corte. Es una opción óptima para todas las aplicaciones estándar y específicas. El poder de corte (Icu) es de 18 kA rms a 415 V CA 50/60 Hz. La tensión de funcionamiento es 690VAC 50 / 60Hz. Este producto incorpora una unidad de control magnetotérmica (TMD) de calibre 50 A. La unidad de control TMD proporciona una protección de sobrecarga térmica fija y una protección magnética fija. La dimensión es 161 mm x 70 mm x 86 mm (alto x ancho x profundo). Cumple con las normas internacionales (EN/IEC 60947), CCC, EAC y especificaciones marinas.					1,00	1.220,09	1.220,09
02.08	Interruptor Diferencial Este producto Acti9 iLD K es un interruptor diferencial (RCCB) Es un interruptor 2P con 40A In de corriente nominal, sensibilidad de fuga a tierra de 30mA y clase de protección contra fugas a tierra A-SI Este producto protege contra descargas eléctricas por contacto directo o indirecto y riesgos de incendio Realiza la desconexión de los circuitos eléctricos en caso de defecto a tierra Su exclusivo indicador Visitrip reduce el tiempo de intervención al mostrar el dispositivo defectuoso con un indicador en la parte frontal " Este producto también tiene una ventana VisiSafe con una franja verde en la palanca indicando la apertura total de los polos para realizar el mantenimiento" Este producto cumple con el estándar EN/IEC 61008-1 El poder de cierre y corte nominal (Im/IΔm) es de 1500A La corriente condicional asignada (Inc/IΔc) es de 10 kA Tiene una resistencia eléctrica de hasta 15000 ciclos y una resistencia mecánica de hasta 20000 ciclos La tensión nominal de empleo Ue es 220VAC a 240VAC					3,00	479,32	1.437,96
02.09	Interruptor Magnetotérmico 10A Este producto Acti9 iK60N es un interruptor en miniatura (MCB) de bajo voltaje Es un interruptor automático 2P con 2 polos protegidos y 10A In de corriente asignada y curva de disparo C El poder de corte en servicio es de 6000A a 230V AC de acuerdo con la norma EN/IEC 60898-1 Este producto cumple con el estándar EN/IEC 60898-1 Este interruptor en miniatura combina funciones de protección de circuitos contra cortocircuito y sobrecarga de corriente, control y aislamiento " Dispone de clip doble para desmontaje con peine de conexión en posición" Tiene una resistencia eléctrica de hasta 10000 ciclos y una resistencia mecánica de hasta 20000 ciclos Tensión nominal de aislamiento Ui es de 440 V CA La resistencia a picos de tensión Uimp es de 4 kV La frecuencia de funcionamiento es de 50 Hz o 60 Hz Se puede montar en carril DIN para instalación modular					2,00	42,83	85,66

PRESUPUESTO Y MEDICIONES**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR, SISTEMA FOTOVOLTAICO Y PUNTO DE RECARGA VEHÍCULO ELÉCTRICO**

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.10	Interruptor Magnetotérmico 16A Este producto Acti9 iK60N es un interruptor en miniatura (MCB) de bajo voltaje Es un interruptor automático 2P con 2 polos protegidos y 16A In de corriente asignada y curva de disparo C El poder de corte en servicio es de 6000A a 230V AC de acuerdo con la norma EN/IEC 60898-1 Este producto cumple con el estándar EN/IEC 60898-1 Este interruptor en miniatura combina funciones de protección de circuitos contra cortocircuito y sobrecarga de corriente " Dispone de clip doble para desmontaje con peine de conexión en posición" Tiene una resistencia eléctrica de hasta 10000 ciclos y una resistencia mecánica de hasta 20000 ciclos Tensión nominal de aislamiento Ui es de 440 V CA La resistencia a picos de tensión Uimp es de 4 kV La frecuencia de funcionamiento es de 50 Hz o 60 Hz Se puede montar en carril DIN para instalación modular					5,00	43,54	217,70
02.11	Interruptor Magnetotérmico 20A Este producto Acti9 iK60N es un interruptor en miniatura (MCB) de bajo voltaje Es un interruptor automático 2P con 2 polos protegidos y 20A In de corriente asignada y curva de disparo C El poder de corte en servicio es de 6000A a 230V AC de acuerdo con la norma EN/IEC 60898-1 Este producto cumple con el estándar EN/IEC 60898-1 Este interruptor en miniatura combina funciones de protección de circuitos contra cortocircuito y sobrecarga de corriente " Dispone de clip doble para desmontaje con peine de conexión en posición" Tiene una resistencia eléctrica de hasta 10000 ciclos y una resistencia mecánica de hasta 20000 ciclos Tensión nominal de aislamiento Ui es de 440 V CA La resistencia a picos de tensión Uimp es de 4 kV La frecuencia de funcionamiento es de 50 Hz o 60 Hz Se puede montar en carril DIN para instalación modular					1,00	44,94	44,94
02.12	Interruptor Magnetotérmico 25A Este producto Acti9 iK60N es un interruptor en miniatura (MCB) de bajo voltaje Es un interruptor automático 2P con 2 polos protegidos y 25A In de corriente asignada y curva de disparo C El poder de corte en servicio es de 6000A a 230V AC de acuerdo con la norma EN/IEC 60898-1 Este producto cumple con el estándar EN/IEC 60898-1 Este interruptor en miniatura combina funciones de protección de circuitos contra cortocircuito y sobrecarga de corriente " Dispone de clip doble para desmontaje con peine de conexión en posición" Tiene una resistencia eléctrica de hasta 10000 ciclos y una resistencia mecánica de hasta 20000 ciclos Tensión nominal de aislamiento Ui es de 440 V CA La resistencia a picos de tensión Uimp es de 4 kV La frecuencia de funcionamiento es de 50 Hz o 60 Hz Se puede montar en carril DIN para instalación modular					2,00	45,56	91,12
02.13	m Conductor cobre 35 mm2 Conductor de cobre desnudo para la instalacion de puesta a tierra					10,00	5,00	50,00
02.14	Pica de tierra					1,00	11,70	11,70
02.15	m Conductor 16 mm2					10,00	3,13	31,30
TOTAL 02.....								6.358,87

PRESUPUESTO Y MEDICIONES**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR, SISTEMA FOTOVOLTAICO Y PUNTO DE RECARGA VEHÍCULO ELÉCTRICO**

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
03	PUNTO RECARGA VEHÍCULO ELÉCTRICO							
03.01	Cargador Vehículo Eléctrico					1,00	1.458,35	1.458,35
03.02	Interruptor Magnetotérmico 40 A Este producto Acti9 iK60N es un interruptor en miniatura (MCB) de bajo voltaje Es un interruptor automático 2P con 2 polos protegidos y 40A In de corriente asignada y curva de disparo C El poder de corte en servicio es de 6000A a 230V AC de acuerdo con la norma EN/IEC 60898-1 Este producto cumple con el estándar EN/IEC 60898-1 Este interruptor en miniatura combina funciones de protección de circuitos contra cortocircuito y sobrecarga de corriente " Dispone de clip doble para desmontaje con peine de conexión en posición" Tiene una resistencia eléctrica de hasta 10000 ciclos y una resistencia mecánica de hasta 20000 ciclos Tensión nominal de aislamiento Ui es de 440 V CA La resistencia a picos de tensión Uimp es de 4 kV La frecuencia de funcionamiento es de 50 Hz o 60 Hz Se puede montar en carril DIN para instalación modular					1,00	113,29	113,29
TOTAL 03.....								1.571,64

Bibliografía

Ecológica, M. p. (2019). *Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica*. Madrid: Boletín Oficial del Estado .

Instalación eléctrica de una vivienda. (s.f.). Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn123.html>

Lirola, C. (4 de Septiembre de 2020). *Instalaciones eléctricas en viviendas unifamiliares*. Obtenido de Autopromotores: <https://www.autopromotores.com/electricidad/>

MINISTERIO INDUSTRIA, E. Y. (2002). *Reglamento electrotécnico de baja tensión*. Boletín Oficial del Estado.

Sanderson, I. C. (2019). *DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DESTINADO A CUBRIR LA DEMANDA DE UNA VIVIENDA CON UN PUNTO DE RECARGA PARA VEHÍCULO ELÉCTRICO*. Jaén: Universidad deJaén.

Santos, A. C., & Martin, J. L. (s.f.). *Instalaciones eléctricas en baja tensión*. Madrid: Ra-Ma.

Villar, J. M. (2023). *INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED EN MODALIDAD DE PRODUCCIÓN PARA EMPRESA DEL SECTOR AUTOMOVILÍSTICO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MARTOS*. Jaén: Universidad de Jaén.

Xavier. (23 de Junio de 2019). *Elementos de protección eléctrica de una vivienda*. Obtenido de <https://www.certicalia.com/blog/elementos-proteccion-electrica-vivienda>

Velasco, J. G. (2009). *Energías renovables*. Editorial Reverte.

Haberlin, & Eppel, H. (2012). *Photovoltaics system design and practice*. Wiley.

