

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA
PROGRAMABLE PARA ALUMBRADO EXTERIOR CON
DETECTOR DE PRESENCIA**

(Programmable isolated photovoltaic installation for
outdoor illumination system with presence sensor)

Para acceder al Título de

***Graduado en
Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación***

Autor: David Lavín Bordas

Octubre - 2013



E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION

GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

CALIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Realizado por: David Lavín Bordas
Director del TFG: Jesús M^a Mirapeix Serrano

Título: “Instalación fotovoltaica aislada programable para alumbrado exterior con detector de presencia”

Title: “Programmable isolated photovoltaic installation for outdoor illumination system with presence sensor”

Presentado a examen el día:

para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

Composición del Tribunal:

Presidente (Apellidos, Nombre): Adolfo Cobo García

Secretario (Apellidos, Nombre): Jesús M. Mirapeix Serrano

Vocal (Apellidos, Nombre): Reyes Ruiz Cobo

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de:

Fdo.: El Presidente

Fdo.: El Secretario

Fdo.: El Vocal

Fdo.: El Director del TFG
(sólo si es distinto del Secretario)

Vº Bº del Subdirector

Trabajo Fin de Grado Nº
(a asignar por Secretaría)

Agradecimientos:

A Chus y Adolfo, por la ayuda que prestaron para la realización de este trabajo.

A Bernar y Puma, porque con ellos todo fue más fácil y llevadero.

A Kiko, por su aportación técnica en el montaje del sistema.

A Ana, por su apoyo incondicional y su comprensión.

*Al factor **R**, que tantas alegrías nos ha dado.*

A mi familia.

Índice

Índice	1
Índice de figuras	3
Índice de tablas	4
1. Introducción	5
1.1. Descripción	5
1.2. Alcance del proyecto	6
1.3. Funcionalidad	7
1.4. Organización del documento	8
2. Energía solar fotovoltaica	9
2.1. Clasificación de las tecnologías fotovoltaicas	9
2.2. Perspectivas de evolución tecnológica	10
2.3. Tecnología basada en el silicio	11
2.4. Tecnologías de capa delgada	13
2.4.1. Capa delgada de silicio	13
2.4.2. Capa delgada de CIS	14
2.4.3. Células telururo de cadmio (CdTe)	14
2.4.4. Capa delgada multiunión (III-V)	14
2.5. Tecnologías de concentración fotovoltaica	15
2.6. Tecnologías orgánicas	17
2.7. Distribución de radiación en España	18
3. Instalación del sistema	20
3.1. Emplazamiento de la instalación	20
3.2. Estimación de la energía obtenida	20
3.3. Dimensionado del cableado	26
3.4. Instalación del módulo fotovoltaico	26
3.5. Instalación de regulador y acumulador	28
3.6. Instalación del interruptor horario astronómico	30
3.7. Instalación del sistema de alumbrado y los detectores de presencia	31
4. Análisis de costes	33
4.1. Costes de la instalación	33
4.2. Comparación con la instalación conectada a red	34
4.3. Amortización de la instalación	34

5. Toma de datos experimentales	36
5.1. Toma de datos	36
5.2. Inspección termográfica del módulo FV	38
6. Conclusiones	40
6.1. Conclusiones finales.....	40
6.2 Viabilidad de la instalación.....	40
ANEXO I. Características técnicas	42
A. Módulo fotovoltaico	42
B. Regulador	43
C. Batería.....	44
D. Interruptor astronómico	46
E. Proyector LED	47
F. Lámpara LED	48
G. PIR	49
H. Cuadro eléctrico.....	51
ANEXO II. Definiciones	52
ANEXO III. Listado de Acrónimos	54
ANEXO IV. Bibliografía	55

Índice de figuras

Figura 1.1. Instalación fotovoltaica aislada.....	5
Figura 1.1. Instalación en funcionamiento.....	6
Figura 1.3. Esquema de la instalación.....	7
Figura 1.4. Iluminación del acceso posterior.....	8
Figura 2.1. Producción mundial de células FV por tecnologías (Fuente: Photon Internacional).....	9
Figura 2.2. Evolución de la eficiencia de células por tecnologías (Fuente: NREL).....	10
Figura 2.3. Cristalización por el método Czochralsky.....	11
Figura 2.4. Estructura cristalina del silicio dopado (Fuente IDAE).....	12
Figura 2.5. Fabricación de un módulo FV por T-Solar (Fuente T-Solar).....	13
Figura 2.6. Masdar-city, proyecto de concentración solar en Abu Dabi (Fuente: Hansgrohe España).....	15
Figura 2.7. Evolución estimada de la potencia anual y estimada hasta 2020 (Fuente IDAE).....	18
Figura 2.8. Irradiación global y potencial solar eléctrico para módulos FV horizontales España (Fuente JRC).....	18
Figura 2.9. Irradiación global y potencial solar eléctrico para módulos FV inclinados óptimamente en España.....	19
Figura 3.1. Emplazamiento del panel FV (Fuente: SIGPAC).....	20
Figura 3.2. Estimación de producción de energía y media mensual.....	23
Figura 3.3. Porcentaje de días con distintas cargas.....	24
Figura 3.4. Altura del sol en los solsticios.....	24
Figura 3.5. Salida y puesta de sol para 2013 en Santander (Fuente: Observatorio Astronómico Nacional).....	25
Figura 3.6. Soporte metálico anclado en poste de hormigón.....	27
Figura 3.7. Módulo solar policristalino.....	27
Figura 3.8. Conjunto regulador-acumulador en el interior del armario metálico.....	28
Figura 3.9. Interruptor horario astronómico instalado en una caja estanca.....	30
Figura 3.10. Conjunto proyector LED y detector PIR.....	31
Figura 3.11. Lámparas con casquillo E27 para poderlas colocar en farolillo estándar.....	32
Figura 3.12. Conjunto placa-soporte en poste de hormigón.....	32
Figura 4.1. Costes de inversión de únicamente el sistema FV.....	33
Figura 4.2. Precio de la electricidad para consumidores domésticos.....	34
Figura 5.1. Visualización del histórico de energía generada en la pantalla del regulador.....	36
Figura 5.2. Cámara termográfica Fluke Ti30 (Fuente: Fluke).....	38
Figura 5.3. Termografía del panel a pleno rendimiento.....	39
Figura 5.4. Termografía del panel de alto contraste.....	39
Figura 6.1. Conjunto de alumbrado en funcionamiento.....	41

Índice de tablas

Tabla 3.1. Resumen de cálculos del sistema.....	22
Tabla 3.2. Producción de energía por meses.....	22
Tabla 3.3. Porcentajes de carga.....	23
Tabla 4.1. Costes de la instalación con alimentación FV.....	33
Tabla 4.2. Costes de la instalación conectada a red.....	34
Tabla 4.3. Comparación de costes según el tipo de alimentación de la instalación y su amortización.....	35
Tabla 5.1. Toma de datos experimentales.....	37

1. Introducción.

1.1. Descripción.

El objetivo de este Trabajo Fin de Grado es la realización de un proyecto experimental para la iluminación exterior de acceso a una vivienda valiéndose de tecnologías de generación de energía eléctrica, por medios fotovoltaicos, típicas de una instalación aislada, como complemento a una construcción que dispone de conexión a red. Además, se establecerá un control del tiempo y tipo de encendido usando un sistema domotizado.

Se dimensionará la instalación y se elegirán los elementos óptimos y necesarios para el buen funcionamiento del sistema, buscando eficacia, durabilidad, sencillez y economía, aportando también un plus en la seguridad y protección de la vivienda.

La idea es emplear un regulador con su correspondiente acumulador y un módulo fotovoltaico para alimentar proyectores LED que iluminarán las fachadas de la vivienda y puntos de luz de bajo consumo para iluminar el acceso a la casa. Se empleará un interruptor horario astronómico y varios detectores de presencia. Con el interruptor horario se programará el encendido de toda la iluminación desde el ocaso hasta la hora que se desee (por ejemplo las 12 de la noche) y con los detectores en paralelo, se conseguirá que se enciendan (según detecten presencia) uno de los proyectores y/o el resto del alumbrado (a partir de las 12 hasta el orto).

Como fin último, se tratará de dar respuesta a la viabilidad o no de este tipo de pequeñas instalaciones aisladas, aplicadas como complemento a una vivienda que ya dispone de conexión a red.

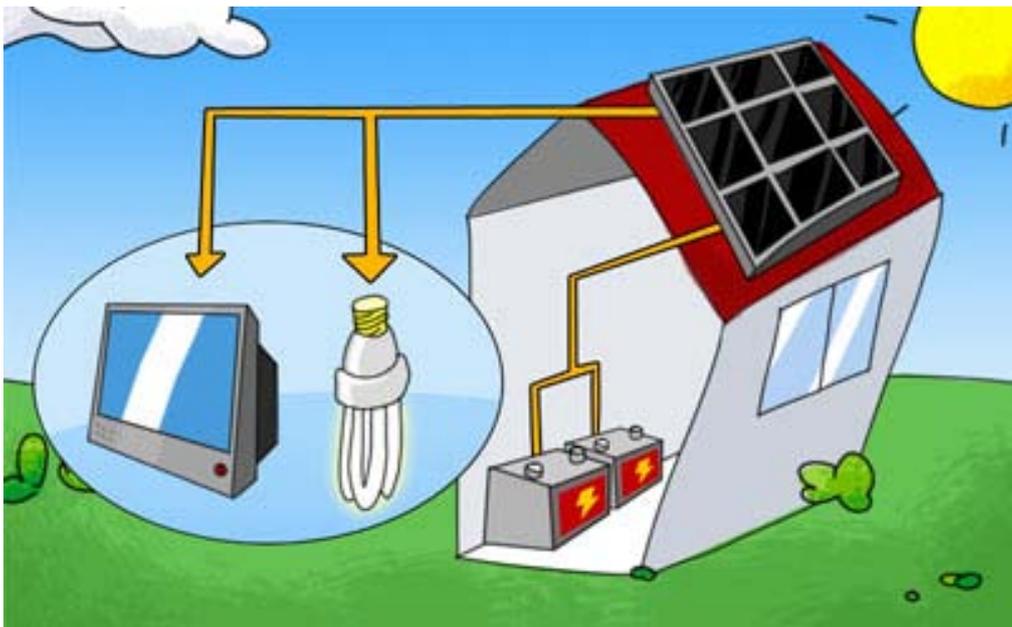


Figura 1.1. Instalación fotovoltaica aislada

1.2. Alcance del proyecto.

Este proyecto pretende ser un demostrador tecnológico del empleo, para el alumbrado exterior de una vivienda, de un sistema fotovoltaico típico de alumbrado aislado como complemento en una vivienda que dispone de conexión a red, para conseguir con ello:

- **Ahorro energético** en el montante total de electricidad consumida. El carácter “aislado” de este tipo de instalación conseguirá una reducción de la factura eléctrica al no computar en la misma el gasto realizado en alumbrado exterior.
- **Mínima cantidad de elementos instalados.** El proyecto está pensado para emplear la menor cantidad de equipos posibles, repercutiendo tanto en el mantenimiento de la instalación como en la inversión inicial.
- **Mínima inversión** realizada para la consecución del objetivo. El empleo de la mínima cantidad de elementos al realizar la instalación en DC abarata los costes de instalación y mantenimiento.
- **Mejora del confort.** El bajo coste de este tipo de alumbrado permitirá disfrutar del exterior de la vivienda en horario nocturno sobre todo en época estival, así como un acceso más cómodo a ella.
- **Mejora en seguridad** residencial por disuasión. Se conseguirá un aumento en la seguridad gracias a la instalación de sistemas de detección de presencia, disuadiendo de posibles accesos malintencionados.



Figura 1.2. Instalación en funcionamiento

Para tratar de contrastar los resultados teóricos, se realizará el montaje real de la instalación en una vivienda unifamiliar, de donde se obtendrán datos experimentales de estado de carga de la batería, cantidad de Ah aportados a la batería por el módulo fotovoltaico, cantidad de Ah consumida por la carga, etc., todos ellos proporcionados por el regulador.

1.3. Funcionalidad.

En el diseño de esta instalación se tendrá en cuenta la aplicación de sistemas domóticos para hacer más agradable y confortable el uso de la vivienda, así como aportar una pequeña mejora en la seguridad de la misma.

El uso del interruptor horario astronómico permitirá programar de manera sencilla el horario y el tiempo de encendido del alumbrado exterior adaptándose a las necesidades del usuario.

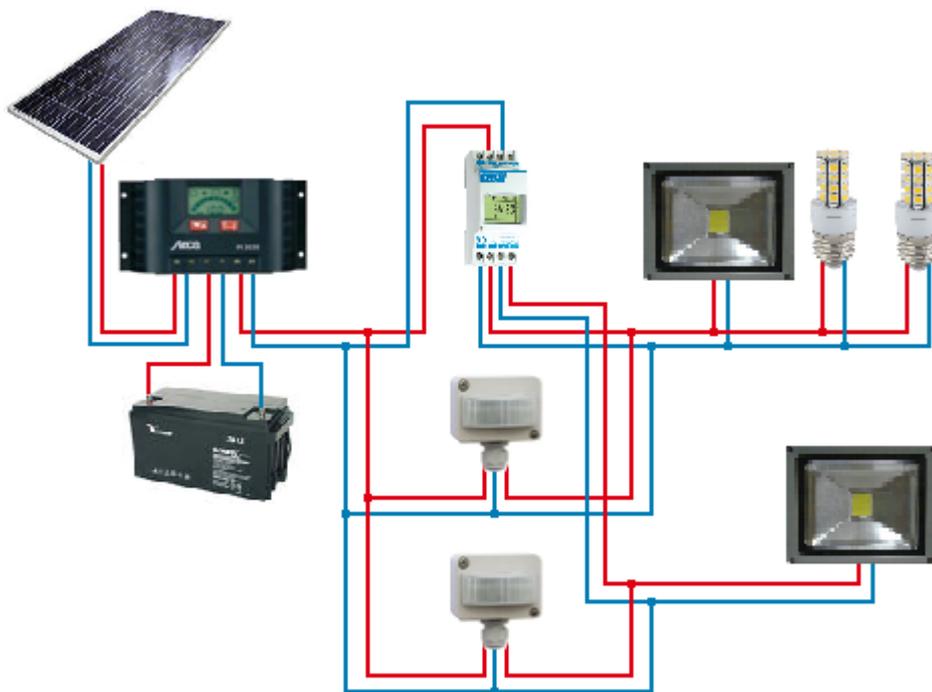


Figura 1.3. Esquema de la instalación

Los detectores de presencia proporcionarán un cómodo acceso a la vivienda fuera del horario de encendido. Tienen también el doble efecto de proporcionar un plus de seguridad disuadiendo de posibles accesos malintencionados al encenderse el alumbrado exterior ante la posible presencia de un extraño.

1.4. Organización del documento.

Este documento (Instalación fotovoltaica aislada para alumbrado exterior, con detector de presencia y programable), está organizado en 6 capítulos y 4 anexos.

En este primer capítulo de introducción, se exponen los objetivos que se han marcado a la hora de afrontar el diseño y funcionamiento del sistema.

Se hace un breve repaso en el capítulo segundo a las distintas tecnologías que se están empleando y desarrollando para obtener una energía solar fotovoltaica eficiente, y su posible aprovechamiento.

En el tercer capítulo se describe el emplazamiento y los distintos cálculos realizados de estimación de energía producida para el sistema elegido, el dimensionamiento de cableado, así como el montaje real del sistema.

En el cuarto capítulo se hace un pequeño análisis de costes y en el quinto se añaden datos experimentales medidos en campo sobre la propia instalación.

En el sexto y último capítulo se exponen las conclusiones finales de este documento.

El primer anexo contiene las especificaciones técnicas de los distintos equipos utilizados, el segundo unas breves definiciones, el tercero un listado de acrónimos y el cuarto y último la bibliografía.

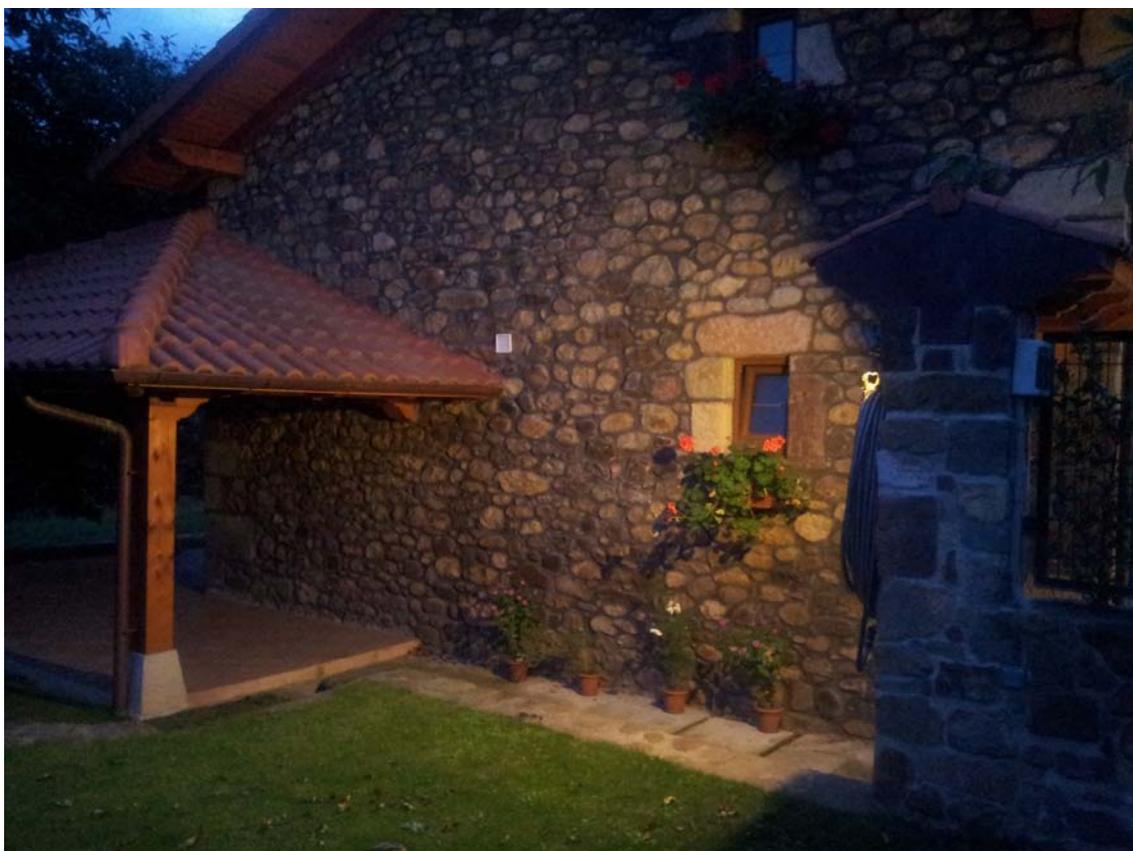


Figura 1.4. Iluminación del acceso posterior

2. Energía solar fotovoltaica

“La energía solar fotovoltaica aprovecha la radiación solar para transformarla directamente en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Este efecto consiste en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética.”

2.1. Clasificación de las tecnologías fotovoltaicas

Las tecnologías fotovoltaicas se pueden clasificar en función de la tipología del semiconductor empleado:

- Silicio cristalino (monocristalino y policristalino)
- Silicio amorfo/microcristalino
- Telururo de cadmio
- CIS (Diseleniuro de indio y cobre)
- CIGS (Diseleniuro de indio, cobre y galio)
- Arseniuros de indio y galio
- Polímeros

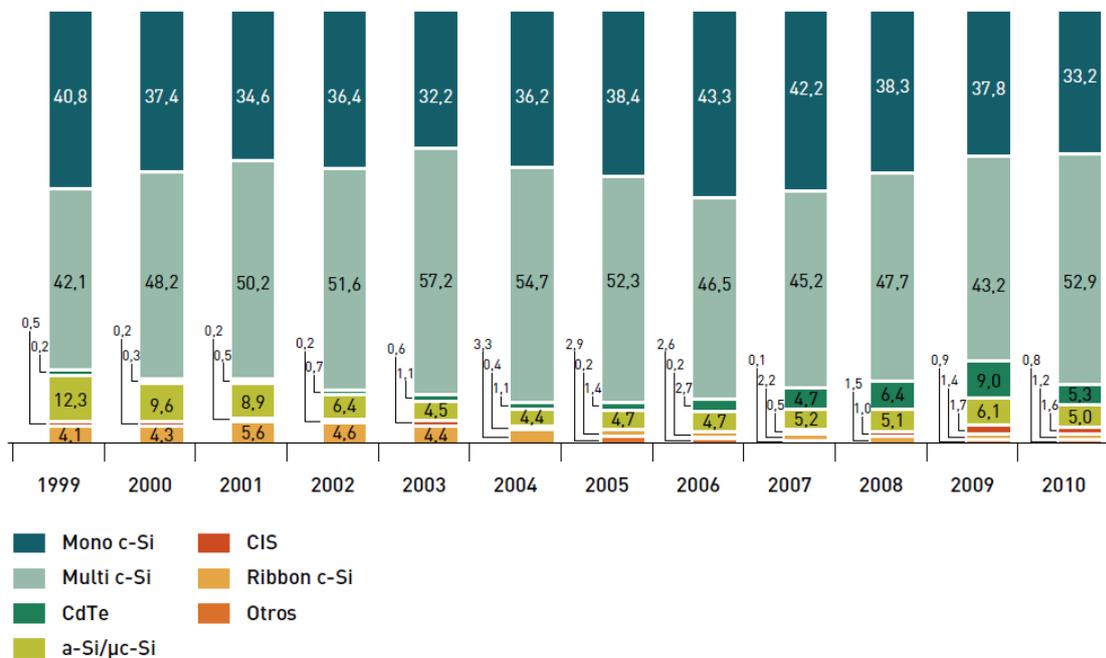


Figura 2.1. Producción mundial de células FV por tecnologías (Fuente: Photon Internacional)

2.2. Perspectivas de evolución tecnológica

El principal objetivo de la investigación, el desarrollo tecnológico, y la innovación de todo el sector (I+D+i) se resume en el desarrollo de nuevos materiales, equipos e instalaciones completas que permitan el descenso de los costes de producción de energía eléctrica con la tecnología fotovoltaica y que permitan una integración en el sistema eléctrico a gran escala.

Para reducir los costes de inversión se identifican las siguientes acciones:

- **Mejora de la eficiencia.** Incremento de la potencia por m² de módulo, lo que reduce el coste por MWp y los costes del resto de equipos del sistema al ocupar menos espacio la misma potencia.
- **Reducción de los costes de fabricación.**

Es de esperar una mejora en la eficiencia de los módulos en los próximos años. Para el caso del silicio cristalino, se espera que la eficiencia pase a ser de entre el 17 y el 22% en 2020 (la del módulo policristalino empleado en este proyecto es de 15,5%). Para el silicio amorfo en capa delgada, se puede llegar a alcanzar entre el 16 y el 17% en 2020 teniendo en cuenta que actualmente apenas se supera el 10%. En ambos casos, la evolución prevista supone continuar la curva de experiencia histórica.

Según las tecnologías, se puede reducir el coste entre un 40 y un 70% si se produce un incremento de la eficiencia de los módulos del 100%. Con cada punto de eficiencia que se incrementa, se reduce el coste de producción entre un 3 y un 10%.

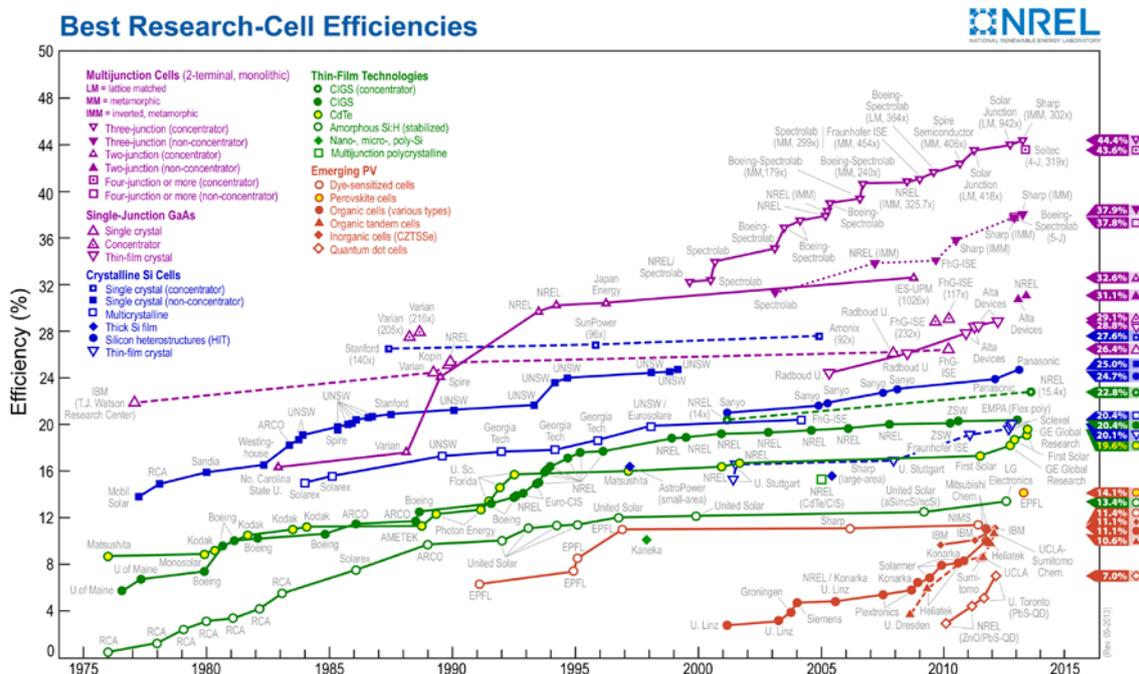


Figura 2.2. Evolución de la eficiencia de células por tecnologías (Fuente: NREL)

2.3. Tecnología basada en el silicio

El silicio es junto con el oxígeno, el material más abundante en nuestro planeta, siendo el material fundamental con el que se fabrican las células cristalinas. El silicio no se encuentra en estado puro, sino unido químicamente al oxígeno en forma de sílice. Para obtener silicio con suficiente pureza se debe separar primero del oxígeno introduciéndolo en un crisol con “polvo de carbono” obteniendo silicio metalúrgico con una pureza del 98%. Aún ha de depurarse más pues para estas aplicaciones no se permiten purezas inferiores a 0.2 ppm. Esta purificación se realiza mediante procesos químicos, produciendo silicio cristalino en lingotes mediante diferentes métodos (Czochralsky para la obtención de silicio monocristalino, fusión en bloques para el policristalino, etc.).

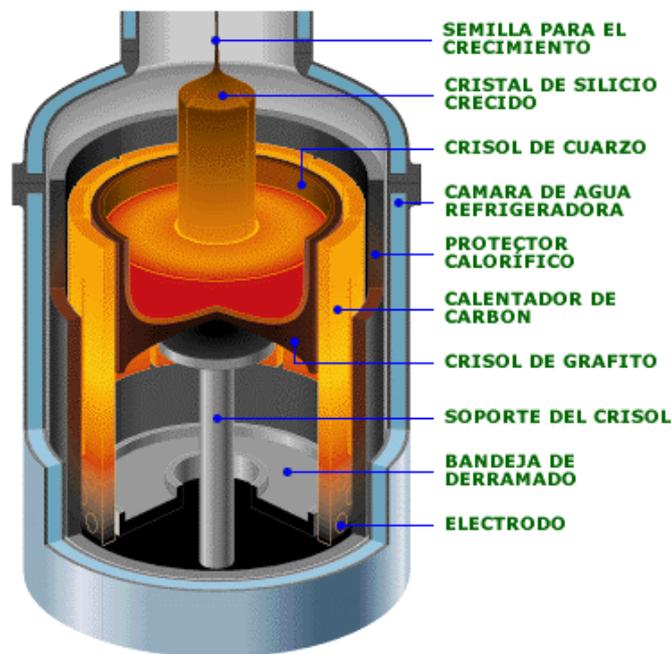


Figura 2.3. Cristalización por el método Czochralsky

A partir de los lingotes se obtienen obleas mediante corte. El espesor de las obleas ha ido descendiendo hasta situarse actualmente en torno a las 150 micras. Una vez obtenida la oblea es necesario mejorar su superficie mediante decapado para eliminar irregularidades y restos. Con la oblea limpia, se procede al texturizado de la misma (solo para monocristalinas) aprovechando las propiedades cristalinas del silicio para obtener una superficie que absorba con más eficiencia la radiación solar incidente.

Después se procede a la formación del semiconductor, para lo cual es necesario dopar, o introducir impurezas, en la red cristalina estable del silicio. Para formar el semiconductor tipo p, se dopa la oblea con un elemento que tiene un electrón menos que el silicio, el boro. Por otro lado se forma un semiconductor tipo n, dopando la otra cara del silicio con fósforo, que tiene un electrón más que el silicio. De esta forma se crea una unión p-n que permitirá que gracias a la energía de la luz, un electrón pase de una capa a otra formando una corriente eléctrica.

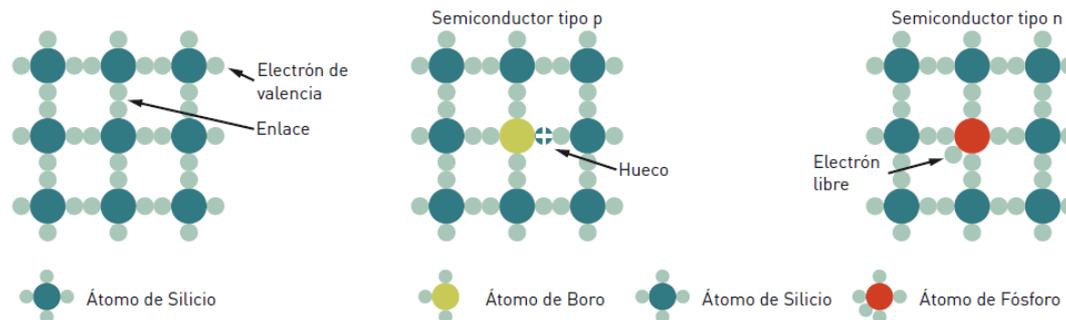


Figura 2.4. Estructura cristalina del silicio dopado (Fuente IDAE)

Posteriormente se formarán los contactos metálicos de la célula, en forma de rejilla en la cara iluminada por el sol, y de forma continua en la cara posterior. La formación de contactos en la cara iluminada se realiza mediante técnicas serigráficas, empleando tecnología láser para obtener contactos de mejor calidad y que ocupen menor espacio. Las últimas tecnologías consiguen alcanzar las máximas eficiencias empleando únicamente contactos posteriores, al eliminar la sombra producida por los contactos en la cara anterior.

En la última fase de fabricación, se suele añadir una capa anti-reflexiva sobre la célula para mejorar las posibilidades de absorción de la radiación solar.

Después de acabar el proceso de fabricación de la célula, se procede a su comprobación, clasificación, conexionado, encapsulado y montaje final de los módulos.

Para tratar de avanzar tecnológicamente las principales evoluciones que se pueden dar son:

- Mejoras en la obtención de silicio purificado. En este campo hay empresas españolas, como Ferroatlántica, liderando proyectos de fabricación, utilización y caracterización de silicio fotovoltaico por vía metalúrgica.
- Mejoras de métodos existentes y nuevos métodos para la cristalización del silicio purificado.
- Mejoras en la fabricación de obleas con espesores cada vez menores y mejor y más eficiente dopado con boro.
- Incremento de la eficiencia de las células, gracias a mejoras en diferentes pasos de fabricación de la célula, a la menor ocupación de superficie de los contactos eléctricos y a la eliminación de los mismos de la superficie expuesta al sol.
- Incremento de la eficiencia de los módulos a través de mejoras en los conexionados de células, en la selección más uniforme de las mismas, etc.

2.4. Tecnologías de capa delgada.

A partir de los años noventa, los procesos de fabricación de células solares de película delgada se han desarrollado fuertemente. El método más desarrollado consiste en cubrir un sustrato (vidrio) con una capa muy fina de un semiconductor sensible a la radiación (fotoactivo).

Se emplean procesos de deposición (*sputter*) o procesos de baños electrolíticos. Como material semiconductor se emplea silicio amorfo, CIS y CIGS.

2.4.1. Capa delgada de silicio

Estos materiales tienen una gran capacidad de absorción de la radiación por lo que basta con espesores menores de 0.001mm para la transformación de la radiación solar en electricidad. La temperatura que se alcanza en el proceso de fabricación de células de película delgada de silicio es de unos 200-500°C frente a los 1500°C que se necesitan en el caso de células de silicio cristalino.

El poco material y la baja energía consumida, junto a la posibilidad de un alto grado de automatización del proceso, ofrecen un considerable potencial de reducción de costes frente a la tecnología de silicio cristalino que se encuentra en una etapa de madurez más avanzada.

Una diferencia en la fabricación de paneles de silicio amorfo con respecto a los cristalinos afecta al proceso de fabricación, que en el primer caso une en una sola etapa lo que para el cristalino son necesarias varias.

En los últimos años se han iniciado en España diversas iniciativas industriales para la producción de módulos de silicio amorfo, destacando los siguientes:

- Grupo Unisolar: produce módulos fotovoltaicos en su planta de Bejar (Salamanca) con una capacidad instalada en el año 2009 de 10MWp/año, ampliando a 20MWp/año en el año 2010.



Figura 2.5. Fabricación de un módulo FV por T-Solar (Fuente T-Solar)

- Grupo T-Solar: produce los módulos fotovoltaicos más grandes del mercado (5,7m²) con tecnología de silicio amorfo hidrogenado en su planta de Orense con una capacidad que supera los 60MWp/año.

2.4.2. Capa delgada de CIS

El material semiconductor activo en las células solares CIS es el diseleniuro de cobre e indio (CuInSe_2). En ocasiones se utiliza CIS unido al Galio (CIGS) obteniendo rendimientos superiores.

Para la fabricación de células se toma el sustrato de vidrio en primer lugar y mediante pulverización catódica se coloca una capa delgada de molibdeno que actúa como electrodo posterior. La capa absorbente tipo p CIS se crea en una cámara de vacío a una temperatura de 500°C al evaporarse simultáneamente el cobre, el indio y el selenio. Otra posibilidad sería colocando los elementos individuales en capas sucesivas.

De todas las células de película delgada, la tecnología CIS es una de las que mayor rendimiento ofrecen hoy en día. Desde el punto de vista económico actualmente no son una alternativa clara frente al silicio cristalino o a otras tecnologías de capa delgada, aunque se espera una reducción de costes en su producción. El rendimiento que se alcanza con esta tecnología es del 10-12%.

2.4.3. Células telururo de cadmio (CdTe)

La elaboración de células solares de telururo de cadmio se consigue a partir de un sustrato con una capa conductora transparente, generalmente de óxido de estaño. Se coloca sobre ésta una capa conductora ventana tipo n de CdS y a continuación una capa conductora absorbente tipo p de CdTe.

Los procedimientos de elaboración empleados son procedimientos sencillos como serigrafía, separación galvánica o spray. Para módulos de grandes dimensiones se emplean procedimientos de evaporación en los que se mantienen suficientemente alejados la fuente de vapor y el sustrato. La separación de las capas de CdS y de CdTe se lleva a cabo a unas temperaturas de unos 700°C mediante procesos de vacío.

El principal inconveniente radica en la toxicidad del cadmio. Sin embargo la unión CdTe no es tóxica y es muy estable. Los riesgos medioambientales y de salud solo aparecen en estado gaseoso, por lo que es necesario un exhaustivo control durante la etapa de fabricación y reciclado, y además durante la explotación para prevenir incendios que puedan provocar combustión accidental de los módulos.

2.4.4. Capa delgada multiunión (III-V)

Las células multiunión son las fabricadas con materiales de los grupos III y V de la tabla periódica (arseniuros de Indio y Galio). Son células altamente eficientes que han sido concebidas para ser utilizadas en aplicaciones especiales que requieren un alto rendimiento (satélites, vehículos de exploración espacial...)

Constan de múltiples capas delgadas, cada una constituida por un semiconductor diferente. Una célula de triple unión podría estar compuesta por GaAs, Ge y GaInP_2 .

Cada tipo de semiconductor se caracteriza por una banda de energía, que le hace más sensible a absorber radiación electromagnética de una determinada región del espectro solar.

Los semiconductores se escogen cuidadosamente para que se complementen y logren absorber el mayor rango posible del espectro solar.

Las células multiunión de GaAs son las células solares más eficientes hasta la fecha, alcanzando valores superiores al 40% en laboratorio (ver figura 2.2), aunque también son las más costosas de fabricar, por lo que son habituales en tecnologías de alta concentración, donde la sustitución del elemento activo por elementos ópticos de concentración es más rentable.

Con carácter general para todas las tecnologías de capa delgada (salvo para las células de triple unión) las perspectivas tecnológicas pasan por el incremento de la eficiencia, ya que los menores costes de producción de módulos de capa delgada se ven compensados con mayores costes de cableados, estructuras, terrenos, etc., debido a la menor eficiencia de estas tecnologías con respecto a las de silicio cristalino.

Las líneas de desarrollo se centran en mejorar los procesos de deposición/dopado de elementos en la fabricación de células solares (aumentando el ratio de deposición), y en el desarrollo avanzado del proceso industrial y de la producción a gran escala de estas tecnologías.

Así mismo, las mejoras en el control de la degradación inicial en los módulos de película delgada de silicio dotarán de mayores eficiencias a estas tecnologías.

2.5. Tecnologías de concentración fotovoltaica

Son tecnologías fotovoltaicas que usan sistemas ópticos de concentración de la radiación solar sobre las células solares altamente eficientes. Utilizan la radiación solar directa y necesitan sistemas de seguimiento solar bastante precisos.



Figura 2.6. Masdar-city, proyecto de concentración solar en Abu Dabi (Fuente: Hansgrohe España)

España es el primer país del mundo por potencia instalada de sistemas comerciales de concentración fotovoltaica, existiendo una industria asociada potente a nivel mundial. Las principales empresas fabricantes en España son:

- Guascor Fotón
- Isofotón
- Sol3g
- Renovalia FTV
- BSQ Solar
- Soltec
- Zytech Solar.

Así mismo en Puertollano se encuentra el Instituto de Sistemas Fotovoltaicos de Concentración (ISFOC), líder en el ensayo y caracterización de estos equipos.

La tecnología de concentración fotovoltaica presenta una serie de ventajas frente a otras energías renovables, como son una mayor eficiencia y una menor sensibilidad de costes respecto del precio del material semiconductor. También ofrecen un mínimo tiempo de retorno energético, plazo en el cual los módulos FV producen la energía necesaria para la fabricación de sus componentes, que se cifra inferior a un año para 2015.

Por otra parte destaca su agilidad para ampliar las escalas de producción, pues al utilizar muchos materiales convencionales se cuenta con mucha capacidad de producción instalada, o sea que el arranque de fabricación requiere un menor capital que otras tecnologías FV.

Así pues, los sistemas de alta concentración HCPV cuentan con buenas perspectivas de futuro. La concentración FV se ha convertido en una herramienta que permitirá utilizar células de muy alta eficiencia, aunque sean muy sofisticadas, pues el coste unitario se podrá reducir mediante un alto factor de concentración.

Los elementos que constituyen estos sistemas son:

- Célula solar. Se usan básicamente células multiunión que alcanzan eficiencias del 40%.
- Sistema óptico. Los mecanismos de concentración solar pueden realizarse mediante lentes o espejos, que refractan o reflejan la luz sobre el receptor que alberga la célula. El factor de concentración puede ser de unas decenas (baja-media concentración) a un millar, reduciéndose en la misma medida el área de la célula necesaria para entregar una determinada potencia.

- Seguidor solar. En los sistemas de concentración es necesario hacer uso de un sistema que permita a la célula estar orientada siempre al sol, siguiendo su trayectoria en todo momento.

Sin embargo las tecnologías de concentración FV podrían tener dificultades para atraer capital inversor en proyectos en un escenario de precios bajos de los módulos convencionales de silicio o capa delgada, sin una regulación específica que ayude a esta tecnología a alcanzar, en poco tiempo, el reconocimiento de calidad y la confianza en su fiabilidad que la tecnología convencional ha obtenido en 20 años.

Así, para que esta tecnología pueda avanzar en su curva de aprendizaje con el incremento de producción y la consiguiente reducción de costes, es necesario un apoyo que le permita competir con otras tecnologías, ya que actualmente representa un mayor coste de inversión y un mayor nivel de riesgo tecnológico. En este momento España y USA podrían ofrecer políticas favorables y excelentes condiciones naturales para el desarrollo de concentración solar FV.

Las principales tendencias tecnológicas pasan por reducir los altos costes actuales, aumentar la eficiencia de los módulos, conseguir mejoras en toda la cadena de producción, desarrollar sistemas ópticos duraderos en intemperie, y conseguir una alta precisión en el ensamblaje de módulos (óptica y célula principalmente).

2.6. Tecnologías orgánicas

Las células fotovoltaicas orgánicas son células solares, en las que al menos la capa activa se compone de moléculas orgánicas. Existen principalmente tres tipos:

- Las células fotovoltaicas orgánicas moleculares
- Las células fotovoltaicas de polímeros orgánicos
- Las células fotovoltaicas híbridas

Desarrollándose desde 1990, constituyen una apuesta por reducir el costo de la electricidad fotovoltaica de una manera drástica. Las células fotovoltaicas orgánicas se benefician del bajo coste de los semiconductores orgánicos, así como de muchas posibles simplificaciones en los procesos de fabricación. Ofrecen la perspectiva de una producción en continuo (*roll to roll*) que permite el acceso a módulos solares a un precio muy competitivo.

Aún en investigación experimental, el mayor rendimiento en laboratorio es del 10%.

Por último cabe citar otras tecnologías actualmente en fase de investigación o desarrollo, como las tintas solares (basadas en silicio o CIGS) que podrían con seguir costes de producción de energía muy por debajo de los actuales, si bien actualmente la eficiencia de estas opciones apenas ha superado el 2%.

2.7. Distribución de radiación en España

El potencial en España para la energía solar fotovoltaica es inmenso y viene determinado por el nivel de irradiación solar. En nuestro país se recibe de media una irradiación global de 1600kWh/m² al año sobre superficie horizontal, situándonos a la cabeza de Europa.

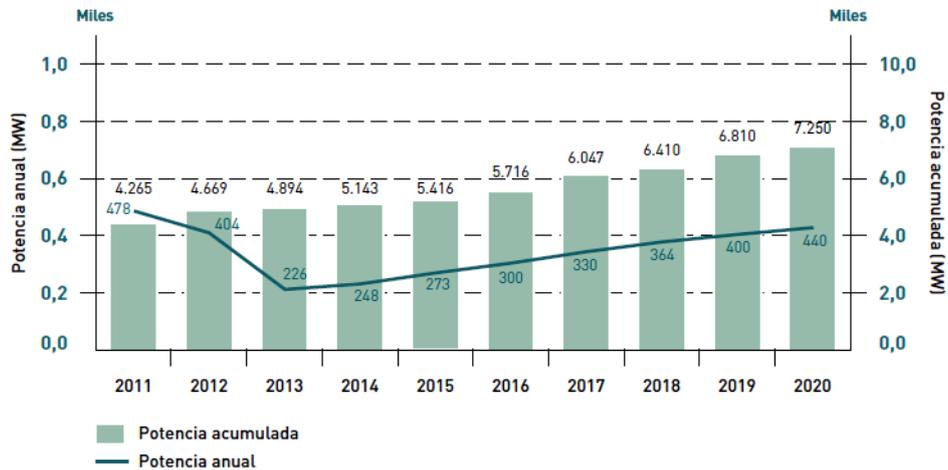


Figura 2.7. Evolución estimada de la potencia anual y estimada hasta 2020 (Fuente IDAE)

Sin embargo, pese al gran potencial existente, la potencia fotovoltaica instalada el año pasado fue de 231 MW, muy por debajo de las estimaciones del gráfico anterior, siendo la potencia total acumulada hasta fin de 2012 de 4,475 GW.

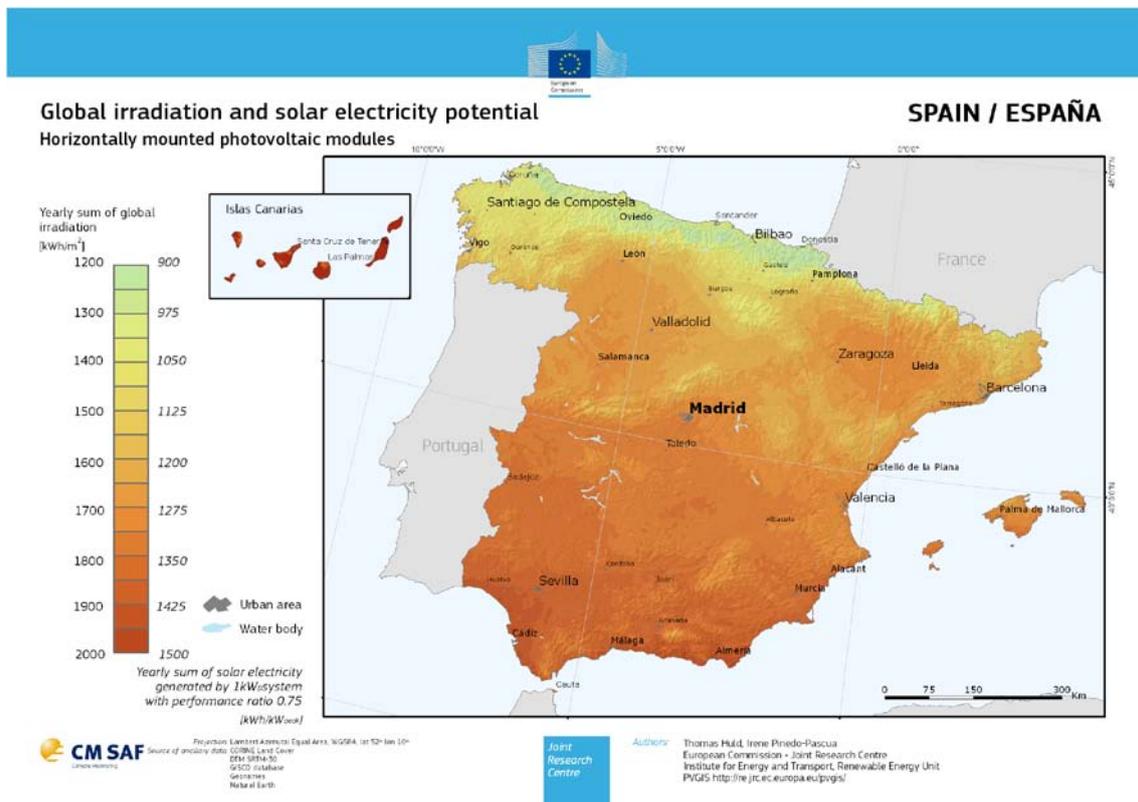


Figura 2.8. Irradiación global y potencial solar eléctrico para módulos FV horizontales España (Fuente: JRC)

Como se puede observar en las figuras 2.8 y 2.9 se dispone de un recurso más abundante en el sur que en el norte donde la zona de mayor irradiación casi duplica la de menos.

Para la zona implicada en este proyecto, que es una de las zonas de España con menor irradiación, se tiene un valor de aproximadamente 1500 kWh/m² al año para un módulo inclinado óptimamente, según se desprende de la figura 2.9, cifra por otra parte muy elevada con respecto a los valores de irradiancia que tienen en países como Alemania, con una potencia instalada equivalente a la suma del resto de países de la Unión Europea.

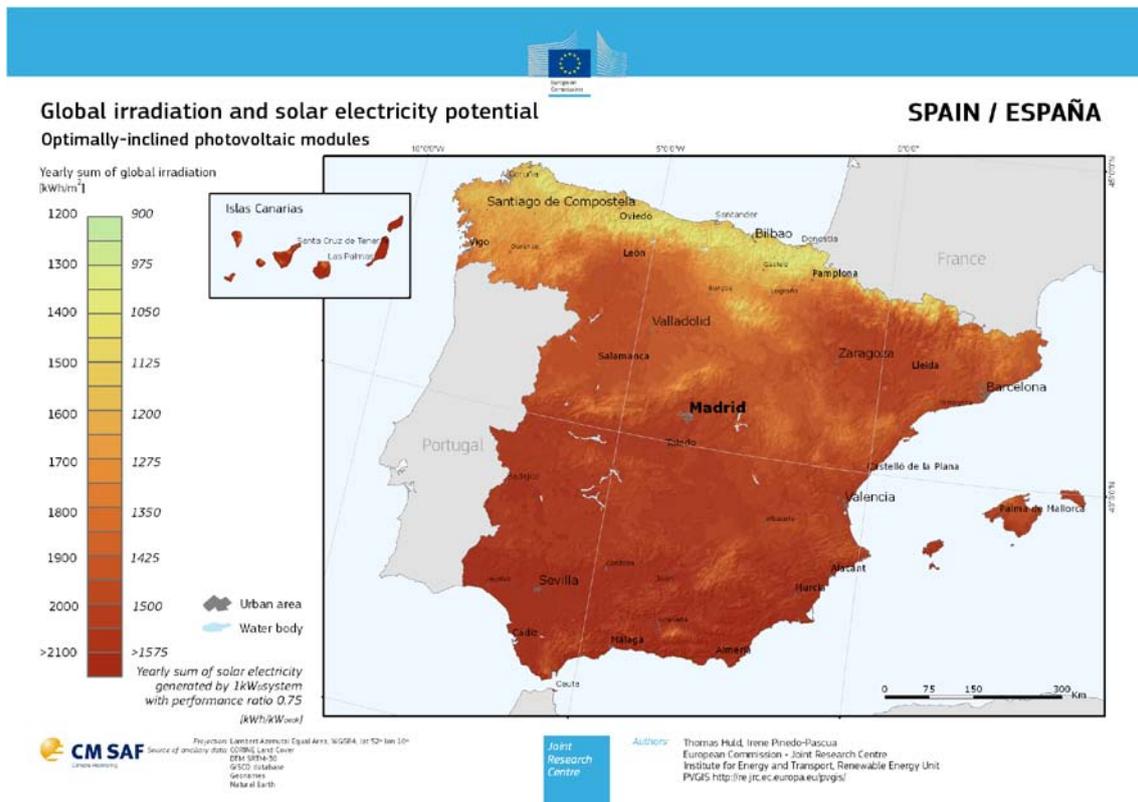


Figura 2.9. Irradiación global y potencial solar eléctrico para módulos FV inclinados óptimamente en España (Fuente: JRC)

3. Instalación del sistema

3.1. Emplazamiento de la instalación

El emplazamiento del sistema FV se plantea en una parcela particular en el pueblo de Ceceñas en el Ayuntamiento de Medio Cudeyo en Cantabria, siendo las coordenadas del lugar establecido para la colocación del módulo FV 43°22'18.92"N, 3°42'45.90"W. El sistema dará cobertura al alumbrado exterior de una vivienda unifamiliar ubicada en un paraje singular. La colocación del panel ha supuesto un dilema a la hora de elegir entre la mejor ubicación para evitar tirar el menor número de metros de cable posible o su colocación en una zona donde no rompa la estética de la construcción. Finalmente se tomó la segunda opción para no tener que instalar el panel en el tejado (pues las aguas del tejado están orientadas a Este y Oeste), lo cual supuso un alejamiento del módulo de 30m aproximadamente al estar la vivienda rodeada de arboles y de otras construcciones. Para evitar que el módulo FV quedase expuesto a sombras se montó en un poste a más de 6m de altura.

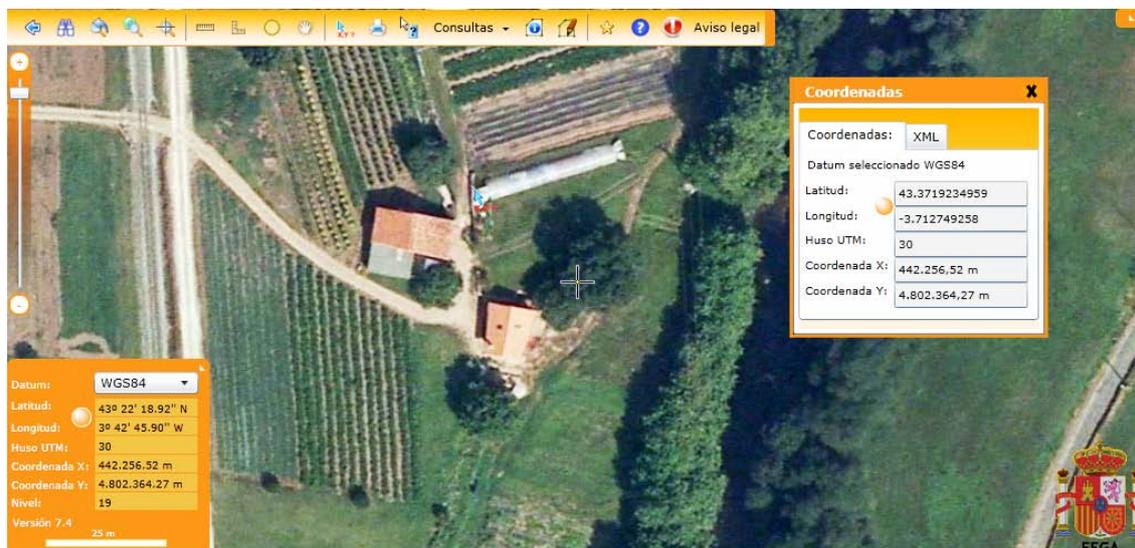


Figura 3.1. Emplazamiento del panel FV (Fuente: SIGPAC)

3.2. Estimación de la energía obtenida

Para estimar la energía final obtenida del sistema fotovoltaico aislado se contó con la ayuda de la aplicación gratuita PVGIS, introduciendo una serie de datos acerca de la instalación:

- **Potencia pico, o potencia nominal instalada.** Es la potencia que el fabricante de los módulos fotovoltaicos declara que estos pueden producir bajo condiciones estándar de medida (CEM). Es decir, bajo un nivel constante de irradiancia solar sobre el plano de captación de 1kW por metro cuadrado y una temperatura de los módulos de 25°C. Si no se dispone del dato de potencia pico de los módulos pero se conoce el área total de todos los módulos y su eficiencia de conversión (en porcentaje), es posible calcular la potencia pico como potencia = área * eficiencia / 100.

- **Tamaño de las baterías.** Es el tamaño de las baterías empleadas en el sistema aislado, medido en amperios-hora (Ah) (Se asume que las baterías tienen un voltaje de 12V, como es normal para las de plomo ácido. Si el voltaje de la batería utilizada es diferente, sigue siendo posible emplear esta aplicación informática multiplicando el tamaño de la batería por su voltaje real y dividiendo por 12).
- **Limitador de descarga.** Las baterías de plomo ácido se degradan rápidamente si se descargan por completo de forma habitual. Por ello, normalmente se impone un límite de desconexión, de modo que el nivel de carga de la batería no puede descender por debajo de un determinado porcentaje respecto al nivel completo de carga. Este nivel debe ser introducido en este punto. El valor empleado por defecto es 40%.
- **Consumo diurno** Es la energía consumida por todos los equipos eléctricos conectados al sistema durante el día, es decir, mientras el sistema fotovoltaico puede generar electricidad. Es posible introducir el valor directamente (en vatios-hora al día) o se puede emplear la pequeña herramienta de cálculo.
- **Consumo nocturno.** Al igual que el consumo diurno, pero en este caso, considerando el consumo eléctrico que ocurre entre el anochecer y el amanecer del día siguiente.
- **Ángulo de inclinación.** Es el ángulo que presentan los módulos fotovoltaicos respecto al plano horizontal. Para algunas aplicaciones, el ángulo de inclinación viene determinado con anterioridad. Por ejemplo, cuando los módulos fotovoltaicos se colocan sobre un tejado existente. Sin embargo, si existe la posibilidad de elegir el ángulo de inclinación, esta aplicación informática permite calcular el ángulo óptimo (asumiendo un valor constante para todo el año). En el cálculo se considera que los módulos están orientados hacia el ecuador (hacia el sur en el hemisferio norte y viceversa).

El cálculo del funcionamiento del sistema se basa en los valores diarios de irradiación solar en el emplazamiento seleccionado a lo largo de un periodo de 20 años (1985-2004). Se considera un rendimiento del sistema de 0.65. Esto significa que, de la energía eléctrica teórica generada por los módulos fotovoltaicos para un determinado nivel de irradiancia, el 65% se almacenará realmente en las baterías. El resto se pierde debido al descenso del rendimiento de los módulos a altas temperaturas, a pérdidas en los procesos de carga de las baterías y a la incorrecta conexión entre los módulos y las cargas o consumos eléctricos. Este valor representa un sistema bien diseñado con una tensión en los módulos adecuada al nivel de carga de las baterías, y con un controlador simple de carga. Pero no representa a un sistema con inversor ni con control del seguimiento del punto de máxima potencia.

La estimación de la electricidad generada por el sistema FV para el emplazamiento elegido y teniendo en cuenta un uso medio durante todo el año de 3 horas diarias, una potencia instalada de 55W y un acumulador de 55Ah, según el programa PVGIS será:

Lugar: 43°22'18" Norte, 3°42'45" Oeste, Elevación: 37 m.s.n.m,

Potencia nominal del sistema FV: 100Wp

Inclinación de los módulos: 35 grados

Tamaño de la batería: 12 V, 55 Ah

Límite de descarga (%) 40 %

Consumo diurno: 165Wh

Número de días utilizados para el cálculo:	1801
Porcentaje de días con la batería cargada completamente	57%
Energía media no capturada debido a batería llena:	207Wh/día
Porcentaje de días en los que la batería se descarga por completo:	12%
Energía media perdida:	70Wh/día

Tabla 3.1. Resumen de cálculos del sistema

La siguiente gráfica y tabla contienen los valores diarios estimados de la energía eléctrica producida cada mes por el sistema FV autónomo con las propiedades definidas por el usuario. También muestra la media anual de la producción diaria de energía.

Mes	E_d	F_f	F_c
Ene	132.0	17	40
Feb	157.0	51	21
Mar	161.0	53	8
Abr	166.0	77	0
Mayo	164.0	74	0
Jun	165.0	83	0
Jul	165.0	82	0
Ago	164.0	75	0
Sep	164.0	77	0
Oct	161.0	58	5
Nov	138.0	21	35
Dic	132.0	15	40
Año	156.3		

Tabla 3.2. Producción de energía por meses

E_d : Producción de energía media al día (Wh/día)

F_f : Porcentaje de días en los que la batería se carga completamente (%)

F_c : Porcentaje de días en los que la batería se descarga completamente (%)

C_s	C_b
40-46	8
46-52	2
52-58	2
58-64	3
64-70	3
70-76	4
76-82	7
82-88	24
88-94	11
94-100	30

Tabla 3.3. Porcentajes de carga

c_s : Estado de carga al final de cada hora (%)

c_b : Porcentaje de horas con este nivel de carga (%)

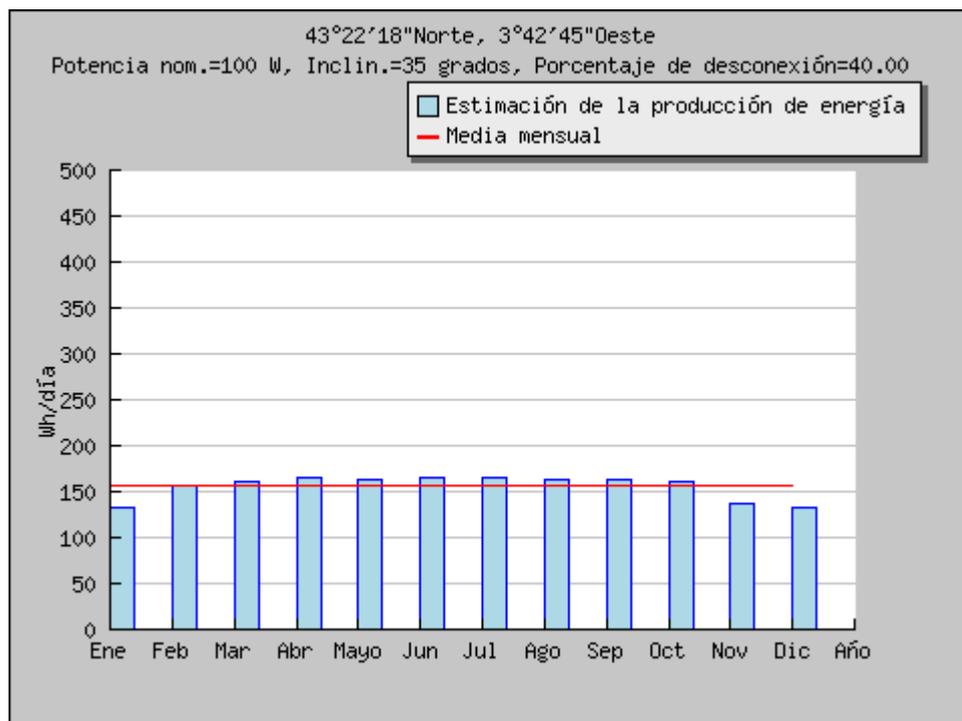


Figura 3.2. Estimación de producción de energía y media mensual

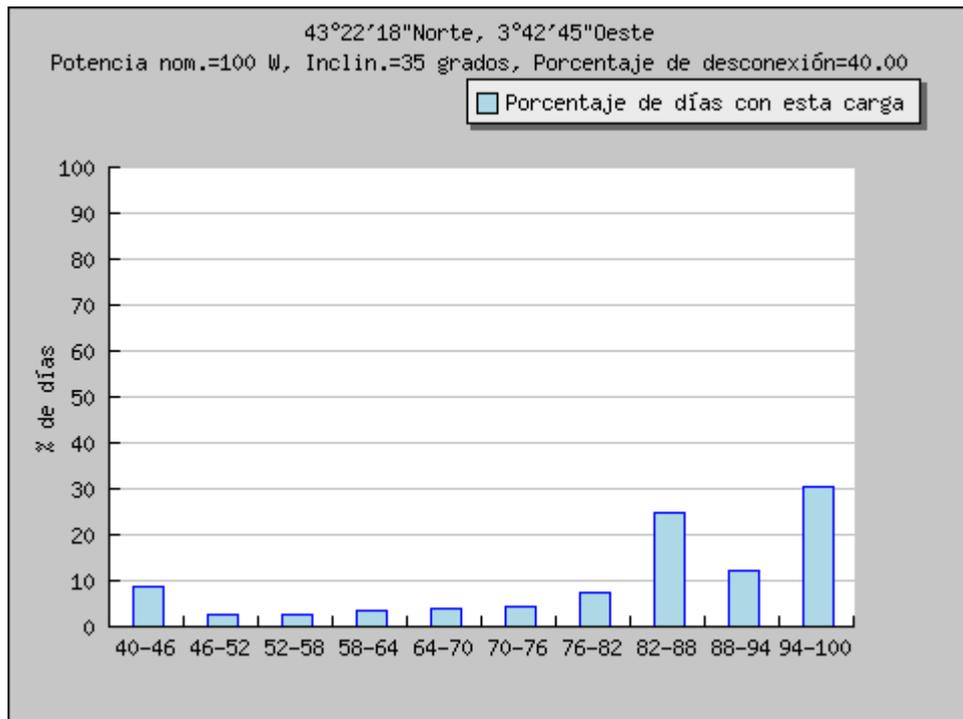


Figura 3.3. Porcentaje de días con distintas cargas

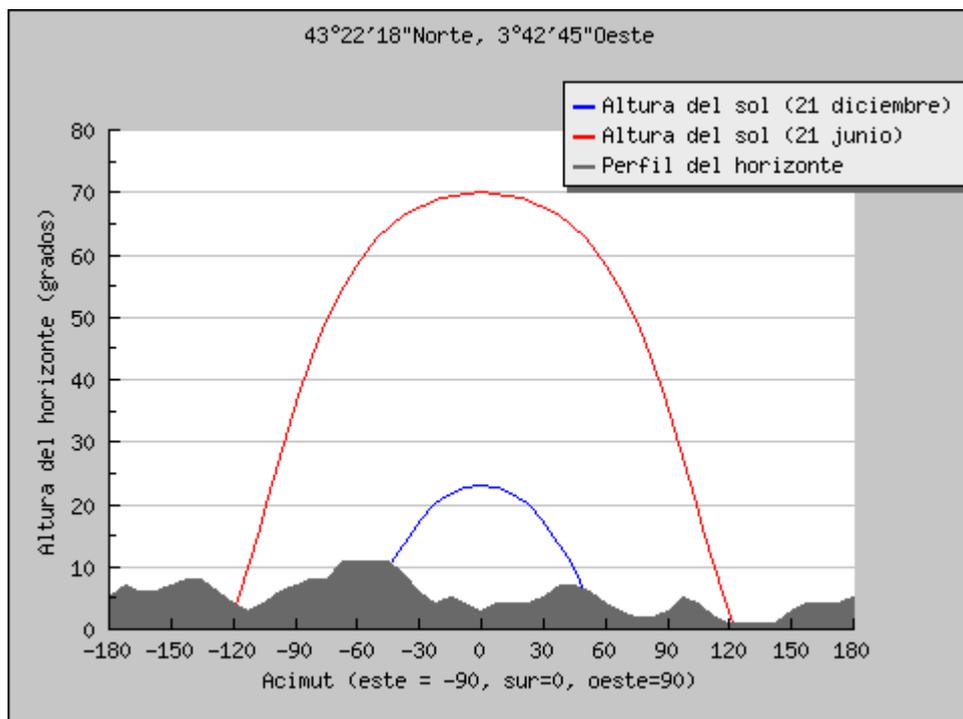


Figura 3.4. Altura del sol en los solsticios

PVGIS © Comunidades europeas, 2001-2012

La reproducción está autorizada, siempre que se informe de la fuente.

Se observa que a raíz de los datos obtenidos, el sistema generará una cantidad de energía más que suficiente en el periodo estival. Sin embargo, en otoño e invierno se estima que la batería se descargará aproximadamente el 12% de los días, es decir unos 44 días en la temporada invernal no se tendrá energía suficiente para iluminar el exterior por las 3 horas diarias que resultaban de media de uso.

Una de las premisas del proyecto era mejorar el confort en el periodo estival, y en vista de los datos calculados, queda garantizado el correcto funcionamiento del sistema en esa época. Para los meses con más probabilidad de descarga de batería por baja irradiancia (noviembre, diciembre y enero), se reducirá el tiempo de encendido de alumbrado vía interruptor horario astronómico para garantizar la iluminación por detector. De esta manera se conseguirá conservar el efecto seguridad-confort, penalizando la cantidad de tiempo del alumbrado exterior fijo que en invierno no deja de ser meramente decorativo, pues no se disfruta tanto del exterior por las bajas temperaturas en comparación con las temperaturas más agradables del verano que invitan a disfrutar del exterior.

SANTANDER		SALIDA Y PUESTA DE SOL PARA 2013												Observatorio Astronómico Nacional											
Latitud y longitud: 43 27 51, - 3 48 12		Hora oficial en la península y Baleares												Instituto Geográfico Nacional											
Año 2013														Ministerio de Fomento, España											
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviemb.	Diciemb.													
	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas	Ort	Ocas							
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m							
1	848	1750	831	1827	752	1904	757	2042	708	2117	637	2149	638	2200	705	2138	739	2050	813	1956	751	1806	828	1740	
2	848	1751	830	1828	750	1905	755	2043	707	2118	637	2150	639	2200	706	2136	740	2049	814	1954	752	1805	829	1740	
3	848	1752	829	1830	748	1907	753	2044	705	2120	636	2151	639	2159	707	2135	741	2047	815	1953	753	1804	830	1740	
4	848	1753	828	1831	746	1908	752	2045	704	2121	636	2152	640	2159	708	2134	742	2045	816	1951	755	1802	831	1739	
5	848	1754	827	1832	745	1909	750	2047	703	2122	635	2152	641	2159	709	2132	744	2043	817	1949	756	1801	832	1739	
6	848	1755	825	1834	743	1910	748	2048	701	2123	635	2153	641	2158	710	2131	745	2042	818	1947	757	1800	833	1739	
7	848	1756	824	1835	741	1912	746	2049	700	2124	635	2154	642	2158	711	2130	746	2040	820	1946	758	1759	834	1739	
8	848	1757	823	1836	740	1913	745	2050	659	2125	635	2154	643	2158	712	2128	747	2038	821	1944	800	1758	835	1739	
9	847	1758	822	1838	738	1914	743	2051	657	2126	634	2155	643	2157	714	2127	748	2036	822	1942	801	1757	836	1739	
10	847	1759	820	1839	736	1915	741	2053	656	2128	634	2155	644	2157	715	2126	749	2034	823	1940	802	1755	837	1739	
11	847	1800	819	1840	734	1917	739	2054	655	2129	634	2156	645	2156	716	2124	750	2033	824	1939	804	1754	838	1739	
12	846	1801	818	1842	733	1918	738	2055	654	2130	634	2156	646	2156	717	2123	751	2031	826	1937	805	1753	839	1739	
13	846	1802	816	1843	731	1919	736	2056	653	2131	634	2157	646	2155	718	2121	752	2029	827	1935	806	1752	840	1739	
14	846	1804	815	1844	729	1920	734	2057	652	2132	634	2157	647	2154	719	2120	754	2027	828	1934	808	1751	840	1739	
15	845	1805	813	1846	727	1922	733	2058	651	2133	634	2158	648	2154	720	2118	755	2025	829	1932	809	1750	841	1740	
16	845	1806	812	1847	726	1923	731	2100	650	2134	634	2158	649	2153	721	2117	756	2023	830	1930	810	1749	842	1740	
17	844	1807	810	1849	724	1924	729	2101	649	2135	634	2159	650	2152	722	2115	757	2022	832	1929	811	1749	843	1740	
18	843	1808	809	1850	722	1925	728	2102	648	2136	634	2159	651	2152	724	2114	758	2020	833	1927	813	1748	843	1741	
19	843	1810	807	1851	720	1926	726	2103	647	2137	634	2159	652	2151	725	2112	759	2018	834	1925	814	1747	844	1741	
20	842	1811	806	1852	718	1928	725	2104	646	2138	634	2159	653	2150	726	2111	800	2016	835	1924	815	1746	844	1741	
21	841	1812	804	1854	717	1929	723	2106	645	2139	634	2200	654	2149	727	2109	801	2014	837	1922	816	1745	845	1742	
22	841	1814	803	1855	715	1930	721	2107	644	2140	635	2200	655	2148	728	2107	802	2013	838	1921	818	1745	845	1742	
23	840	1815	801	1856	713	1931	720	2108	643	2141	635	2200	656	2147	729	2106	804	2011	839	1919	819	1744	846	1743	
24	839	1816	800	1858	711	1932	718	2109	642	2142	635	2200	657	2146	730	2104	805	2009	840	1918	820	1743	846	1744	
25	838	1817	798	1859	709	1934	717	2110	642	2143	636	2200	658	2145	731	2102	806	2007	842	1916	821	1743	847	1744	
26	837	1819	796	1900	708	1935	715	2111	641	2144	636	2200	659	2144	732	2101	807	2005	843	1915	822	1742	847	1745	
27	836	1820	795	1902	706	1936	714	2113	640	2145	636	2200	700	2143	734	2059	808	2003	844	1913	824	1742	847	1746	
28	835	1821	793	1903	704	1937	712	2114	640	2146	637	2200	701	2142	735	2057	809	2002	846	1912	825	1741	847	1746	
29	834	1823	792	1908	702	1938	711	2115	639	2147	637	2200	702	2141	736	2056	810	2000	847	1910	826	1741	848	1747	
30	833	1824	790	1940	709	2116	638	2148	638	2200	703	2140	737	2054	812	1958	812	1958	848	1909	827	1740	848	1748	
31	832	1826	759	2041	759	2041	638	2148	638	2200	704	2139	738	2052	813	1957	813	1957	849	1908	828	1740	849	1749	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m

Se ha considerado el horario adelantado desde el último domingo de marzo al último domingo de octubre. Las coordenadas vienen dadas en grados, minutos y segundos, siendo la longitud positiva al Este y negativa al Oeste del meridiano cero.

Figura 3.5. Salida y puesta de sol para 2013 en Santander (Fuente: Observatorio Astronómico Nacional)

De esta manera la programación recomendada de alumbrado para intentar que la batería no se descargue nunca queda:

- Meses de mayo a agosto: de ocaso a 23:59 (peor caso 3h/día)
- Meses de abril, septiembre y octubre (hasta el cambio de hora): de ocaso a 22:30 de domingo a jueves y de ocaso a 23:59 viernes y sábado (peor caso 3,5h/día)
- Meses de octubre (desde el cambio de hora) a marzo: de ocaso a 22:30 viernes y sábado (peor caso 1h/día de media)

Dicha distribución horaria supone un consumo inferior a 900h al año y garantiza el funcionamiento de ocaso a 22:30 todos los viernes y sábados del año.

3.3. Dimensionado del cableado

Como ya se ha indicado anteriormente, para evitar una ubicación antiestética del módulo solar en las inmediaciones de la casa, se colocará en un poste a aproximadamente 7 metros de altura y a 30 metros de distancia, con la consiguiente penalización en forma de grueso y caro cableado.

Como la instalación se realizará en 12V de corriente continua para evitar el empleo de cualquier equipo de tipo inversor o transformador, la corriente que circulará por los cables de conexión será alta y por ello es necesario realizar un buen dimensionado de la sección del cableado para evitar futuros problemas. Para realizar dicho cálculo se empleará la fórmula común para obtener la sección de un cable de cobre para funcionamiento en corriente continua para una distancia y un amperaje de funcionamiento dado:

$$S = \frac{2 * L * I}{56 * \%}$$

siendo:

S = sección del conductor [mm²]

L = longitud del conductor [m]

I = Intensidad que va a pasar por el conductor [A]

56 = es la constante de la conductividad eléctrica del cobre (35 para el aluminio)

% = porcentaje de tensión admisible (1%, 2% o 3% del voltaje del sistema en [V])

Por lo que en este caso concreto con una longitud de 29,5m y un porcentaje de tensión admisible de un 2%, para un consumo máximo de 55W (4,58A en 12V) se tiene que la sección es de 20,10mm², por lo que se empleará un conductor de 25mm².

De la misma manera para la conexión del módulo solar con el regulador se tiene una longitud de 5,5m y una intensidad máxima de 5,56A resultando una sección de 4,55mm², por lo que se empleará un cable de 6mm².

Para el resto de cableado de distribución de energía a los proyectores y lámparas se empleará cable de 2.5mm², pues tiene sección suficiente, puesto que las distancias son más cortas y aplicando la fórmula en ninguno de los casos supera los 2.23mm² de sección.

3.4. Instalación del módulo fotovoltaico

Para este proyecto se ha elegido un único módulo solar fotovoltaico policristalino de 100Wp. Para su instalación se ha fabricado un pequeño y simple soporte de metal, que permite su perfecta fijación, garantizando en todo momento su correcta orientación y su integridad. El módulo es orientado a Sur y con un ángulo óptimo de inclinación de 35°.



Figura 3.6. Soporte metálico anclado en poste de hormigón

Las características técnicas de este módulo de fabricación china pueden consultarse en el Anexo I al igual que el resto de componentes de la instalación. Cabe destacar la buena relación eficiencia-precio que últimamente están alcanzando este tipo de paneles que se fabrican por debajo de 1€Wp y con eficiencias superiores al 15%. En este caso en concreto con un PVP próximo a $0,7\text{€Wp}$.



Figura 3.7. Módulo solar policristalino

3.5. Instalación de regulador y acumulador

Tanto el regulador como el acumulador se instalan protegidos en el interior de un armario metálico de intemperie con grado de protección IP 66 que protegerá al conjunto de la humedad y el polvo. Instalado en el mismo poste que la placa y a 1,50m del suelo permite un fácil acceso al mantenimiento de los equipos.



Figura 3.8. Conjunto regulador-acumulador en el interior del armario metálico

El regulador empleado permite operar hasta 15A y dispone en su programación de un interesante menú que permite consultar datos del sistema. También está provisto de diferentes dispositivos para proteger su sistema electrónico, su batería y su carga. Cuando se activen los dispositivos de protección, el regulador generará un mensaje de error. Una vez subsanado el error, el dispositivo de protección volverá a desactivarse automáticamente.

La función de protección del regulador incluye los siguientes puntos:

- **Protección contra módulos solares conectados con la polaridad invertida.** La potencia del módulo solar no puede sobrepasar la potencia nominal del regulador.
- **Protección contra consumidores conectados con la polaridad invertida en la salida de carga.** Protege el regulador, no el consumidor.

- **Protección contra baterías conectadas con la polaridad invertida.** Impide la carga y descarga de la batería.
- **Protección contra cortocircuitos en la entrada del módulo.**
- **Protección contra cortocircuitos en la salida de carga.**
- **Protección contra una corriente de carga demasiado alta.** El regulador interrumpe la conexión con la batería y desconecta el consumidor.
- **Prueba sin carga con el regulador en funcionamiento, pero sin batería ni ningún consumidor conectado.** La salida de carga estará protegida de la tensión del módulo.
- **Protección contra corriente inversa.** Impide el paso de corriente inversa hacia el módulo solar por la noche. No es necesario instalar ningún diodo de corriente inversa adicional.
- **Protección contra sobretensión y subtensión.** Desconecta inmediatamente la salida de carga en caso de detectarse una tensión demasiado baja o demasiado alta de la batería.
- **Protección contra sobretemperatura.** En caso de que la temperatura en el interior del regulador aumente demasiado, se desconectará la salida de carga del regulador para reducir las pérdidas de energía.
- **Protección de la salida de carga contra sobrecarga.** En caso de que se sobrepase la corriente de carga permitida, se desconectará la salida de carga.
- **Protección contra sobretensión.** Un varistor situado en la entrada del módulo la protege contra una posible sobretensión > 47 V. El varistor limita la energía de descarga a 4,4 Joule.
- **Protección contra descarga total y contra sobrecarga.** Impide una descarga total o una sobrecarga de la batería.
- **Cumple con todas las normas europeas (CE).**

El regulador se ha montado cerca de la batería y sobre una superficie estable, vertical, no inflamable, lisa y seca. El cable de la batería es lo más corto posible (0,4 m en este caso) y tiene una sección de $2,5 \text{ mm}^2$ para mantener las pérdidas a un bajo nivel. Se ha instalado dentro del mismo armario metálico que el acumulador para que estén en las mismas condiciones de temperatura y tenga un buen funcionamiento de la compensación de temperatura de la tensión de carga.

Incluso cuando funciona correctamente el regulador genera calor, por eso se ha montado de forma que la ventilación trasera necesaria para el enfriamiento del regulador no quede obstruida de ninguna manera, garantizando la suficiente circulación del aire para el enfriamiento del aparato, dejando unos 15 cm libres a cada lado del regulador.

Como acumulador se ha escogido una batería sellada tipo plomo-ácido de tipo AGM (Absorption Glass Mat). Este tipo de baterías disponen de una delgada manta de fibra de vidrio que inmoviliza el ácido entre las placas de plomo absorbiéndose mejor. Tienen una resistencia eléctrica interna muy baja que junto con la migración más rápida del ácido permite que las baterías AGM entreguen y absorban tasas más altas de corriente eléctrica que otras baterías durante su carga y descarga

3.6. Instalación del interruptor horario astronómico

El interruptor horario astronómico está diseñado para controlar la carga luminosa en función de las horas de ortos y ocasos. Dispone de un programa que ajusta automáticamente el horario de encendido y apagado sin necesidad de mantenimiento. La localización geográfica se realiza seleccionando entre 52 ciudades españolas. Equipado con una batería interna de larga duración le permitirá mantener su programación aún en ausencia de energía. Tiene 22 espacios de memoria en 2 circuitos independientes que pueden ser programados de forma astronómica o con horarios fijos.



Figura 3.9. Interruptor horario astronómico instalado en una caja estanca

El equipo está internamente protegido contra las interferencias por un circuito de seguridad y se ha instalado en la caja estanca de las conexiones de proyectores, lámparas y detectores. Se ha procurado una instalación de fácil acceso para que la programación por el usuario sea lo más cómoda posible.

3.7. Instalación del sistema de alumbrado y los detectores de presencia

La instalación de las distintas partes de las que se compone el sistema de alumbrado se han ubicado tratando de sacar el máximo rendimiento al tipo de equipos instalados y tratando de abarcar la mayor zona posible de alumbrado.

Se han elegido equipos con tecnología LED de muy bajo consumo, lo que ha permitido instalar 4 puntos de luz con una suma total de 54W instalados. Divididos en dos circuitos, uno de ellos se compone de un proyector LED de 20W con un detector PIR para facilitar el acceso e iluminar la entrada trasera de la vivienda.



Figura 3.10. Conjunto proyector LED y detector PIR

El otro circuito está compuesto por un proyector LED de 20W, y dos lámparas de LEDs de 7W cada una, siendo los tres equipos accionados con un detector PIR. En ambos casos los detectores están instalados en paralelo con el interruptor horario astronómico de forma que estos actúan sobre el sistema cuando el interruptor no está encendiendo el sistema de alumbrado. El proyector es estanco IP65, y está orientado de manera que ilumine la fachada Oeste en la que se encuentra la puerta principal de entrada a la vivienda.

Las dos lámparas hacen función decorativa y de “guiado” a la entrada principal. Disponen de casquillo E27 para su utilización en dos farolillos estándar que están instalados en los accesos a la vivienda. En todos los casos se ha optado por instalar equipos que emiten luz cálida de aproximadamente 2700 – 3500°K.



Figura 3.11. Lámparas con casquillo E27 para poderlas colocar en farolillo estándar



Figura 3.12. Conjunto placa-soporte en poste de hormigón

4. Análisis de costes

4.1. Costes de la instalación

Para la realización de este proyecto no sólo se han realizado los cálculos necesarios para dimensionar esta peculiar aplicación, sino que además se han adquirido los elementos necesarios para su montaje real. Procurando realizar un cuidado diseño para que la instalación resulte lo más sencilla y barata posible, se resumen a continuación en una lista, los elementos empleados:

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio	Precio Total
1	Módulo FV Policristalino 100Wp	1	69,10€	69,10€
2	Regulador de 15A	1	88,90€	88,90€
3	Batería AMG de 55Ah	1	99,90€	99,90€
4	Interruptor astronómico	1	132,69€	132,69€
5	Proyector LED (20W)	2	40,95€	81,90€
6	Lámpara LED (7W)	2	3,69€	7,38€
7	Detector de Presencia	2	6,65€	13,30€
8	Cuadro eléctrico	1	70,00€	70,00€
9	Cable 25mm	59m	2,13€	125,67€
10	Cable 2,5mm	51m	0,44€	22,44€
11	Material vario	-	67,18€	67,18€
				Total: 778,46€

*No se tienen en cuenta los gastos de instalación

Tabla 4.1. Costes de la instalación con alimentación FV

Los costes de inversión de instalaciones de cierto tamaño, diferenciadas según las tipologías, estaban en el año 2010 en una horquilla que iba (según fuentes) de 2,59€₂₀₁₀/Wp a 3,68€₂₀₁₀/Wp para instalaciones sobre tejado y de 2,27€₂₀₁₀/Wp y 3,35€₂₀₁₀/Wp para instalaciones en suelo. El tipo de instalación que atañe a este proyecto no puede englobarse ni en una ni en otra tipología, pero da una idea de los costes aproximados.

Por ser de reducido tamaño y disponer únicamente de un solo módulo, los costes de inversión por Wp que se obtienen son ligeramente mayores, 3,47€Wp (no se ha incluido en el cálculo el precio de los elementos que forman la carga del sistema). En la siguiente gráfica se observa el reducido coste del panel frente al resto de la instalación:

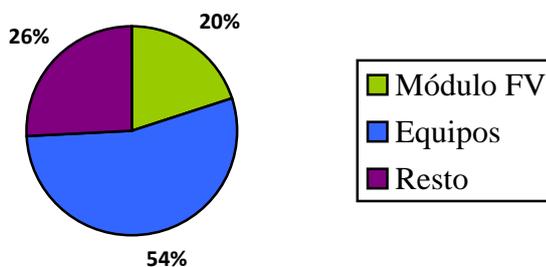


Figura 4.1. Costes de inversión de únicamente el sistema FV

4.2. Comparación con la instalación conectada a red

Para obtener la amortización y la rentabilidad de este tipo de instalación se compara con el coste de inversión si estuviese conectada a red, y el coste de funcionamiento en concepto de pago a la compañía suministradora de los kW/h consumidos teniendo en cuenta el precio actual del kW/h.

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio	Precio Total
1	Interruptor astronómico	1	132,69€	132,69€
2	Proyector LED (20W)	2	40,95€	81,90€
3	Lámpara LED (7W)	2	3,69€	7,38€
4	Detector de Presencia	2	6,65€	13,30€
5	Cable 2,5mm	51m	0,44€	22,44€
6	Material vario	-	34,64€	34,64€
				Total: 292,35€

Tabla 4.2. Costes de la instalación conectada a red

La diferencia del coste de inversión de un alumbrado de estas características entre solar y conectado directamente a red es de aproximadamente 486,11€ Este elevado coste es debido en parte al cableado que ha sido necesario emplear para disponer el módulo solar a 30 metros del resto de la instalación.

Suponiendo un uso medio diario de tres horas, se tiene que el sistema estará iluminado durante 1095h/año. Con un consumo de 55W tenemos un total de 60,225kW/h en un año. Teniendo en cuenta que el precio del kW/h en este año es de 0.1775€, impuestos incluidos (IVA e Impuesto eléctrico), tenemos un gasto anual de 10.69€

4.3. Amortización de la instalación

Las tendencias de los últimos 10 años sugieren un incremento anual del 8% en la factura de la luz, por lo que el aumento paulatino del precio del kWh permitirá amortizar la instalación en un menor tiempo.

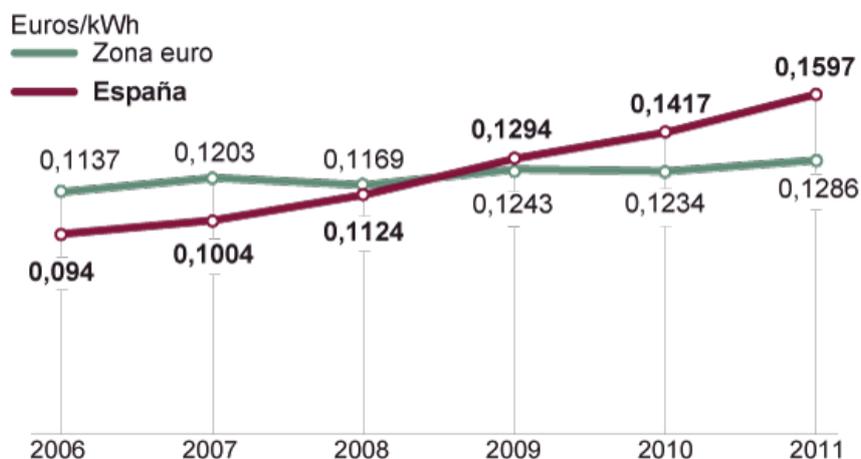


Figura 4.2. Precio de la electricidad para consumidores domésticos

Teniendo este tipo de subida en cuenta, para amortizar la instalación solar del proyecto serían necesarios casi 20 años.

Por otra parte, si se hubiese colocado el módulo solar al lado de la instalación, la diferencia sería de aproximadamente 346,83€ lo que permitiría ahorrar el coste del cableado de 25mm² y algo de material, siendo esta cantidad amortizable en poco más de 16 años.

Tipo de Instalación	Coste Total	Diferencia	Amortización
Instalación a red existente	292,35€		
Instalación solar	639,18€	346,83	16 años
Instalación solar distante	778,46€	486,11	20 años

Tabla 4.3. Comparación de costes según el tipo de alimentación de la instalación y su amortización

5. Toma de datos experimentales

5.1. Toma de datos

Una vez finalizado el montaje y realizadas las pruebas de primer encendido, se comienza a tomar los datos ofrecidos por la programación del regulador. Pese a no tener la precisión de un instrumento de medida propiamente dicho, si que sirve para tener una aproximación orientativa del estado de carga de la batería (SOC en %), los Ah cargados en la misma y los consumidos por la carga.



Figura 5.1. Visualización del histórico de energía generada en la pantalla del regulador

Durante su funcionamiento, el regulador controla distintos parámetros (V, I) de la batería y, a partir de ellos, calcula el estado de carga de la batería (SOC). El estado de carga es el nivel de energía que se encuentra todavía en la batería. Gracias al aprendizaje progresivo del sistema, el regulador tiene en cuenta automáticamente los cambios que se han producido en la instalación, como por ejemplo los causados por el proceso de envejecimiento de la batería.

Gracias a la información que aparece en el indicador de SOC, se tendrá en todo momento un control exacto del estado de carga de la batería. Adicionalmente, el regulador se basa en los valores de SOC para regular la selección del modo de carga y la protección contra descarga total, lo que garantiza un uso óptimo de la batería. En caso de que uno de los parámetros no pueda ser medido, por ejemplo porque haya un consumidor o una fuente de carga conectados directamente a la batería, el cálculo de SOC será incorrecto. En este caso, puede cambiarse el modo del regulador por el modo “regulación por tensión” (con barra de indicación), que es más sencillo y tiene tensión aplicada. Cada vez que se ponga en marcha el regulador se realizará de nuevo un cálculo de SOC.

Control FV		Configuración: D-L-M-X-J de ocaso a 22:30; V-S de ocaso a 23:59		
Día	Batería (%)	Cargado (Ah)	Consumo (Ah)	Meteo
24-09-2013	100	12	10	
25-09-2013	99	13	10	
26-09-2013	99	13	10	
27-09-2013	98	8	18	
28-09-2013	96	14	17	
29-09-2013	97	20	11	
30-09-2013	100	17	11	
01-10-2013	100	11	11	
02-10-2013	100	12	12	
03-10-2013	100	15	11	
04-10-2013	99	11	18	
05-10-2013	99	19	18	
06-10-2013	100	18	11	
07-10-2013	100	14	11	
08-10-2013	100	13	11	
09-10-2013	100	11	11	
10-10-2013	100	6	13	
11-10-2013	98	4	18	
12-10-2013	99	32	19	
13-10-2013	99	20	13	
14-10-2013	100	14	12	
		T: 298	T: 276	

Tabla 5.1. Toma de datos experimentales

En la tabla anterior se muestran los datos obtenidos de la lectura del regulador a lo largo de las tres semanas indicadas (última de septiembre y las dos primeras de octubre). Durante todo el periodo que dura el experimento se observa que el buen tiempo permite tener la batería cargada al 100% más de la mitad de los días, no llegando a estar por debajo del 96% en ningún momento.

A lo largo de los 21 días el sistema ha cargado 298A/h lo que supone una media de 14,19A/h al día (170,28W/día). El consumo de la carga totaliza 276A/h lo que supone un gasto de 13,14A/h que es aproximadamente 157,71W/día. Se ha de tener en cuenta que los cálculos fueron hechos estimando un consumo de 165W/día.

A raíz de estos datos y comparando con la previsión que se había calculado, se tiene que en la primera semana, correspondiente a Septiembre, la producción de energía media al día es de 169,71 Wh/día en comparación con los 164,0 Wh/día que se habían calculado, y el porcentaje de días de carga total de la batería es del 28,57% en vez del 77%.

Durante las dos primeras semanas del mes de octubre se almacenan 180Wh/día (161,0Wh/día calculados) y el porcentaje de días de carga total de la batería es del 64,28% frente al 58% calculado.

La dependencia de la meteorología hace que las comparaciones entre los cálculos estimativos y las medidas reales difieran según el tiempo sea más soleado o más nublado para esta época del año. Además el periodo de toma de datos tampoco es el más adecuado por ser dicho periodo más cambiante meteorológicamente hablando.

Se podría haber tenido una comparación más concluyente tomando un periodo más largo (al menos un año). De todos modos, se puede observar que los datos tomados tampoco difieren mucho de los cálculos obtenidos, pudiendo afirmar que el funcionamiento es satisfactorio y se cumplen los objetivos definidos en el proyecto.

5.2. Inspección termográfica del módulo FV

Esta instalación fotovoltaica está compuesta, como ya se ha visto, por un módulo fotovoltaico, un regulador, un acumulador, cableado, etc. Todos estos elementos forman un sistema cuyo correcto funcionamiento va a proporcionar el retorno de la inversión en el periodo calculado. La termografía infrarroja ayudará a anticipar y localizar problemas para conseguir ese buen funcionamiento.



Figura 5.2. Cámara termográfica Fluke Ti30 (Fuente: Fluke)

La relación existente entre la tensión y la corriente proporcionada por la célula viene dada por su característica I/V. En el caso de que la célula esté sometida a radiación solar el valor de $I \cdot V$ será mayor que cero, es decir, generará electricidad. Sin embargo cuando una celda del módulo solar está averiada o no genera energía porque no recibe la radiación del sol (caso de sombras donde algunas de las celdas no reciben radiación), se puede polarizar de forma inversa pasando a comportarse como una carga, lo cual puede implicar una alta disipación de calor (problema conocido como de puntos calientes o "hot spots"). Esta situación es fácilmente detectable empleando una cámara termográfica.

Para garantizar el correcto funcionamiento se ha realizado una inspección del módulo solar con una cámara termográfica Fluke Ti30. Como puede observarse en la figura 5.3, después de escanear la placa con la cámara, se observa una correcta distribución de temperaturas por toda la superficie del módulo a alto rendimiento (4,5A), teniendo unas diferencias inferiores a 3°C entre distintas zonas de la placa, lo que permite afirmar que el funcionamiento de la misma es correcto y no existe ninguna avería.

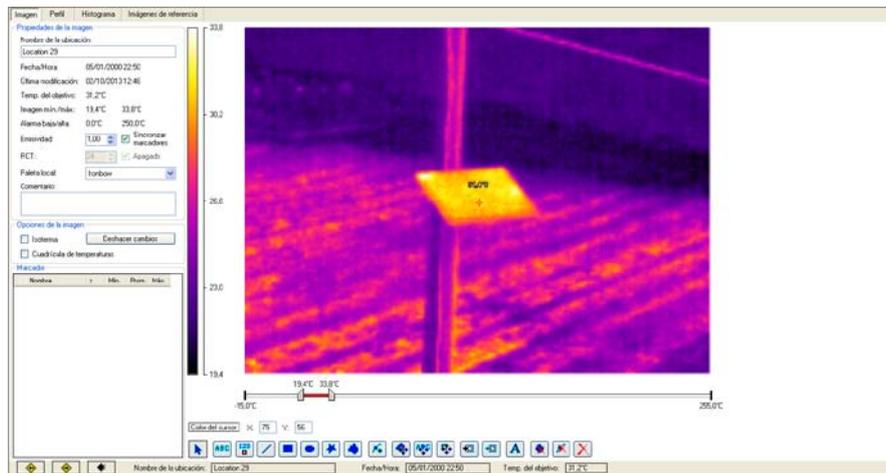


Figura 5.3. Termografía del panel a pleno rendimiento

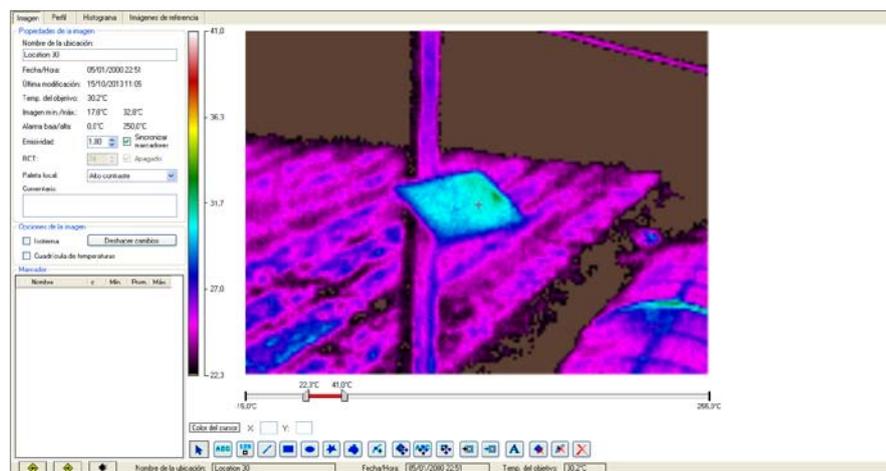


Figura 5.4. Termografía del panel de alto contraste

6. Conclusiones

6.1. Conclusiones finales

Después de hacer el dimensionamiento del sistema y de realizar el montaje de la instalación, y a la vista de los resultados experimentales obtenidos, se puede concluir que:

- ✓ El sistema funciona correctamente. Después de tres semanas probando el sistema, se tiene que el funcionamiento del mismo es correcto y eficaz. **El dimensionamiento es apropiado para conseguir los objetivos marcados.**
- ✓ Se produce un **ahorro energético** al no estar conectado a red. Como se calculó, el uso de esta instalación ahorrará más de 60kW/h anuales. Esto redundará en una reducción de la cantidad de gases nocivos que se emiten a la atmósfera.
- ✗ El proyecto se podía haber realizado con una **menor cantidad de elementos instalados**. Este número de elementos se podía haber reducido si se hubiese instalado la placa al lado de la instalación, pero para no romper la estética de la vivienda se decidió alejar el panel 30 metros de distancia.
- ✗ El hecho de alejar el módulo FV **incrementó la inversión** realizada en más de 130€ Ubicar la placa alejada 30 metros obligó a emplear casi 60 metros de cable de 25mm² que resultó muy caro en comparación con otros elementos de la instalación.
- ✗ Al aumentar la inversión inicial, **se incrementó el tiempo de amortización** de la instalación en 4 años.
- ✓ Se **mejoró el confort**. Poder disfrutar del exterior de la vivienda y tener un acceso a ella más confortable, justifica en gran medida el proyecto.
- ✓ Se aportó un **plus de seguridad** por disuasión. La programación de encendido que permite la iluminación aunque no se esté temporalmente residiendo en la vivienda, y los detectores de presencia, aportan seguridad contra posibles actos malintencionados.

6.2. Viabilidad de la instalación

Después de las conclusiones finales, se está en disposición de responder a la pregunta que se planteaba en la introducción:

¿Es viable este tipo de pequeñas instalaciones aisladas, aplicadas como complemento a una vivienda que ya dispone de conexión a red?

La respuesta, como no, tiene sus matices, y será distinta en función del punto de vista de quién efectúe la respuesta.

Desde un punto de vista “ecológico”, todo lo que contribuya a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, será visto con buenos ojos. Baste observar la potencia fotovoltaica instalada en Alemania, donde se quiere renunciar a la energía nuclear y realizan descomunales inversiones en un tipo de energía que no tiene un nivel muy alto de eficiencia en esas latitudes.

Sin embargo, la inversión realizada en el sistema, aunque no se hubiese encarecido por el alejamiento del módulo fotovoltaico, supondría una amortización a 16 años, lo que económicamente no parece muy ventajoso.

Todo indica que lo mejor de la energía fotovoltaica está por venir, con las mejoras tecnológicas de fabricación y el aumento de la eficiencia de los dispositivos que conllevarán la reducción de costes de inversión.

La concienciación y el apoyo político en el uso de este tipo de energía limpia será primordial para su despegue definitivo y consolidación como una de las más importantes formas de generación de energía alternativa, que tienen en nuestro país el lugar más apropiado de la Unión Europea para su explotación.



Figura 6.1. Conjunto de alumbrado en funcionamiento

Anexo I. Características técnicas

A. Módulo fotovoltaico

TUV Certificated 100W-ZX100P Solar Module

Data Sheet

Produktname	ZXFS-100P HT
Abmessungen (H x B x T) in mm	1060 x 670 x 35
Zellen pro Modul	36
Gewicht in Kg	9,0
Leistung max. (Pmax)	100 W
Spannung max.	17,9 V
Strom max. (Imp)	5,56 A
Leerlaufspannung	21,7 V
Kurzschlussstrom	6,01 A
Modulwirkungsgrad	15,5%
Max. Systemspannung	1000 V

Die Module sind auf Präzisionsautomaten gefertigt, mit einem Alurahmen sowie hagelfestem Sicherheitsglas ausgestattet. Auf der Rückseite befindet sich eine wetterfeste Anschlussdose mit MC4 Steckern.



[lux. pro]	
Solar Module	ZX100P
Rated Maximum Power(Pmax)	100W
Power Tolerance(W)	± 3%
Voltage at Pmax(Vmp)	17.9V
Current at Pmax(Imp)	5.56A
Open-circuit Voltage(Voc)	21.7V
Short-circuit Current(Isc)	6.01A
Nominal Operating Cell Temp	48 ± 2°C
Maximum System Voltage	1000VDC
Maximum Series Fuse Rating	11A
Operating Temperature	-40TO+85°C
Cell Technology	Poly-si
Weight(kg)	9.0
Dimension(mm)	1060*670*35

All technical data at standard condition
E=1000w/m², AM=1.5, T=25°C

CE RoHS TUV Rheinland

0591001980

MADE IN CHINA
ZHEJIANG PUJIANG ZHONGXING CO.,LTD

B. Regulador

Steca PR

PR 1010, PR 1515, PR 2020, PR 3030

La serie de reguladores de carga Steca PR 10-30 es la más destacada entre los reguladores de carga solar.

Las tecnologías de carga más modernas unidas a la determinación del estado de carga con Steca-AntoniC, que ha sido de nuevo claramente mejorada, forman la unidad perfecta para el cuidado y control de la batería para una potencia de módulo de hasta 900 Wp. Mediante de símbolos, un gran display informa al usuario sobre los estados de funcionamiento. El estado de carga se representa de forma visual como si de indicadores de barra se tratasen. Datos como por ejemplo la tensión, el corriente y el estado de carga se pueden visualizar también en el display con números de forma digital. Además, el regulador dispone de un contador de energía que el usuario mismo puede resetear.

Características del producto

- Regulador híbrido
- Determinación del estado de carga con Steca AntoniC (SOC)
- Selección automática de tensión
- Regulación MAP
- Tecnología de carga escalonada
- Desconexión de carga en función de SOC
- Reconexión automática del consumidor
- Compensación de temperatura
- Toma de tierra en uno o varios terminales positivos o sólo en uno de los terminales negativos
- Registrador de datos integrado
- Función de luz nocturna
- Función de autocontrol
- Carga mensual de mantenimiento

Funciones de protección electrónica

- Protección contra sobrecarga
- Protección contra descarga total
- Protección contra polaridad inversa de los módulos, la carga y la batería
- Fusible electrónico automático
- Protección contra cortocircuito de la carga y los módulos solares
- Protección contra sobretensión en la entrada del módulo
- Protección contra circuito abierto sin batería
- Protección contra corriente inversa por la noche
- Protección contra sobretemperatura y sobrecarga
- Desconexión por sobretensión en la batería

Indicaciones

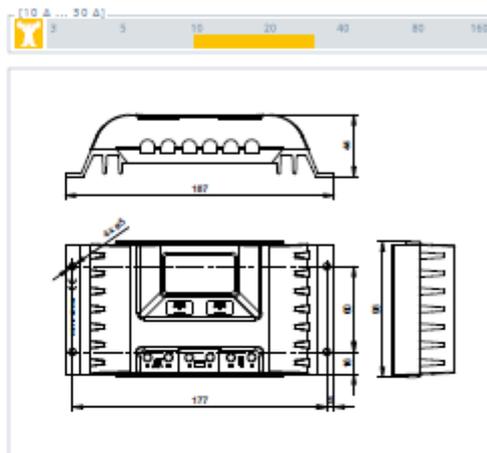
- Display LCD gráfico
 - para parámetros de funcionamiento, avisos de fallo, autocontrol

Manejo

- Fácil manejo con menús
- Programación por medio de botones
- Conmutación manual de carga

Certificaciones

- Aprobado por el Banco Mundial para Nepal
- Conforme a los estándares europeos (CE)
- Conforme a RoHS
- Fabricado en Alemania
- Desarrollado en Alemania
- Fabricado conforme a ISO 9001 e ISO 14001



	PR 1010	PR 1515	PR 2020	PR 3030
Funcionamiento				
Tensión del sistema	12 V (24 V)			
Consumo propio	12,5 mA			
Datos de entrada CC				
Tensión de circuito abierto del módulo solar	< 47 V			
Corriente del módulo	10 A	15 A	20 A	30 A
Datos de salida CC				
Corriente de consumo	10 A	15 A	20 A	30 A
Tensión final de carga	líquido 13,9 V (27,8 V); gel 14,1 V (28,2 V)			
Tensión de carga reforzada	14,4 V (28,8 V)			
Carga de compensación	14,7 V (29,4 V)			
Tensión de reconexión (SOC / LVR)	> 50 % / 12,6 V (25,2 V)			
Protección contra descarga profunda (SOC / LVD)	< 30 % / 11,1 V (22,2 V)			
Condiciones de uso				
Temperatura ambiente	-10 °C ... +50 °C			
Equipamiento y diseño				
Terminal (cable fino / único)	16 mm ² / 25 mm ² - AWG 6 / 4			
Grado de protección	IP 32			
Dimensiones (X x Y x Z)	187 x 96 x 44 mm			
Peso	350 g			

Datos técnicos a 25 °C / 77 °F

Opciones

- Interfaz de prepago
- Sensor de temperatura externo
- Contacto de alarma



Steca PA TS10
Sensor de temperatura externo

C. Batería

6FM55-X 12V 55Ah(20hr)

The rechargeable batteries are lead-lead dioxide systems. The dilute sulfuric acid electrolyte is absorbed by separators and plates and thus immobilized. Should the battery be accidentally overcharged producing hydrogen and oxygen, special one-way valves allow the gases to escape thus avoiding excessive pressure build-up. Otherwise, the battery is completely sealed and is, therefore, maintenance-free, leak proof and usable in any position.



Battery Construction

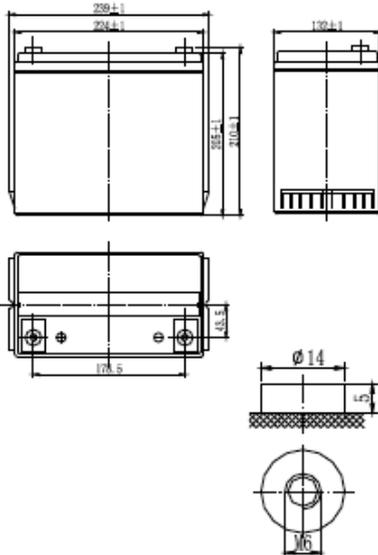
Component	Positive plate	Negative plate	Container	Cover	Safety valve	Terminal	Separator	Electrolyte
Raw material	Lead dioxide	Lead	ABS	ABS	Rubber	Copper	Fiberglass	Sulfuric acid

General Features

- Absorbent Glass Mat (AGM) technology for efficient gas recombination of up to 99% and freedom from electrolyte maintenance or water adding.
- Not restricted for air transport-complies with IATA/ICAO Special Provision A67.
- UL-recognized component.
- Can be mounted in any orientation.
- Computer designed lead, calcium tin alloy grid for high power density.
- Long service life, float or cyclic applications.
- Maintenance-free operation.
- Low self discharge.

Dimensions and Weight

Length(mm / inch)	239 / 9.41
Width(mm / inch)	132 / 5.20
Height(mm / inch)	205 / 8.07
Total Height(mm / inch)	210 / 8.27
Approx. Weight(Kg / lbs)	18 / 39.75



Performance Characteristics

Nominal Voltage	12V
Number of cell	6
Design Life	10 years
Nominal Capacity 77°F(25°C)	
20 hour rate (2.75A, 10.5V)	55Ah
10 hour rate (5.2A, 10.5V)	52Ah
5 hour rate (9.23A, 10.5V)	46.15Ah
1 hour rate (35.1A, 9.6V)	35.1Ah
Internal Resistance	
Fully Charged battery 77°F(25°C)	5.8mOhms
Self-Discharge	
3% of capacity declined per month at 20°C(average)	
Operating Temperature Range	
Discharge	-20~60°C
Charge	-10~60°C
Storage	-20~60°C
Max. Discharge Current 77°F(25°C)	550A(5s)
Short Circuit Current	1400A
Charge Methods: Constant Voltage Charge 77°F(25°C)	
Cycle use	14.4-14.7V
Maximum charging current	16.5A
Temperature compensation	-30mV/°C
Standby use	13.6-13.8V
Temperature compensation	-20mV/°C

Discharge Constant Current (Amperes at 77°F25°C)

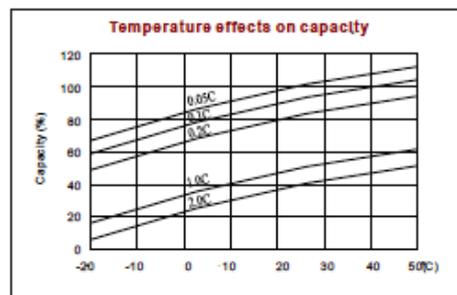
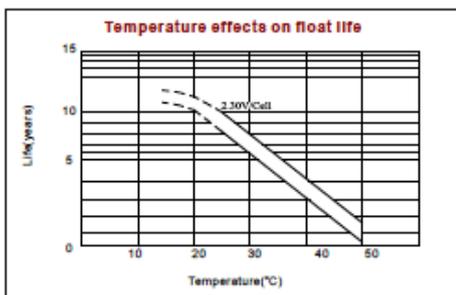
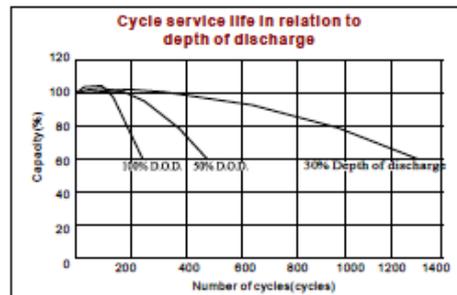
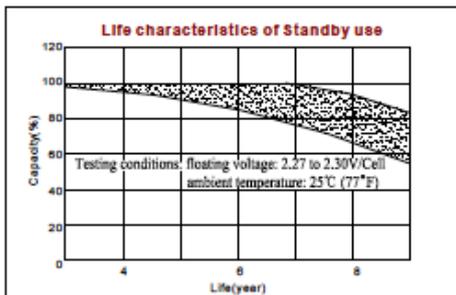
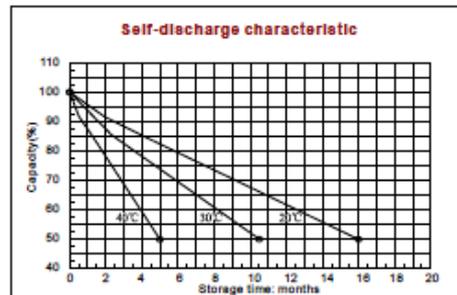
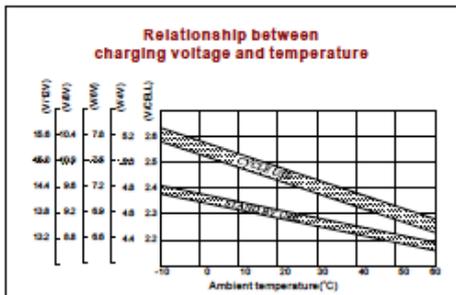
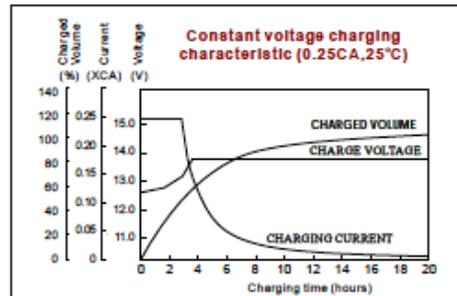
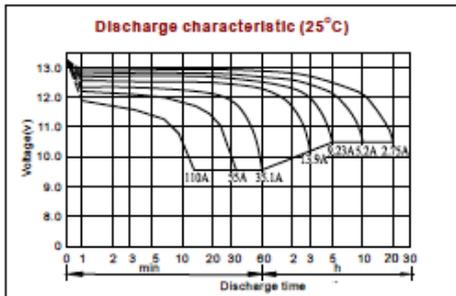
End Point Volts/Cell	10min	15min	30min	1h	3h	5h	10h	20h
1.60V	129	99.4	59.2	35.1	14.6	9.82	5.35	2.76
1.65V	124	95.4	57.4	34.2	14.2	9.57	5.30	2.76
1.70V	115	90.6	55.6	33.3	13.9	9.40	5.25	2.76
1.75V	106	85.8	53.8	32.5	13.6	9.23	5.20	2.75
1.80V	99.8	79.5	51.9	31.7	13.3	9.06	5.15	2.75

Discharge Constant Power (Watts at 77°F25°C)

End Point Volts/Cell	10min	15min	30min	45min	1h	2h	3h	5h
1.60V	238	185	111	85.3	68.9	41.1	29.1	18.8
1.65V	225	177	109	84.0	67.3	40.2	28.5	18.6
1.70V	213	169	107	82.3	65.8	39.4	27.9	18.2
1.75V	200	162	105	80.5	64.3	38.4	27.3	18.0
1.80V	186	154	104	78.4	62.6	37.4	26.7	17.9

(Note)The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycles not the minimum values.

6FM55X 12V55Ah



D. Interruptor horario astronómico

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Alimentación

Según indicación en el aparato.
2X16 (10) A/250 V~

Poder de ruptura:

Cargas máximas recomendadas:

	Lámparas incandescentes	3000 W
	Fluorescentes sin compensar	1200 W
	Fluorescentes compensados	1200 W 150 µF
	Halógenas baja tensión	1000 VA
	Halógenas (230 V.)	2500 W
	Lámparas bajo consumo	10X23 W

Contacto:

AgSnO₂ conmutado

Consumo propio:

6 VA (1 W aprox)

Tensión de impulso asignada

2,5 kV

Tipo de acción:

Tipo 1B, 1S, 1T y 1U.

Espacios de Memoria:

22

Tipos de maniobras.

ON OFF ASTRONÓMICA

Precisión de maniobra:

Al segundo

Precisión de marcha:

$\leq \pm 1s/\text{día}$ a 23 °C

Temperatura para el ensayo de la bola:

+ 100 °C

Reserva de marcha:

4 años sin alimentación (Pila de Litio)

Temperatura de funcionamiento:

De -10 °C a +45 °C

Tipo de protección:

IP 20 según EN 60529

Clase de protección:

II según EN 60335 en montaje correcto

Situación de contaminación:

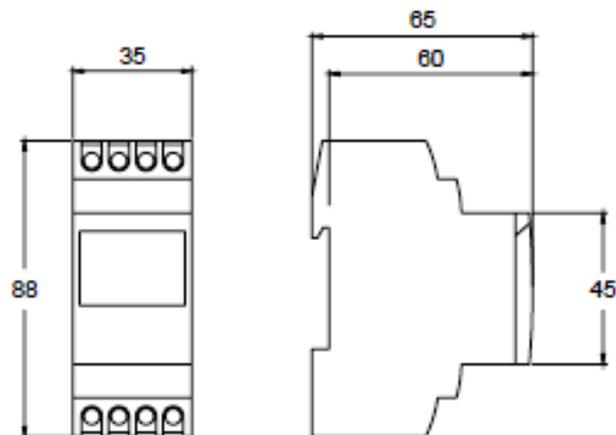
Normal

Clase y estructura del soporte lógico:

Software clase A

Tapa precintable

DIMENSIONES



E. Proyector LED



Descripción

Parámetros:

Potencia:	20W	Voltaje:	DC 12V
Tª del color:	blanco cálido (3000-3500°K)	Lúmenes:	1200LM
Ángulo:	120° (Flood Beam)	Disipador de calor:	Aluminio + Acero inoxidable
Cantidad de LEDs:	1PCS * LED	Dimensiones:	180x140x100MM
Tª de trabajo:	-30°C - 65°C	Grado de protección :	IP65
Duración:	50000 horas	Certificaciones:	CE & RoHS

Aplicación:

Se utiliza para la iluminación de proyectos de construcción de paredes exteriores, puentes, jardines, plazas y muchos otros campos.

Características:

- Respetuosos con el medioambiente y el ahorro energético
- Se encienden al instante, sin parpadear
- Fácil instalación
- Larga vida útil y un rendimiento estable
- Prueba de agua y al polvo
- Puede ser montado vertical u horizontalmente, soporte ajustable para que pueda apuntar la luz en diferentes ángulos
- Perfecto para la iluminación exterior, paisaje, jardín, piscina, etc.

F. Lámpara LED



E27/E26 7W 700-Lumen 3500K 102

Specifications:

100% Brand new & high quality

Low power consumption ,effective and energy-saving, low heating, long service life

Easy to install, simply to replace, convenient using

Suitable for home, shops, offices, studio and exhibition lighting

Applications: Landscape lighting, Architectural lighting, Entertainment lighting, Restaurants, hotels, Ambient lighting, Art galleries and Use in many household applications

Base: E27/E26

Emitter Type: 120 SMD 3528 LED

Power Supply: AC 12V & DC 12V/ 7W

Luminous flux: 700LM

Color Temperature: 2700-3500K

Light color: Warm White

View of Angle: 360 degree

Life Time: >60,000 hours

Size:82x31x31mm

G. PIR

DC 12V 8A PIR Motion Sensor Switch for lighting light



Key Specifications/Special Features:

- Item: DC 12V 8A PIR Motion Sensor Switch for lighting light

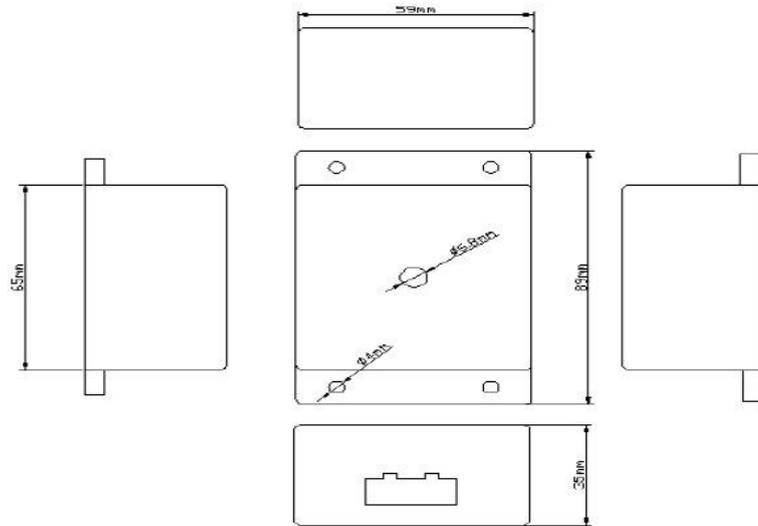
Summarization:

The human body is an infrared detection sensor switch controller, the use of infrared detection control the load of the switch. Users according to actual needs, the human body sensors installed in the appropriate environment

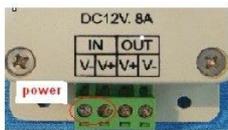
Technical parameters:

- .Working temperature: -20 – 60 .
- .Supply voltage: DC5V, 6V, 12V, 24V (optional)
- .Output: 1 channels
- .Sensing distance: 5 ~ 8 M.
- .Ham should angle: 120 degrees.
- .External dimension: L89mm W59mm H35 mm
- .Net weight: 80g
- .Gross weight: 100g
- .static power consumption: <1W
- .output current: <8A
- .output power: 5v<40w , 6v<48w , 12v<96w , 24v<192w

External Dimension

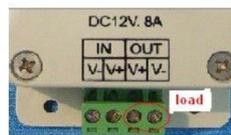


Interface Specifications
Input interface



Used with the screws on the plug

Load output interface:

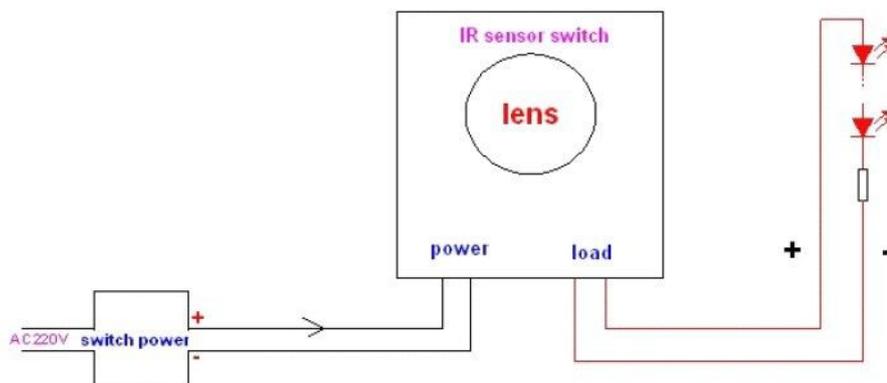


Used with the screws on the plug

Direction for Use

1. Connect the load wire at first, following by the power wire; **Please ensure short circuit can not occur between connecting wire before you turn on the power;**
2. when the detected light up when the load was light, when people leave after 10 seconds, load lights automatically turn off.
3. The controller signal output line and input line should be connected correctly.

Typical Application



H. Cuadro eléctrico

Product data sheet Characteristics

NSYCRN64200

Spacial CRN plain door w/o mount.plate.
H600xW400xD200 IP66 IK10 RAL7035..



Main

Range of product	Spacial CRN
Application	Multi-purpose
Category	Compact enclosure
Enclosure nominal height	600 mm
Enclosure nominal width	400 mm
Enclosure nominal depth	200 mm
Installation accessory type	Wall-mounting
Device composition	Lock 1 Door 1 Cable gland plate 1 Body 1
Door type	Plain
Mounting plate description	Without mounting plate

Complementary

Body type	Sides made from a single folded section Back welded with double profile forming a protected sealed area
Number of doors	1 front face
Door opening	Reversible 120 °
Lock type	3 mm double-bar lock
Type of gland plate	Standard
Accessibility for operation	Front
Removable parts	Cable gland plate by screws Door by hinges
Material	Steel for body
Surface finish	Epoxy-polyester powder
Colour	Grey RAL 7035
Standards	IEC 62208
Product certifications	CUL UL

Environment

IP degree of protection	IP66 conforming to IEC 60529
IK degree of protection	IK10 conforming to IEC 62262

Offer Sustainability

Sustainable offer status	Green Premium product
RoHS	Compliant - since 0940 - Schneider Electric declaration of conformity
REACH	Reference not containing SVHC above the threshold
Product environmental profile	Available
Product end of life instructions	Need no specific recycling operations

ANEXO II. Definiciones

Definiciones.

Radiación solar

Radiación solar. Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

Irradiancia. Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m².

Irradiación. Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en MJ/m² o kWh/m².

Año Meteorológico Típico de un lugar (AMT). Conjunto de valores de la irradiación horaria correspondientes a un año hipotético que se construye eligiendo, para cada mes, un mes de un año real cuyo valor medio mensual de la irradiación global diaria horizontal coincida con el correspondiente a todos los años obtenidos de la base de datos.

Generadores fotovoltaicos

Célula solar o fotovoltaica. Dispositivo que transforma la energía solar en energía eléctrica.

Célula de tecnología equivalente (CTE). Célula solar cuya tecnología de fabricación y encapsulado es idéntica a la de los módulos fotovoltaicos que forman el generador fotovoltaico.

Módulo fotovoltaico. Conjunto de células solares interconectadas entre sí y encapsuladas entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

Condiciones Estándar de Medida (CEM). Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas como referencia para caracterizar células, módulos y generadores fotovoltaicos y definidas del modo siguiente:

- Irradiancia: 1000 W/m²
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Incidencia normal
- Temperatura de célula: 25 °C

Potencia máxima del generador (potencia pico). Potencia máxima que puede entregar el módulo en las CEM.

Acumuladores de plomo-ácido

Acumulador. Asociación eléctrica de baterías.

Batería. Fuente de tensión continua formada por un conjunto de vasos electroquímicos interconectados.

Autodescarga. Pérdida de carga de la batería cuando ésta permanece en circuito abierto. Habitualmente se expresa como porcentaje de la capacidad nominal, medida durante un mes, y a una temperatura de 20 °C.

Capacidad nominal: $C_{20}(Ah)$ Cantidad de carga que es posible extraer de una batería en 20 horas, medida a una temperatura de 20 °C, hasta que la tensión entre sus terminales llegue a 1,8 V/vaso. Para otros regímenes de descarga se pueden usar las siguientes relaciones empíricas: $C_{100}/C_{20} \approx 1,25$ $C_{40}/C_{20} \approx 1,14$ $C_{20}/C_{10} \approx 1,17$.

Capacidad útil. Capacidad disponible o utilizable de la batería. Se define como el producto de la capacidad nominal y la profundidad máxima de descarga permitida, PD_{MAX} .

Estado de carga. Cociente entre la capacidad residual de una batería, en general parcialmente descargada, y su capacidad nominal.

Profundidad de descarga (PD). Cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal. Se expresa habitualmente en %.

Régimen de carga (o descarga). Parámetro que relaciona la capacidad nominal de la batería y el valor de la corriente a la cual se realiza la carga (o la descarga). Se expresa normalmente en horas, y se representa como un subíndice en el símbolo de la capacidad y de la corriente a la cual se realiza la carga (o la descarga). Por ejemplo, si una batería de 100 Ah se descarga en 20 horas a una corriente de 5 A, se dice que el régimen de descarga es 20 horas ($C_{20} = 100 \text{ Ah}$) y la corriente se expresa como $I_{20} = 5 \text{ A}$.

Vaso. Elemento o celda electroquímica básica que forma parte de la batería, y cuya tensión nominal es aproximadamente 2 V.

Reguladores de carga

Regulador de carga. Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas. El regulador podrá no incluir alguna de estas funciones si existe otro componente del sistema encargado de realizarlas.

Voltaje de desconexión de las cargas de consumo. Voltaje de la batería por debajo del cual se interrumpe el suministro de electricidad a las cargas de consumo.

Voltaje final de carga. Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico.

ANEXO III. Listado de Acrónimos

Listado de Acrónimos.

	A	
AC		Alternating Current, Corriente Alterna
AGM		Absortion Glass Mat, Material absorbente de fibra de vidrio
	C	
CEM		Condiciones Estándar de Medida
CGIS		Diseleniuro de Cobre, Indio y Galio
CIS		Diseleniuro de Cobre e Indio
	D	
DC		Direct Current, Corriente Continua
	F	
FV		Fotovoltaico
	H	
HCPV		High Concentration Photovoltaic, Sistema de alta concentración fotovoltaico
	I	
IP		Índice de protección
ISFOC		Instituto de Sistemas Fotovoltaicos de Concentración
I+D+i		Investigación, Desarrollo e Innovación
	L	
LED		Low Emission Diode, Diodo de baja emisión
	N	
NREL		National Renewable Energy Laboratory
	P	
PD		Profundidad de descarga
PIR		Piroeléctrico
PVGIS		Photovoltaic Geographical Information System
PVP		Precio de Venta al Público
	S	
SOC		State Of Charge, estado de carga
	W	
Wp		Watio pico, potencia máxima

ANEXO IV. Bibliografía

Bibliografía

- [1] Curso de experto profesional en energía fotovoltaica. UNED, Progensa, 2009
- [2] Fotovoltaica para profesionales: diseño, instalación y comercialización de plantas solares fotovoltaicas. Falk Antony, Christian Dürschner, Karl-Heinz Remmers. Progensa, 2006
- [3] Plan de energías renovables 2011-2020, IDAE
- [4] www.photon-international.com
- [5] www.eurobserv_er.org
- [6] www.epia.org
- [7] www.nrel.gov
- [8] www.enegiasrenovables.ciensat.es
- [9] <http://ec.europa.eu>
- [10] www.cener.com