

GRADO EN TECNOLOGÍA INDUSTRIAL
TRABAJO FIN DE GRADO

***DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN
SOLAR FOTOVOLTAICA PARA SUMINISTRO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL CENTRO ESCOLAR
SAN JOSÉ DE KINSHASA***

Alumno: Larruscain, Quirós, Mikel

Director: Mazón, Sainz-Maza, Javier

Curso: 2017-2018

Fecha: Bilbao, 17, julio, 2018

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	3
1. RESUMEN	5
2. LISTA DE TABLAS E ILUSTRACIONES.....	6
2.1. ILUSTRACIONES	6
2.2. TABLAS.....	7
3. INTRODUCCIÓN.....	8
4. CONTEXTO.....	10
5. ALCANCE Y OBJETIVOS	14
6. BENEFICIOS DEL PROYECTO	17
6.1. Beneficios técnicos.....	17
6.2. Beneficios económicos.....	18
6.3. Beneficios sociales.....	18
7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	20
7.1. Energía hidráulica.....	20
7.2. Energía eólica	21
7.3. Energía solar fotovoltaica.....	22
8. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS NECESARIOS	25
8.1. Paneles solares	25
8.2. Baterías.....	26
8.3. Reguladores.....	28
8.4. Convertidor	29
9. METODOLOGÍA Y CÁLCULOS.....	31
9.1. Determinación de las necesidades del usuario.....	31
9.2. Determinación de la energía solar disponible.....	37
9.3. Dimensionado del campo de captación.....	42
9.4. Dimensionado del sistema de acumulación.....	46
9.5. Ubicación de los paneles.....	49
9.6. Cálculo de los nuevos parámetros	50

9.7.	Determinación de la nueva cobertura	51
9.8.	Definición del regulador	52
9.9.	Definición del convertidor	55
10.	DESCRIPCIÓN DE TAREAS Y PLANIFICACIÓN	57
11.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS ECONÓMICO	64
11.1.	Horas internas	64
11.2.	Coste de materiales	65
12.	CONCLUSIONES	68
13.	FUENTES DE INFORMACIÓN	69
ANEXO I: CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS		70
ANEXO II: ESQUEMA DE LA INSTALACION		77
ANEXO III: RESULTADOS		78

1. RESUMEN

- Resumen en castellano: El trabajo que se presenta a continuación contiene una propuesta de dimensionamiento de una instalación solar fotovoltaica en el centro escolar de San José de Kinshasa, en la República Democrática del Congo. El proyecto, enmarcado en el ámbito cooperativo, tiene el objetivo de diseñar un sistema para contribuir a una mayor independencia energética del centro y alimentar eléctricamente un aula de informática para mejorar el nivel educativo del alumnado del centro. El método de cálculo que se va a emplear es el método del “mes peor”.
- Resumen en inglés: The following report contains a proposal of a photovoltaic installation in the San Jose school centre in Kinshasa, in the Democratic Republic of Congo. The aim of the project, defined in the cooperative area, is to design a system in order to contribute to a bigger energetic independence for the centre and provide electrically the informatic classroom to improve the educative level of the students. Calculations will be done by the “worst month” method.
- Resumen en francés: Le rapport que l’on presente ensuite contient une proposition de dimensionnement d’une installation solaire photovoltaïque au centre scolaire du San Jose de Kinshasa, dans la République Démocratique du Congo. Le projet, encadré dans le domaine coopératif, a l’objectif de dessiner un système pour contribuer à une plus grande indépendance énergétique du centre et pour alimenter électriquement une salle d’informatique pour améliorer le niveau éducatif de l’ensemble des élèves du centre. La méthode du calcul qu’il part pour employer est la méthode du "pire mois".

2. LISTA DE TABLAS E ILUSTRACIONES

2.1. ILUSTRACIONES

Ilustración 1:Ubicación República Democrática del Congo	10
Ilustración 2: Ubicación Kinsasa	11
Ilustración 3: Ubicación Kimbanseke	11
Ilustración 4: Campo solar fotovoltaico	22
Ilustración 5: Panel solar fotovoltaico SolarWorld.....	26
Ilustración 6: Características baterías	27
Ilustración 7: Batería RITAR AGM.....	27
Ilustración 8: Regulador Victron Energy.....	29
Ilustración 9: Convertidor Victron Energy.....	30
Ilustración 10: Diferencia entre día laborable y festivo	32
Ilustración 11: Energía consumida en función del tipo de día	34
Ilustración 12: Consumo de energía y potencia.....	35
Ilustración 13: Representación orientación	38
Ilustración 14: Datos mensuales de radiación solar de la zona	42
Ilustración 15: Horas Pico Solar.....	44
Ilustración 16: Tejado Centro Escolar	50
Ilustración 17: Tipos de onda inversor	56
Ilustración 18: Diagrama de Gantt	63
Ilustración 19: Representación costes materiales	67

2.2. TABLAS

Tabla 1: Actividad exalumnos y exalumnas.....	12
Tabla 2: Características paneles solares.....	25
Tabla 3: Características reguladores	28
Tabla 4: Características convertidores	30
Tabla 5: Tipos de consumo.....	33
Tabla 6: Necesidades eléctricas usuario en horas.....	33
Tabla 7: Potencia de cada elemento	34
Tabla 8: Energía y potencia consumida en función del tipo de día.....	35
Tabla 9: Criterio 1 de inclinación de los paneles solares.....	39
Tabla 10: Criterio 2 de inclinación de los paneles solares.....	40
Tabla 11: Datos mensuales de radiación solar de la zona.....	41
Tabla 12: Tensión más adecuada en función de la potencia	43
Tabla 13: Número de paneles y baterías.....	49
Tabla 14: Nuevas necesidades usuario	52
Tabla 15: Costes horas internas	64
Tabla 16: Costes materiales	65
Tabla 17: Costes totales	66

3. INTRODUCCIÓN

En este Trabajo Fin de Grado se presenta una propuesta de un sistema de alimentación eléctrica a partir de una instalación fotovoltaica aislada con el objetivo de abastecer de energía eléctrica al Centro Escolar de San José en Kimbanseke -Kinshasa, situado en la República Democrática del Congo. El proyecto surge debido a la donación de una serie de paneles solares por parte de la empresa ENDESA a la ONG IC-LI (Ingenieros para la Cooperación) y por las necesidades energéticas del Centro Escolar de San José, el cual dispone de un aula de ordenadores, lo que hace más necesaria la instalación.

En primer lugar, se realizará un estudio del entorno del proyecto. Se hablará de los objetivos del mismo, tanto a nivel técnico como a nivel social ya que, en el proyecto, más allá de existir un objetivo energético, el componente social adquiere gran importancia, así como la inclusión de la mujer en el ámbito educativo. Además, se contextualizará el proyecto, dónde se ubica y cuál es la situación allí.

En segundo lugar, se hablará de los beneficios que se pueden obtener del mismo. Cabe destacar que lo que prima en este tipo de proyectos no es el beneficio económico que se pueda obtener del mismo, sino el impacto social y cultural, así como la impulsión de la sociedad y sobre todo de la mujer congoleña. De esta forma, tendremos tres tipos de beneficios (económico, técnico y social) que explicaremos mas adelante. También se expondrán las distintas alternativas que han sido barajadas para cubrir la necesidad del centro, puesto que la energía solar fotovoltaica no es la única alternativa, y las razones que nos han llevado a su elección.

Después de esto se comenzará con la metodología empleada para desarrollar el proyecto, así como los cálculos obtenidos en el mismo. En este apartado se explica la técnica empleada para llegar a los resultados finales, utilizando diversos programas para obtener todos los datos necesarios. Se determinará el número de paneles, baterías, reguladores y el tipo utilizado de estos. También se explicará la disposición de todos ellos sobre la estructura del centro, así como el mantenimiento necesario para que el sistema pueda funcionar adecuadamente.

Para continuar, se realizará una planificación detallada de todo el proceso, distinguiendo diferentes etapas en el mismo: trabajos previos, dimensionamiento de la instalación, informe y montaje de la misma. Además, se calculará un presupuesto, teniendo en cuenta todos los gastos respecto a materiales, mano de obra, costes indirectos y transporte, de forma que se pueda obtener el coste total del proyecto.

Por último, se expondrán una serie de conclusiones que resuman las ideas mas importantes del proyecto y resalten de forma clara y breve sus ideas principales.

4. CONTEXTO

La República Democrática del Congo es un país del centro de África, con una población estimada actual de 82 millones de habitantes. Se trata de una de los países más pobres del mundo, con un 87,7% de su población por debajo del umbral de pobreza y con grandes desigualdades en el reparto de la riqueza, a pesar de las grandes riquezas naturales que posee. Una de las grandes causas de esta pobreza son los conflictos armados, que afectan particularmente a mujeres y niños, habiendo graves problemas de desigualdad de género, así como una extendida malnutrición entre los más jóvenes, que afecta de manera importante a su crecimiento. Además, los ingresos per cápita son extremadamente bajos, por lo que la población no es capaz de ganar dinero debido a la falta de formación que poseen, ya que el origen del problema, más allá de todos los problemas que puedan existir, reside en la falta de educación generalizada.

Este país está situado en la región ecuatorial de África, y limita con la República Centroafricana y Sudan del Sur al norte, Uganda, Ruanda, Burundi y Tanzania al este, Zambia y Angola al sur y la República del Congo al oeste.



Ilustración 1: Ubicación República Democrática del Congo



Ilustración 2: Ubicación Kinsasa

La capital de la República Democrática del Congo es Kinshasa y es la ciudad mas poblada del país, con una población de 10 millones de habitantes aproximadamente. Se trata del corazón económico, político y cultural del país, en la que coexisten barrios ricos con otros marginales, con frecuentes episodios de criminalidad y una alta tasa de pobreza. Está dividida en cuatro distritos. Uno de estos es el distrito de Tshangu, donde se localiza la municipalidad de Kimbanseke, una de las cinco en las que se divide dicho distrito.



Ilustración 3: Ubicación Kimbanseke

Kimbanseke cuenta con una población de casi 2 millones de habitantes, con una gran pobreza y unos ingresos que no sobrepasan los 20 USD. Una de las grandes causas

de esta situación es, como ya hemos dicho, la falta de preparación profesional de la población, y en especial de los más jóvenes, de los cuales muchos terminan en la marginalidad y el bandidaje debido al entorno que les rodea. Debido a esto el sistema educativo debe ser financiado por los padres de los alumnos de los centros escolares, por la falta de involucramiento del Estado.

El Centro Escolar de San José es una institución católica concertada, fundada en 1965 y regentada por la Congregación de las Hermanas de San José. Cuenta con tres escuelas primarias, una escuela secundaria y un instituto de bachillerato. Posee una población escolar de alrededor de 4000 alumnos, ya que cuenta con la confianza de las familias del entorno a pesar de estar instalado en la periferia y contar con unas instalaciones precarias.

Este centro escolar es el que más alumnos recibe de entre todos los centros de Kimbanseke, debido a la alta calidad de enseñanza. Para hacerse una idea de la situación actual de la juventud, esta tabla nos muestra la actividad de los alumnos tras su salida del centro, diferenciando entre hombres y mujeres.

Exalumnos	Exalumnas
Acceden a Formación Profesional	
17,5 %	11,9 %
Acceden a la Universidad	
11,2 %	9,5 %
Poseen Conocimiento de Informática	
7,9 %	7,6 %

Tabla 1: Actividad exalumnos y exalumnas

Como se puede observar, saltan a la vista diversas conclusiones:

1. Solamente una cuarta parte, aproximadamente, de exalumnos y exalumnas accede a una enseñanza posterior, ya sea Universidad o Formación Profesional.

2. En ambos casos, el acceso de mujeres a esta enseñanza es sensiblemente menor, dato que refleja la diferencia de género existente en el país.
3. Los conocimientos de informática de todos los alumnos y alumnas son muy pobres, algo que afecta de manera importante a su futuro profesional, en un mundo cada vez más informatizado.

Es por esto mismo y por la ausencia de centros de enseñanza informática por lo que se hace necesaria una educación específica en informática y nuevas tecnologías. Esta fue la razón que impulsó a la Congregación de las Hermanas de San José de Kimbanseke a realizar una mejora en la educación informática de los alumnos, y para ello previeron la apertura de un aula de informática en el centro.

De esta forma, la instalación fotovoltaica prevé abastecer dos aulas de informática, compuesta cada una de ellas por 27 ordenadores y un proyector. También deberá abastecer 6 ventiladores y 10 lámparas LED. Cabe destacar que el proyecto se centra solo en una de las salas, ya que el presupuesto no es suficiente como para hacerse cargo de todos los gastos.

El centro trabaja de lunes a viernes durante todo el año, a excepción del periodo de vacaciones, que duran un mes. Debido a esto podemos considerar días laborables y festivos. Los días laborables el horario será de ocho de la mañana a nueve de la noche, con dos turnos de clases (mañana y tarde), mientras que los días festivos el aula estará disponible para aquellos alumnos que quieran utilizarla con fines educativos, solo por la mañana. En conclusión, el aula permanecerá abierta prácticamente todos los días del año, pero habrá una notable diferencia entre días laborales y festivos.

En cuanto a las estaciones del año, diferenciaremos entre verano e invierno, ya que el consumo será diferente. Distinguiremos entre costes fijos (ordenadores y proyector) y costes variables (iluminación y ventiladores). Estos últimos son los que marcarán la diferencia entre ambas épocas.

5. ALCANCE Y OBJETIVOS

El proyecto tiene una serie de objetivos de distinta índole, en función del tipo de campo que abarca. Los objetivos del proyecto se pueden dividir en dos grandes grupos: objetivos técnicos y objetivos sociales.

Los objetivos técnicos son aquellos que hacen referencia al desarrollo técnico del proyecto. En este caso, el objetivo principal es proporcionar un soporte tecnológico adicional al aula de informática, mediante la instalación de un sistema de la alimentación eléctrica con energía fotovoltaica y equipamiento auxiliar, con el objetivo específico de tratar de independizar el aula de informática de la alimentación eléctrica exterior. Además de esto, no solo se intentará suministrar energía eléctrica al aula de informática, sino que se hará de forma sostenible y respetuosa con el medio ambiente, intentando generar el menor impacto ambiental. Para ello, se dispondrá una instalación eléctrica fotovoltaica completa con todos sus accesorios, desde los paneles fotovoltaicos hasta las tomas de corriente en el interior de los locales.

Por otro lado, los objetivos sociales o culturales se pueden resumir en:

- Impulsar el desarrollo de los jóvenes y de toda la población del barrio de Kimbanseke. Lo que se pretende es dar a los jóvenes una educación en el ámbito de la informática, de forma que una vez que salgan del centro tengan unos conocimientos mínimos de informática y sepan defenderse en este tema.
- Desarrollo personal, social y comunitario, con el objetivo de impulsar la igualdad de oportunidades en el acceso a la educación de la población, de forma que toda ella posea los mismos recursos para conseguirlo.
- Promoción de la mujer, atendiendo al establecimiento de una igualdad efectiva entre la población masculina y femenina. Existe una importante desigualdad entre hombres y mujeres en la República Democrática del Congo, por lo que supone un importante reto impulsar la igualdad de género en la educación de la población del país.

Por otro lado, en cuanto al alcance del proyecto, este consiste en el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica para abastecer un centro escolar en la República Democrática del Congo. Con ello se pretende abastecer las necesidades energéticas del centro, que consisten en dos aulas de informática, dos proyectores, seis ventiladores y una serie de lamparas LED. Con esto, los pasos que se deben dar para la implantación del sistema son los siguientes:

- Etapa 1: Determinación de las necesidades del usuario, teniendo en cuenta la utilización de los distintos aparatos receptores, así como las pérdidas que puedan darse en el sistema.

- Etapa 2: Obtención de los recursos solares disponibles a través de la medición de distintas estaciones meteorológicas, para saber que el tamaño de nuestra instalación para satisfacer las necesidades planteadas.

- Etapa 3: Definición de los módulos fotovoltaicos a emplear. Estos módulos han sido donados por la empresa ENDESA, por lo que son los únicos posibles a emplear. Además, se tendrán que determinar el número de paneles a instalar para cubrir la demanda calculada.

- Etapa 4: Definición de las baterías. Se tendrá que determinar la capacidad de la batería y la tecnología a determinar. De esta forma se determinará el tipo y modelo de batería a emplear. Al igual que en el caso anterior, se deberá determinar el número de baterías a emplear.

- Etapa 5: Ubicación de los módulos. Se determinará la ubicación de los módulos en tejado, aportando una serie de planes y teniendo en cuenta tanto la orientación, como la inclinación.

- Etapa 6: Cálculo de los nuevos parámetros. Una vez realizados todos estos cálculos, se determinarán los nuevos parámetros de la instalación, contando con las posibilidades del centro.

- Etapa 7: Determinación de la nueva cobertura. Consiste en igualar la demanda con la energía que se puede obtener.
- Etapa 8: Definición del regulador. Se determinará el modelo de regulador a emplear.
- Etapa 9: Definición del convertidor. Se determinará el tipo de convertidor que se quiere utilizar para realizar el cambio de corriente continua a corriente alterna.

6. BENEFICIOS DEL PROYECTO

Una vez expuestos los objetivos del proyecto, se va a proceder a definir cuáles son los beneficios que se obtienen al alcanzar esos objetivos, es decir, el resultado final del proyecto y sus consecuencias, tanto positivas como negativas. Se pueden distinguir diversos tipos de beneficios en función de la necesidad o el objetivo que se quiera conseguir. Por eso mismo en este proyecto se distinguirán tres tipos de beneficios: técnicos, económicos y sociales.

6.1. Beneficios técnicos

Integra los diferentes beneficios derivados del objetivo principal del proyecto, que consiste en el dimensionamiento de una instalación solar fotovoltaica con la función de cubrir una serie de necesidades eléctricas del centro escolar de San José en Kinshasa, especialmente un aula de informática. Unidos a este objetivo principal, existen una serie de beneficios secundarios que se pretenden conseguir, siempre en el campo técnico del proyecto:

- El recurso empleado para obtener electricidad es el Sol, un recurso inagotable y que supone una gran ventaja a la hora de generar electricidad.
- Además de ser un recurso inagotable, se obtiene de forma gratuita, por lo que se conseguirá un ahorro energético en la obtención de la fuente de energía.
- Se trata de una fuente de energía no contaminante, ya que la transformación fotovoltaica no genera residuos ni emite gases de efecto invernadero, por lo que es muy respetable con el medio ambiente.
- En cuanto a su instalación, se aprovecha un espacio vacío, posee una vida útil realmente larga y exige un bajo mantenimiento.
- Posee un corto tiempo de implementación

- Su instalación, debido a la diversidad de operaciones, puede favorecer la creación de empleo entre la población de la zona.

- Al ser un sistema aislado y como la energía se consume en el mismo sitio en el que se produce, se evita la pérdida de energía debido al transporte y se posee una independencia respecto a la red eléctrica.

6.2. Beneficios económicos

Económicamente hablando la implementación del proyecto supone una gran inversión, sobre todo teniendo en cuenta que el emplazamiento del mismo es en un país del tercer mundo, en vías de desarrollo y con unos recursos económicos muy limitados. A pesar de esto, y con una visión de futuro, el proyecto puede suponer un importante ahorro, ya que, al ser una instalación aislada, estará desconectada de la red eléctrica y será autosuficiente, por lo que, al ser el Sol una fuente de energía gratuita, no supondrá ningún coste añadido, sin más que el mantenimiento que se deba realizar y el recambio de alguno de sus dispositivos.

6.3. Beneficios sociales

Al ser un proyecto de cooperación, además de intentar lograr el objetivo principal de la instalación del sistema, también se pretenden abarcar una serie de temas sociales directamente relacionados con el centro escolar y sus alumnos. Así pues, los beneficios que se obtienen son:

- Ofrecer una educación mínima en informática a los alumnos del centro, de manera que cuando salgan del mismo sepan defenderse y conozcan las tecnologías para poder utilizarlas.

- Dar la oportunidad, no solo a los alumnos, sino también a toda la población de Kimbanseke, de poder emplear los ordenadores para trabajos propios, búsqueda de información, comunicación o cualquier tipo de trabajo siempre y cuando tenga una finalidad justificada.

- Impulsar la inclusión de la mujer en la educación mínima obligatoria, dándole la oportunidad de obtener unos estudios que más adelante le den una salida académica o laboral.

7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

El primer paso a dar en el proyecto es realizar un análisis de alternativas en cuanto a la forma de obtención de la electricidad. Se deberán analizar todas las opciones disponibles, y evaluar cual se adecua mejor a las condiciones en las que se encuentra el centro. Además, se tienen que determinar las necesidades y comparar entre los diferentes sistemas cuales son capaces de abastecer la demanda del usuario.

La energía solar fotovoltaica es una de las diversas opciones disponibles para abastecer el centro escolar, pero no la única. Además de este tipo de energía, se va a analizar la viabilidad de otras fuentes de energía. Entre ellas, se estudiarán la energía hidráulica, eólica, geotérmica, solar conectada a red y solar aislada.

7.1. Energía hidráulica

La energía hidráulica consiste en aprovechar la energía cinética y potencial de la corriente de agua, o de saltos naturales y artificiales. En este caso, el proyecto consistiría en la construcción de una mini-central hidráulica, con el objetivo de abastecer la demanda del centro.

Las mini-centrales hidráulicas pueden proporcionar diferentes rangos de potencias, hasta 10 MW. En primer lugar, para realizar esta instalación y que sea viable, es necesario que haya un río en las cercanías del centro, ya que sin él es imposible llevar el proyecto a cabo. La municipalidad de Kimbanseke limita al este con el río Tsuenge y al oeste con el río Ndjili. Además, cuenta con los ríos Congo, Nsanga, Mokali, Bansimba, Tumpu, Manzanza, Mango, Bosumu y Bono. De entre todos estos, el río Congo es el más aprovechable, por lo que es el sitio más adecuado para instalar la mini-central.

El siguiente paso sería la construcción de la instalación. Para ello tenemos dos opciones: instalar una central de agua fluyente (sin presa), o construir una presa para, por medio de un embalse, almacenar el agua que luego se transportara hasta la central. Para el primer caso disponemos de una serie de ríos en los que sería posible la instalación de la mini-central, aunque sería una construcción compleja debido a la falta de espacio. Para

el segundo caso resultaría imposible levantar una presa con su correspondiente embalse, ya que no se dispone del espacio suficiente.

En ambos casos la instalación de la central sería poco adecuada, ya que se trata de un proyecto de gran envergadura para unas necesidades eléctricas mucho más elevadas que las demandadas por el usuario. Además, la obra a realizar supone unos gastos que difícilmente se podrían asumir, y se trata de una zona con problemas de abastecimiento de aguas, por lo que se deben priorizar otros usos de la misma, como el consumo o regadío antes que la generación de electricidad, por lo que esta opción queda descartada.

7.2. Energía eólica

La energía eólica es aquella que se obtiene a partir del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es convertida en otras formas útiles de energía en función de las necesidades del usuario.

En primer lugar, se debe realizar un estudio para conocer los recursos de viento disponibles, con el objetivo de determinar si serán suficientes



Este tipo de energía se logra a partir de dispositivos denominados aerogeneradores. Estos convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica. Están formados por una torre de gran altura y una serie de palas en su parte superior. El viento hace girar estas palas, transmitiéndoles su energía, y al estar conectadas a un alternador, realizan la transformación de la energía para obtener electricidad.

Estas estructuras son de gran coste y envergadura, ideales para obtener una alta producción de electricidad, financiadas mediante una gran inversión, por lo que para el caso en estudio no sería viable, al no tener ni el dinero ni la demanda necesarias.

7.3. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica supone otra de las alternativas a estudiar. Esta forma de obtención de electricidad consiste en capturar la radiación solar y transformar esa energía solar en energía eléctrica empleando una tecnología basada en el efecto fotovoltaico.

Su modo de funcionamiento es bastante sencillo y se basa en el aprovechamiento de las propiedades de los materiales semiconductores que conforman los paneles. Al incidir la radiación del sol sobre una de las caras de una célula fotovoltaica se produce una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras que hace que los electrones salten de un lugar a otro, generando así una corriente eléctrica.



Ilustración 4: Campo solar fotovoltaico

Este tipo de energía ofrece una serie de ventajas que hacen de ella una posibilidad muy interesante para su elección

- El Sol es un recurso gratuito e inagotable.
- Es una energía renovable, respetuosa con el medio ambiente y no genera gases de efecto invernadero.
- Se adapta perfectamente a las necesidades del usuario, ya que es dimensionable tanto para grandes plantas como para pequeños sistemas.

- Apta para zonas rurales o aisladas.
- Fomenta el empleo local.

Tipos de instalaciones

La producción de energía puede ser a gran escala o para el consumo en general o a pequeña escala para el consumo en pequeñas viviendas o sitios aislados. En función de las necesidades del usuario y la demanda, existen dos tipos de instalaciones fotovoltaicas:

- **Instalaciones fotovoltaicas de conexión a red**, donde la energía que se produce se utiliza íntegramente para la venta a la red eléctrica de distribución.
- **Instalaciones fotovoltaicas aisladas de red**, que se utilizan para autoconsumo, ya sea de una vivienda aislada, un refugio de montaña o para uso doméstico. Normalmente requiere el almacenamiento de la energía con el objetivo de utilizarla 24 horas.



La única diferencia entre ambas instalaciones es la conexión a la red eléctrica, es decir, el fin de la instalación. En todo sistema solar fotovoltaico existen una serie de elementos imprescindibles sin los cuales no se puede obtener electricidad. Esos elementos son:

- Paneles solares fotovoltaicos
- Regulador
- Convertidor
- Baterías

Además de estos elementos también es necesario el cableado que une todos ellos, así como el que llega hasta los receptores o red eléctrica, en función del tipo de instalación.

Debido a todo esto la energía solar fotovoltaica supone la forma más adecuada de obtención de energía eléctrica en el entorno del proyecto.

8. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS NECESARIOS

A continuación, se va a realizar una descripción detallada de las características y el funcionamiento de cada uno de los dispositivos que conforman la instalación fotovoltaica.

8.1. Paneles solares

Los paneles solares son los elementos encargados de captar la radiación procedente del Sol con el objetivo de transformarla en energía eléctrica.

Los paneles solares serán donados por la empresa ENDESA, por lo que constituirán el punto de partida del proyecto. Se trata de paneles de la marca SolarWorld de 285 Wp de potencia cada uno y una tensión de salida en corriente continua de 24 V. Las características más relevantes de los paneles son las siguientes:

PANEL SOLAR SOLARWORLD (MONOCRISTALINO)	
Potencia de pico (P_{max})	285 W
Intensidad máxima (I_{mpp})	9,20 A
Tensión máxima (V_{mpp})	31,3 V
Tensión circuito abierto (V_{oc})	39,7 V
Intensidad cortocircuito (I_{sc})	9,84 A
Dimensiones	1675x1001x33 mm
Área	1676,675 m ²
Peso	18 kg
Eficiencia (%)	17 %

Tabla 2: Características paneles solares

La marca garantiza un rendimiento del 90 % si se encuentran en condiciones adecuadas. Se van a instalar 8 paneles de este tipo, tal y como se ha descrito en los cálculos. Los paneles tienen el siguiente aspecto:



Ilustración 5: Panel solar fotovoltaico SolarWorld

8.2. Baterías

Las baterías tienen como función almacenar la energía captada por los paneles, de manera que en momentos de ausencia de Sol o por la noche pueda utilizarse esa energía reservada. Los parámetros más importantes a la hora de elegir el tipo de batería a instalar son:

- **Capacidad:** Es la cantidad de electricidad total máxima que puede obtenerse de una batería si se descarga completamente. Se mide en Amperios-hora (Ah)
- **Auto descarga:** Energía que se pierde debido a la reacción entre los materiales que forman la batería en la situación de circuito abierto, es decir, cuando no hay carga alguna conectada. Depende de parámetros tales como el tipo de batería o la temperatura.
- **Días de autonomía:** Días que el sistema puede continuar sus funciones sin que exista generación de la fuente primaria. Dependerá de las condiciones meteorológicas del lugar, y de la probabilidad de que se den varios días nublados de forma seguida.

- **Profundidad de descarga:** Porcentaje de la energía que se ha sacado de una batería completamente cargada. Es un método alternativo para indicar el estado de carga de la batería.

Para el caso en estudio se necesita una batería de 200 Ah de capacidad y una tensión nominal de 12 V. Se ha escogido el modelo AGM de la marca RITAR, cuyas características se definen a continuación:

BATERÍAS	
Marca	RITAR
Modelo	AGM
Capacidad	200 Ah
Tensión	12 V
Precio	426,90 €

Ilustración 6: Características baterías

Las baterías tendrán el siguiente aspecto:



Ilustración 7: Batería RITAR AGM

Para determinar el número de baterías a instalar se deberá tener en cuenta la capacidad nominal de la batería, así como la capacidad del sistema. Se instalarán 16 baterías, y estos cálculos vendrán especificadas en el apartado de cálculos del sistema de acumulación.

8.3. Reguladores

El regulador tiene la misión de regular la corriente que es absorbida por la batería con el fin de que en ningún momento pueda sobrecargarse peligrosamente, pero, al mismo tiempo, evitando en lo posible que se deje de aprovechar la energía captada por los paneles.

Los reguladores que se disponen son de la marca Victron Energy, tipo MPPT 150/45-MC4 – 12/24/48V, de las siguientes características:

REGULADOR	
Marca	Victron Energy
Modelo	MPPT
Tensión	24 V
Tensión máxima	150 V
Intensidad máxima	45 A
Eficacia	98 %
Potencia nominal	1300 W
Precio	462,83 €

Tabla 3: Características reguladores

El regulador presentara el siguiente aspecto:



Ilustración 8: Regulador Victron Energy

Para determinar el número de reguladores a instalar se tendrá que tener en cuenta la intensidad máxima permitida por el mismo y la intensidad de cortocircuito de los paneles solares. El cálculo se realizará mediante la siguiente formula:

$$I_{carga\ nominal} = 1,25 * (N_{reg_{pan}} * I_{sc})$$

De esta forma, se deberán agrupar los paneles, en función de la corriente de salida, en grupos para conectarlos al regulador y no sobrepasar esa corriente limite.

8.4. Convertidor

Los convertidores son elementos capaces de alterar la tensión y características de la corriente eléctrica que reciben, transformándola de manera que resulte más apta para los usos específicos a que vaya destinada en cada caso. Los convertidores que reciben la corriente continua a un determinado voltaje y la transforman en corriente continua, pero a un voltaje diferente reciben la denominación de convertidores CC-CC (DC-DC en inglés) y los que transforman la corriente continua en alterna se denominan convertidores CC-CA.

En este proyecto el objetivo es pasar de una corriente continua de 24 V a una corriente alterna de 230 V, que es la que, a través de la caja de distribución, alimenta las tomas de

corriente del centro escolar. Para ello hará falta un convertidor de las siguientes características:

CONVERTIDOR	
Marca	Victron Energy
Modelo	Phoenix 24/5000
Potencia	5.000 W
Tensión	24 V
Frecuencia	50 Hz
Precio	2.003,61€

Tabla 4: Características convertidores

El convertidor elegido tiene el siguiente aspecto:



Ilustración 9: Convertidor Victron Energy

9. METODOLOGÍA Y CÁLCULOS

Una parte importante del trabajo reside en los cálculos realizados y la metodología seguida para llevar este a cabo. Es por ello una de las acciones más relevantes a realizar. En este proyecto los cálculos se llevarán a cabo mediante simples programas como Excel, mientras que para la obtención de datos en cuanto a recursos solares o necesidades de la zona emplearemos programas tales como PVSYST o PVGIS, con el objetivo de utilizarlos para estimar la radiación solar disponible.

9.1. Determinación de las necesidades del usuario

En este primer apartado se deben calcular las necesidades del usuario, es decir, cuánta energía va a necesitar. Es por ello que se realiza una estimación, con el objetivo de determinar esas necesidades y poder darles una solución. Así pues, se realizará un estudio de estas necesidades en función de diversos factores, ya que estas pueden variar dependiendo de en qué situación y condiciones nos encontremos. Es importante realizar un estudio detallado del consumo para poder satisfacer todas sus necesidades, ya que la instalación va a tener una gran utilización. Es por esto mismo por lo que realizaremos una clasificación de la energía consumida en todas las situaciones posibles y atendiendo todas las necesidades posibles:

1. En función de la estación del año: Dependiendo de la estación del año en la que nos encontremos consumiremos más o menos energía, en cuanto a iluminación y ventiladores (distinguiremos entre invierno y verano)
2. En función del día: Podemos distinguir entre días laborables y días festivos. En los laborables tendremos un mayor consumo, pero en los festivos el Centro no permanecerá cerrado, por lo que también existirá un consumo:
3. En función de la hora del día: El Centro no permanecerá las 24 horas del día abierto, por lo que no se consumirá la misma cantidad de energía en cada momento del día. Los diferentes turnos serán:

- Mañana: Apertura del Centro – Hora de comer (8:00-13:00)
- Mediodía: Hora de Comer – Apertura de tarde del Centro (13:00-15:00)
- Tarde 1: Apertura de tarde del Centro – Finalización Clases tarde (15:00-20:00)
- Tarde 2: Finalización clases tarde – Cierre del Centro (20:00-22:00)

En primer lugar, se pueden distinguir dos tipos de días: Laborables y festivos. En los días laborables el consumo será mayor, por lo que el estudio debe centrarse en estos días. Se representa esa diferencia en el siguiente gráfico:



Ilustración 10: Diferencia entre día laborable y festivo

Las razones que explican estas diferencias en el consumo son las siguientes:

- En los días festivos el uso de los ordenadores está destinado al trabajo individual de los alumnos, de forma voluntaria. Esto hace que el consumo se reduzca drásticamente.
- Además, por las tardes de los días festivos el centro permanece cerrado, por lo que solo será utilizado por las mañanas.

A continuación, distinguiremos las necesidades invernales y estivales mediante la estimación de las horas de utilización de cada receptor. La mayor diferencia entre estas dos situaciones es la utilización de ventiladores, ya que en verano provocan un importante aumento en el consumo. Además, podemos diferenciar dos tipos de consumos: Fijos y variables. Los primeros hacen referencia a aquellos consumos que durante todo el año

permanecerán constantes, mientras que los segundos variarán dependiendo de la época del año en la que nos encontremos.

CONSUMOS FIJOS	CONSUMOS VARIABLES
<ul style="list-style-type: none"> - Ordenadores - Proyector 	<ul style="list-style-type: none"> - Iluminación (especialmente en las salas de ordenadores, al poseer ventanales grandes). - Ventiladores

Tabla 5: Tipos de consumo

El siguiente paso consiste en realizar una estimación del consumo de cada uno de los receptores en diferentes tramos horarios y en función, tanto del tipo de día (laborable o festivo), como de la estación del año (verano o invierno). En la siguiente tabla se muestra un ejemplo del consumo en un día laborable de verano:

NECESIDADES	8:00-10:00	10:00-13:00	13:00-15:00	15:00-18:00	18:00-20:00	20:00-21:00
Ordenadores	1	1,5	0	1,5	1	0
Iluminación						
Sala ordenadores	2	1	0	1	1	0
Pasillo	0,25	0	0	0,25	1	0
Baños	0,25	0,25	0	0,25	0,25	0
Proyector	1	1	0	1	1	0
Ventiladores	1	2	0	2	2	0

Tabla 6: Necesidades eléctricas usuario en horas

Una vez calculadas las horas de uso de los aparatos receptores para cada uno de los diferentes escenarios, se calculará la energía necesaria para satisfacer esas necesidades. Para ello se tendrá que tener en cuenta la potencia consumida por cada uno de los aparatos, cuantas unidades se disponen de los mismo y las horas de utilización. De esta forma se podrá calcular tanto la potencia como la energía consumida. La potencia de cada uno de los aparatos que se va a emplear es la siguiente:

NECESIDADES	POTENCIA (W)	UNIDADES
Ordenadores	100	27
Iluminación:		
Sala ordenadores	10	12
Pasillo	10	4
Baños	10	4
Proyector	477	1
Ventiladores	60	6

Tabla 7: Potencia de cada elemento

De esta forma, comparando los cuatro escenarios y teniendo en cuenta los tres parámetros fundamentales (potencia, unidades y horas de utilización), el resultado es el siguiente:

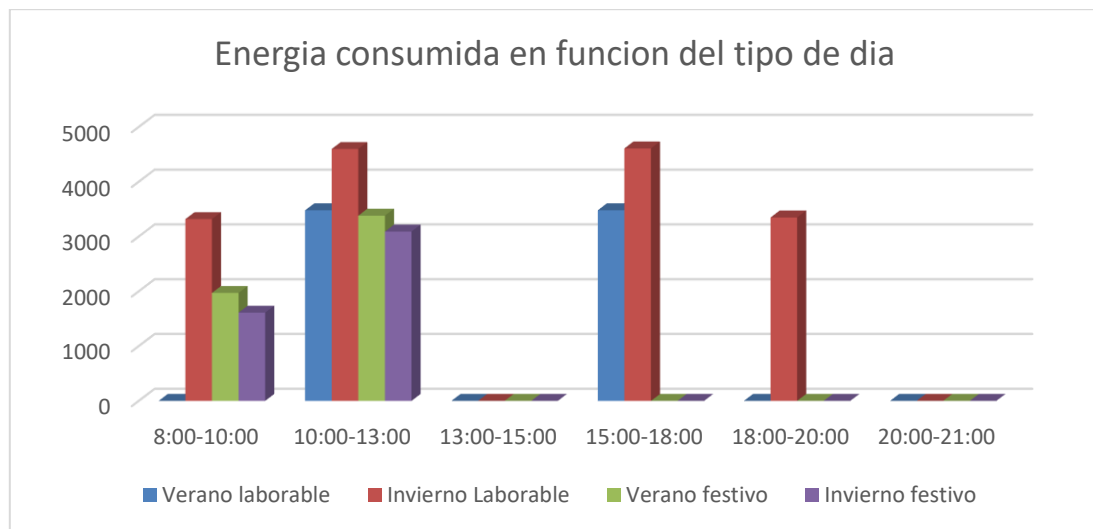


Ilustración 11: Energía consumida en función del tipo de día

Con este gráfico se comparan las cuatro situaciones (verano laborable, verano festivo, invierno laborable e invierno festivo) en cada franja horaria y queda claro como los días de mayor consumo son los laborables. En cuanto a las dos estaciones, el consumo es parecido, siendo mayor el de verano, tanto en energía como en potencia consumida, debido a la utilización de ventiladores, por lo que la situación a estudiar será la de día laborable de verano.

	Energía consumida (kWh)	Potencia consumida (kW)
Verano laborable	17,568	3,737
Verano festivo	4,95	1,09
Invierno laborable	15,408	3,377
Invierno festivo	4,05	0,91

Tabla 8: Energía y potencia consumida en función del tipo de día

Si se representa esta diferencia gráficamente, se puede observar como el día laborable de verano es el de mayor consumo:

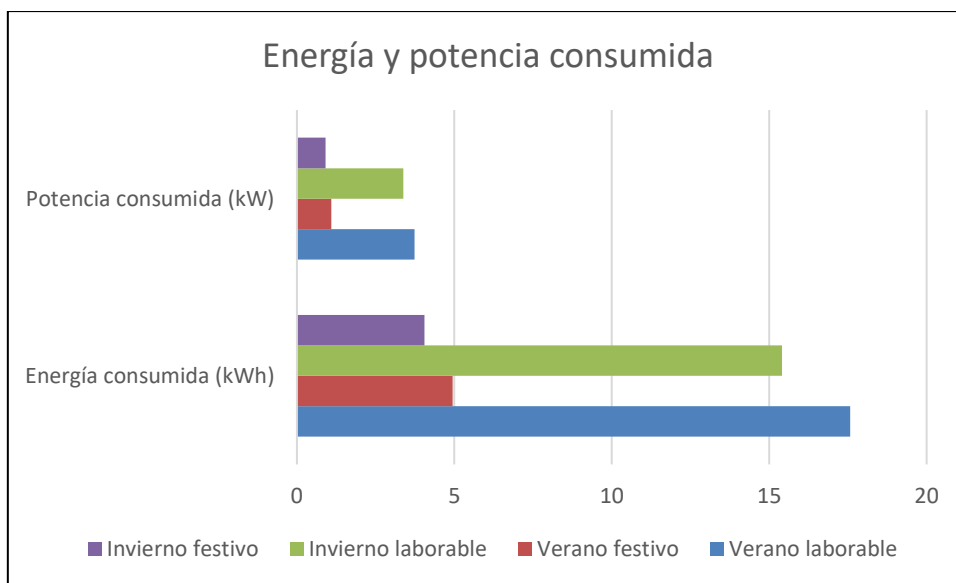


Ilustración 12: Consumo de energía y potencia

La energía total consumida viene definida por la siguiente fórmula:

$$E_{consumida} = \sum_{i=1}^n P_i * h_i$$

Siendo:

n: número total de receptores

P: potencia consumida

h: horas de utilización

Como estamos trabajando en corriente alterna, podemos dar el resultado en Ah/día, por lo que quedaría:

$$Q_{consumida} = \frac{Q_{consumidaDC}}{V_{DC}} + \frac{Q_{consumidaAC}}{V_{AC}}$$

Y como en este caso solo se trabaja en alterna, el consumo queda:

$$Q_{consumida} = \frac{Q_{consumidaAC}}{V_{AC}}$$

Las necesidades del usuario nos quedan:

$$N_{usuario} = E_{consumida} * \left(1 + \frac{MS}{100}\right)$$

Siendo:

N: necesidades del usuario

MS: margen de seguridad

Considerando un margen de seguridad nulo, la energía total consumida sería:

$$N_{usuario} = 17.568 \frac{Wh}{día}$$

Podemos expresar este resultado en Ah/día, dividiendo por la tensión de la corriente en alterna:

$$N_{usuario} = 732 \frac{Ah}{día}$$

Además, el conjunto se verá afectado por una serie de pérdidas debido a la auto-descarga de la batería, el rendimiento del convertidor y/o regulador y otras de difícil justificación.

Se definen:

K_b : Pérdidas en las baterías debido al calor generado en los procesos de carga y descarga. (6,5%)

K_a : Pérdidas debidas a la auto descarga diaria de las baterías. (0,7%)

K_c : Pérdidas debido a la ineficiencia del inversor, al trabajar en corriente alterna. (5%)

K_r : Perdidas debido a la ineficiencia del regulador. (5%)

K_v : Perdidas variadas en el sistema. (9%)

$$K_T = [1 - (K_b + K_c + K_r + K_v)] * \left[1 - \frac{K_a * D_{autonomia}}{P_{descarga}} \right] = 0,73$$

Siendo:

$D_{autonomia}$: días de autonomía para hacer frente a condiciones desfavorables (3)

$P_{descarga}$: profundidad de descarga (80%)

A partir de las necesidades del centro y del coeficiente de pérdidas totales se puede determinar la energía máxima diaria que debe satisfacer la instalación:

$$C_{max} = \frac{N_{usuario}}{K_T} = 1.009,04 \left(\frac{Ah}{dia} \right)$$

9.2. Determinación de la energía solar disponible

En este segundo paso tendremos que analizar los recursos disponibles en la zona en la que nos encontremos, ya que pueden variar en función de la ubicación, para realizar un correcto aprovechamiento de ellos. Para ello tendremos que determinar tanto la orientación como la inclinación de los paneles. En el caso de no realizar una correcta

elección de estos dos aspectos tendremos pérdidas y el rendimiento de nuestra instalación disminuirá, por lo que no estaremos aprovechando bien los recursos solares.

La *Orientación* es el punto cardinal hacia el que se dirige la cara activa del panel. La ideal sería aquella que orienta hacia el Ecuador. Dado que nos encontramos en el hemisferio sur, lo más adecuado sería orientar la instalación hacia el norte. En la siguiente figura podemos apreciar como el ángulo de orientación es de 12° .

En algunos casos, no se puede orientar el sistema hacia la cara deseada debido a la disposición de la estructura sobre el terreno, por lo que se deben buscar otras soluciones. Una de ellas es colocar los paneles hacia el este o el oeste, ya que, con relación al emplazamiento ideal, a 30° Sur no se perderá más del 15% de la producción anual, en las orientaciones Este y Oeste. En la siguiente imagen se pone de manifiesto la importancia de la orientación.

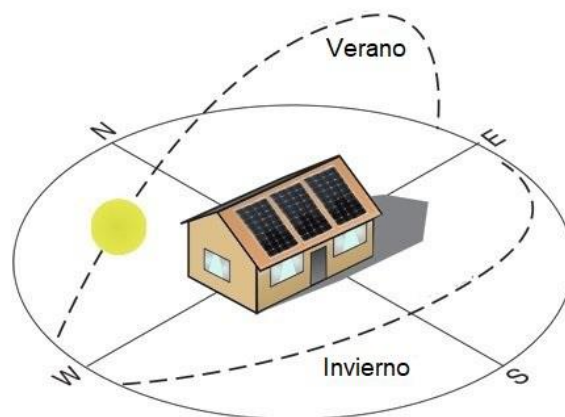


Ilustración 13: Representación orientación

Por otro lado, la *Inclinación* es el ángulo que forma el panel con el plano horizontal. Se trata de un parámetro importante a la hora de diseñar el sistema de captación, ya que será determinante en el rendimiento del mismo. La inclinación óptima se dará en aquella situación en la que la radiación solar incida perpendicularmente sobre los paneles, de forma que pueda obtener la máxima energía posible. Para esto se utilizan sistemas mecánicos denominados seguidores solares, cuya función es seguir la trayectoria recorrida por el Sol, de Este a Oeste, de forma que la radiación del mismo incida

perpendicularmente sobre la placa el mayor tiempo posible. La otra opción es una estructura fija. En este caso la posición de los paneles será fija en todo momento, y se tendrá que encontrar la posición más eficiente, esto es, aquella que optimice la captación de la radiación solar. En este caso existen diversos métodos para determinar dicha posición.

Por otra parte, tendremos que tener en cuenta si la utilización de la instalación va a ser durante todo el año o en una época concreta, y si el caso es este último, que época del año es, ya que la inclinación variara en función del momento anual:

- Si se consume una energía constante a lo largo de todo el año, se debe tener en cuenta que el invierno es el periodo del año menos soleado, ya que el Sol está más bajo.
- Si la instalación solo funciona en invierno, lo ideal es una inclinación de 40° a 50°.
- Si la instalación solo funciona en verano, es preferible una inclinación de 20° a 30°.

Un criterio que se utiliza es el mostrado en las siguientes tablas, para determinar el ángulo de inclinación óptimo para el sistema dado:

Periodo de diseño	$\beta_{\text{óptimo}}$
Diciembre	$\Phi + 10$
Julio	$\Phi - 20$
Anual	$\Phi - 10$

Tabla 9: Criterio 1 de inclinación de los paneles solares

Latitud	Angulo en invierno	Angulo en verano
0 a 15	15	15
15 a 25	Latitud	Latitud
25 a 30	Latitud + 5	Latitud - 5
30 a 35	Latitud + 10	Latitud - 10
35 a 40	Latitud + 15	Latitud - 15
>40	Latitud + 20	Latitud - 20

Tabla 10: Criterio 2 de inclinación de los paneles solares

Para una producción anual:

$$\beta_{\text{óptima}} = 3.7 + 0.69 * \text{Latitud}$$

En nuestro caso los paneles, como ya se ha comentado, deberán estar orientados en la dirección norte, al encontrarse el centro en el hemisferio sur, por lo que se colocarán en la cara del tejado que apunta hacia el norte. En cuanto a la inclinación, tendremos que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Kinshasa se encuentra prácticamente a la misma latitud que el ecuador, un poco por debajo. Debido a esto la inclinación óptima de los paneles es de unos pocos grados, incluso en la posición horizontal la radiación captada sería buena.
- Al ser una estructura montada sobre el tejado del centro la inclinación vendrá determinada por la posición del mismo. En este caso, el tejado está inclinado 30° respecto a la horizontal. Debido a esto tenemos dos opciones: instalar los paneles directamente en el tejado, o hacerlo en la posición horizontal. Para determinarlo se analizarán los datos de radiación en ambas posiciones y se escogerá la más adecuada.

A continuación, se deben obtener los recursos solares disponibles en la zona, para saber cuánta energía podemos obtener a partir de los paneles. Para ello se utilizarán datos solares recogidos por las estaciones meteorológicas situadas en las inmediaciones del centro. Habitualmente se emplearán datos de radiación solar diaria, para saber con precisión cual es la cantidad de radiación solar disponible cada día y de esta forma poder realizar una estimación de los recursos solares disponibles.

De esta forma, por medio del programa PVGIS obtenemos los datos de radiación de la zona:

Mes	H_h	H_{opt}	$H(30)$	I_{opt}
Ene	5220	4970	4040	-25
Feb	5300	5120	4400	-14
Mar	5930	5850	5420	2
Abr	5260	5310	5300	18
Mayo	4980	5130	5440	30
Jun	4720	4890	5310	34
Jul	5150	5340	5790	33
Ago	5370	5460	5610	24
Sep	5350	5310	5060	8
Oct	5160	5030	4470	-7
Nov	5030	4820	4010	-21
Dic	4730	4500	3650	-26

Tabla 11: Datos mensuales de radiación solar de la zona

En la tabla se dan datos de radiación ($\text{Wh}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$) para distintas situaciones. La primera columna, H_h , da datos de radiación para una posición horizontal de los paneles, la segunda columna, H_{opt} , para la inclinación óptima (esta viene determinada en la última columna) y la tercera, $H(30)$, para una inclinación de 30° . El mes más desfavorable para la posición óptima es diciembre, al igual que para una inclinación de los paneles de 30° . Como la radiación obtenida en la posición horizontal es mayor que a 30° , se escogerá la primera de ellas, por lo que la inclinación será de 0° .

$$E_{\text{incidente}} = 4,73 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{día}}$$

Además, también habrá que tener en cuenta el polvo que puedan acumular los paneles. De esta forma, el mantenimiento de los mismo es indispensable para su buen funcionamiento, por lo que se deberán limpiar regularmente con el objetivo de eliminar esa capa de polvo que se puede depositar sobre ellos.

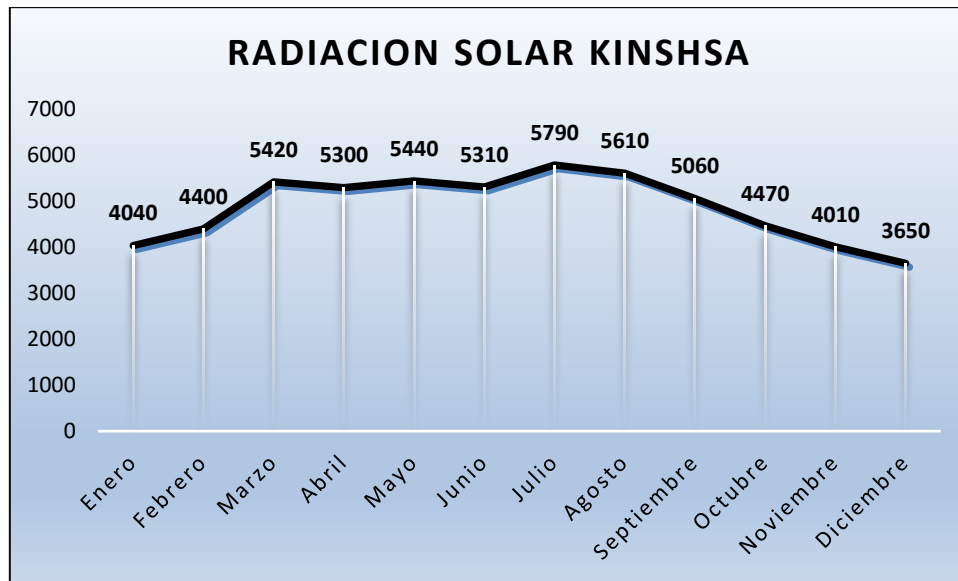


Ilustración 14: Datos mensuales de radiación solar de la zona

A pesar de no encontrarse en la inclinación óptima de los paneles, sino en una inclinación horizontal, la radiación obtenida es realmente buena. Como se puede observar en la tabla, esta radiación va cambiando en función del mes, dependiendo de la cantidad de Sol disponible, por lo que se analizará el caso más desfavorable, empleando el método del mes peor, que consiste en eso precisamente. Para una inclinación horizontal, el mes más desfavorable es diciembre, por lo que este será el dato que se empleará para los cálculos.

Con todo esto, se estudiarán dos escenarios: el mes más desfavorable (diciembre) y el mes de mayor consumo (verano). Como en la región en la que se encuentra el centro el mes de diciembre pertenece al verano, la situación a analizar será la misma. En resumen, se utilizará el dato de radiación de diciembre con las necesidades del usuario de verano.

9.3. Dimensionado del campo de captación

En este apartado se deben determinar parámetros tales como la potencia de pico (cresta) del módulo, la tensión de funcionamiento y la producción eléctrica de un módulo en una jornada. Además, también se determinará la estructura del campo fotovoltaico, así como el número de paneles.

En primer lugar, se tendrá que determinar la tensión del campo fotovoltaico. En los sistemas autónomos una tensión débil implica una corriente elevada que provoca grandes pérdidas óhmicas en los cables, lo que implicaría poner muchos o de gran sección. Es por ello que se debe encontrar la tensión más adecuada para la potencia disponible.

La siguiente tabla muestra la tensión más adecuada para cada una de las situaciones:

Potencia del campo fotovoltaico	0-500 W_p	500 W_p -2 kW_p	2 W_p -10 kW_p	>10 kW_p
Tensión recomendada	12 V_{dc}	24 V_{dc}	48 V_{dc}	>48 V_{dc}

Tabla 12: Tensión más adecuada en función de la potencia

La tensión de salida del módulo fotovoltaico vendrá determinada por las características del propio panel, facilitadas por el fabricante, que se han descrito en el apartado anterior. La tensión de salida del panel será de 24 V, ya que su tensión máxima, V_{mpp} , es de 31,3 V, por lo que es la que mejor se adapta.

Una vez determinada la tensión de trabajo, es conveniente comprobar si los receptores soportan esa tensión, y de no ser así, utilizar convertidores para adaptar esos niveles de tensión.

Por otro lado, en caso de que el Sol sea nuestra única fuente de energía, los módulos fotovoltaicos deberán suministrar todo el consumo de energía, incluidas las pérdidas. Aquí es cuando entran en juego las baterías. Estas pueden ser un buen sistema de almacenamiento a corto plazo, pero no se trata de una fuente de energía en sí, ya que si consume más de lo que produce pueden acabar descargándose.

Los módulos fotovoltaicos se caracterizan por su potencia “pico” o “cresta”, $P_p(W)$, que se define como la máxima potencia eléctrica que el módulo puede generar bajo unas condiciones estándares de medida, STC (1000 W/m^2 , a 25 °C con un espectro solar AM1,5). Si el modulo esta expuesto en esas condiciones STC un periodo de tiempo “t” (horas), la energía eléctrica producida será:

$$E_{panel}(Wh) = P_{pico}(W) * t(horas)$$

Como la radiación solar no es constante a lo largo del día, nunca se llegará a producir esta cantidad de energía eléctrica, ya que aparecerán una serie de pérdidas que se deben tener en cuenta. Para ello se utilizará el concepto de *número de horas equivalentes* u Horas Pico Solar (HPS), que es el número de horas necesarias para obtener una energía determinada expresada en Wh/m^2 , con una irradiancia de $1000 W/m^2$.

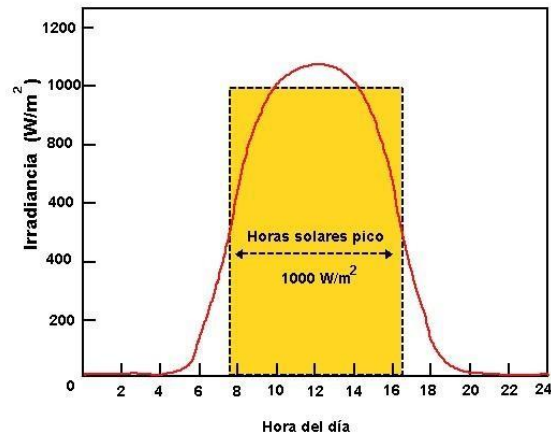


Ilustración 15: Horas Pico Solar

Gracias al valor 1.000 de la radiación de referencia, el “número de horas equivalente” es igual numéricamente a la energía solar integrada, expresada en $kWh/m^2 \cdot día$:

$$E_{sol} = HPS * 1000$$

$$E_{sol} = 4,73 \frac{h}{día} * 1000 \frac{W}{m^2} = 4.730 \frac{Wh}{m^2 día}$$

De acuerdo con esto, se estima la energía solar proporcionada por el panel en una jornada, multiplicando el número de horas equivalente por la potencia pico de los módulos:

$$E_{panel} \left(\frac{Wh}{día} \right) = HPS \left(\frac{h}{día} \right) * P_{pico} (W) * \eta_{panel}$$

En el parámetro η_{panel} se incluyen pérdidas por imprecisiones en la orientación e inclinación del panel, suciedad o mal mantenimiento del mismo... Un valor típico suele ser del 90 %.

Para no tener en cuenta las tensiones, las expresiones calculadas se dividen por la tensión nominal de corriente continua:

$$Q_{panel} \left(\frac{Ah}{dia} \right) = \frac{E_{panel} \left(\frac{Wh}{hora} \right)}{V_{nominal_cc}}$$

De esta forma trabajamos en Ah/día en lugar de Wh/día. Por último, para calcular la potencia total necesaria utilizaremos la expresión anterior, pero a la inversa, reemplazando la energía producida por la consumida:

$$P_{módulos} = \frac{C_{max}}{HPS * \eta_{panel}}$$

El dato de HPS se obtendrá utilizando los datos meteorológicos del mes más desfavorable.

El siguiente paso, una vez obtenida la potencia proporcionada por cada panel, es determinar el número de paneles a instalar, de forma que se consiga la energía eléctrica necesaria para el centro. Para ello se deben determinar tanto el número de paneles colocados en paralelo, como en serie. El número de ramas en paralelo dependerá de la potencia de la potencia requerida:

$$N_{ramas_paralelo} = \frac{C_{max}}{E_{panel}}$$

Mientras que el número de paneles en serie dependerá de la tensión del sistema y del panel:

$$N_{ramas_serie} = \frac{V_{instalacion}}{V_{panel}}$$

Por lo tanto, el número de elementos totales en la instalación será:

$$N_{módulos} = N_{ramas_paralelo} * N_{ramas_serie}$$

9.4. Dimensionado del sistema de acumulación

En este apartado se debe determinar el tipo y el número de baterías a instalar en el sistema. La batería es el elemento de la instalación encargado de almacenar la energía producida por los módulos fotovoltaicos durante las horas de Sol, para poderla utilizar durante la noche o en días nublados. Es importante destacar que la batería no se trata de una fuente de energía, sino que simplemente la almacena para su posterior uso.

En un sistema fotovoltaico, la batería suele ser el componente de vida útil más corta, por ello hay que sustituirla antes que los paneles. Existen diversos tipos de baterías de distintas características, en función de las condiciones y el uso que se les quiera dar (baterías más grandes y caras si nos interesa una vida útil más larga, ya que el sitio es de difícil acceso, o baterías más pequeñas, de menor autonomía, que se deben cambiar con mayor frecuencia). Los parámetros fundamentales a considerar en la elección de la batería son:

- La autonomía sin aporte solar
- La capacidad
- La profundidad de descarga
- El efecto de la temperatura

Estos cuatro parámetros son los que deben tenerse en cuenta para el correcto dimensionamiento de las baterías de una instalación fotovoltaica, pero además existen otras características secundarias que también poseen gran relevancia, como son el mantenimiento, la tasa de reposición, el coste, la disponibilidad o el reciclado.

El número de días de autonomía sin aporte solar, D_{aut} , son los días que la batería es capaz de alimentar la instalación sin tener en cuenta los paneles, es decir, como si no estuvieran. Sobre esta base se hará el cálculo de la batería necesaria.

Este concepto de autonomía está directamente relacionado con la meteorología del lugar en el que se ubica la instalación. Es por ello que se calculará la autonomía considerando la cantidad de días malos que se puedan encontrar, así como su frecuencia y continuidad (que esos días sean consecutivos), con unas condiciones muy

desfavorables. Esta autonomía se puede fijar de distintas maneras, mediante un análisis de las bases meteorológicas, que aportan información acerca de los días sin sol a lo largo de todo el año. De esta manera, se puede fijar una autonomía de 5-8 días para países templados y de 2-4 días para países cálidos, como es el caso en estudio.

La capacidad nominal (C_{nom}) de la batería se define como la cantidad de electricidad que puede proveer a una carga, y básicamente depende de tres parámetros: régimen de descarga, temperatura y tensión final. Esta capacidad viene dada generalmente para una descarga en 20 horas (C_{20}) a la temperatura de 25 °C.

Se define la capacidad útil C_u , como la capacidad necesaria para un funcionamiento de D_{aut} días y unas necesidades de electricidad diarias de C_{max} :

$$C_u(Ah) = D_{aut}(dias) * C_{max}\left(\frac{Ah}{dia}\right)$$

Esta capacidad útil no es la capacidad nominal, sino la capacidad realmente disponible sobre el terreno. Para calcular la capacidad nominal en función de ésta se deberá tener en cuenta la profundidad de descarga y la temperatura.

Se define la profundidad de descarga de una batería como el porcentaje de la capacidad total de la batería que se usa durante un ciclo de carga o un ciclo de descarga. La descarga puede ser:

- Superficial: son descargas aproximadamente del 20 % de la capacidad nominal.
- Profunda: son descargas del 60-80 % de la capacidad nominal.

Una batería no debe descargarse por debajo de un cierto umbral, ya que es perjudicial y corre el peligro de dañarla. El Estado de carga actual ECA es un número entre el 0 y el 1 que expresa el estado de la batería:

$$PD = 1 - ECA$$

Para determinar la profundidad de descarga de la batería se tendrán que tener en cuenta el número de ciclos, la vida útil de la batería y la temperatura. Si la batería sufre una demanda fuerte, con una autonomía sin aporte solar baja, la batería estará sometida a ciclos bastante fuertes, por lo que habrá que subir el umbral de la profundidad de descarga

para aumentar el número de ciclos, prestando atención a la cantidad de ciclos que la batería puede soportar en su vida útil.

La profundidad de descarga influye directamente en el número de ciclos de las baterías, que disminuyen a medida que el nivel de descarga aumenta. Así, si el nivel de descarga de una batería es del 100%, esta durara menos de la mitad de ciclos de una batería al 50 % de descarga.

En la práctica se aplicará un coeficiente PD igual a 0,7 o 0,8 según los módulos de la batería, en ausencia de temperaturas bajas y para una utilización normal. Para el caso en estudio se ha escogido una PD de 0,7.

Por otro lado, si el sistema funcionara a temperaturas bajas esta sería la principal causa de reducción de su capacidad. Para determinar la reducción de capacidad resultante se utilizan curvas de descarga a diversas temperaturas. Normalmente son suministradas por el fabricante de la batería y dependen del modelo de batería. En la región en la que se trabaja no se sufren temperaturas demasiado bajas, por lo que la capacidad de las baterías no se verá reducida.

La capacidad nominal se determina en función de esta profundidad de descarga, de forma que el resultado queda:

$$C_{sistema_acumulacion} = \frac{C_{max} \left(\frac{Ah}{dia} \right) * D_{aut}(dia)}{PD}$$

A continuación, al igual que en el caso de los módulos, se debe determinar el número de baterías a instalar, tanto en paralelo como en serie, en función de la capacidad y la tensión de las baterías y del conjunto.

El número de baterías en paralelo deberá ser superior al siguiente valor:

$$N_{ramas_paralelo} = \frac{C_{sistema_acumulacion}}{C_{bateria}}$$

Mientras que el número de baterías en serie deberá ser superior a:

$$N_{ramas_serie} = \frac{V_{instalacion}}{V_{bateria}}$$

Y el número de baterías:

$$N_{baterias} = N_{ramas_paralelo} * N_{ramas_serie}$$

De esta forma, el número de elementos a instalar será:

MÓDULOS	
$N_{ramas_paralelo}$	21
N_{ramas_serie}	1
BATERÍAS	
$N_{baterias_paralelo}$	20
$N_{baterias_serie}$	2

Tabla 13: Número de paneles y baterías

Y el número total de módulos y de baterías será:

$$N_{módulos} = 21$$

$$N_{baterias} = 40$$

9.5. Ubicación de los paneles

En este apartado se tendrá que determinar la disposición de los paneles, tanto para determinar la distancia que debe existir entre unos y otros para que no se vean influenciados por las sombras que producen, como para saber si el espacio requerido es mayor o menor que la superficie disponible, de forma que se puedan calcular los nuevos parámetros.

En primer lugar, se va a proceder al cálculo de la superficie disponible, que es el área del tejado del centro utilizable para colocar paneles.

$$S_{disponible} = 15 \text{ m}^2$$

En la siguiente imagen se puede observar el tejado en el cual se dispondrán los paneles, así como la inclinación del mismo y la horizontalidad de los paneles:



Ilustración 16: Tejado Centro Escolar

A continuación, hay que calcular la superficie de cada uno de los paneles y el número de paneles que es posible colocar, dependiendo de la superficie disponible:

$$S_{panel} = 1,68 \text{ m}^2$$

Y el número de paneles máximo será:

$$N_{paneles} = \frac{S_{disponible}}{S_{panel}}$$

$$N_{paneles} = 8 \text{ paneles}$$

Por último, habrá que comparar las necesidades energéticas del centro con las posibilidades calculadas. Como se supera el número máximo de paneles se tendrán que calcular los nuevos parámetros, priorizando las necesidades más importantes en función de las capacidades máximas.

9.6. Cálculo de los nuevos parámetros

Conocido el número máximo de paneles que se pueden instalar, se calculará la máxima energía eléctrica que se puede obtener. De esta forma se harán los cálculos en orden inverso, hasta llegar a la energía máxima recuperable.

Las necesidades calculadas para el usuario se han realizado de forma aproximada, con unas horas de utilización de los equipos elevadas. Dado que la prioridad del centro

es el aula de informática (27 ordenadores) y el proyector, solo se introducirá el consumo de estos dispositivos.

Teniendo en cuenta el número máximo de paneles a instalar $N_{paneles}$, la nueva capacidad máxima del sistema será:

$$C_{max}\left(\frac{Wh}{dia}\right) = 9.705,96$$

En segundo lugar, se calcularán, al igual que en el caso anterior, las nuevas necesidades del usuario, teniendo en cuenta el coeficiente de perdidas:

$$N_{usuario} = 7.041,13 \frac{Wh}{dia}$$

Por último, se determinará el número de baterías a instalar, en función de los nuevos parámetros calculados:

$$C_{sistema\ acumulacion}\left(\frac{Ah}{dia}\right) = 1.516,56$$

$$N_{ramas_paralelo} = 8$$

$$N_{ramas_serie} = 2$$

$$N_{baterias} = 16$$

9.7. Determinación de la nueva cobertura

Una vez calculado el número máximo de paneles que se pueden instalar y los nuevos parámetros en cuanto al dimensionamiento de la instalación, llega el momento de, una vez determinadas las nuevas necesidades del usuario, igualar estas necesidades con la energía consumida.

De esta forma se tendrá que ver que necesidades se pueden cubrir, priorizando las más relevantes. Las nuevas necesidades calculadas son:

$$N_{usuario} \left(\frac{Wh}{dia} \right) = 7.041,13$$

Con estas necesidades del usuario se podrá cubrir, como ya se ha explicado, el aula de informática y el proyector, con la siguiente distribución horaria aproximadamente:

NECESIDADES	8:00- 10:00	10:00- 13:00	13:00- 15:00	15:00- 18:00	18:00- 20:00	20:00- 21:00
Ordenadores	0	1,2	0	1,2	0	0
Proyector	0	0,5	0	0,5	0	0

Tabla 14: Nuevas necesidades usuario

Teniendo en cuenta este nuevo consumo por parte del usuario, la energía consumida será:

$$Energia_{consumida} \left(\frac{Wh}{dia} \right) = 6.957$$

Como puede observarse, la energía consumida es menor que las necesidades, por lo que el sistema fotovoltaico será capaz de suministrar la nueva demanda calculada.

Y la potencia máxima empleada será:

$$Potencia_{maxima}(W) = 3.177$$

Estos serán los parámetros finales de la instalación, teniendo en cuenta, por un lado, los recursos disponibles, y por otro la demanda del usuario.

9.8. Definición del regulador

El regulador es el dispositivo encargado de controlar constantemente el estado de carga de las baterías, así como de regular la intensidad de carga con el fin de alargar la vida útil de las mismas. Lo primero que hay que hacer es decidir el tipo de regulador a instalar. Para ello se debe determinar en qué momento realizar el corte:

- Un regulador de carga simple tiene como función hacer que la batería se cargue bien y la protege contra la sobrecarga, pero no soluciona posibles problemas de descargas. Es por ello que este regulador no posee ningún dispositivo capaz de cortar alguno de los receptores en caso de que la batería este baja de carga. Se utiliza en casos en los que el riesgo de descarga de la batería sea improbable o muy remoto.
- Un regulador de carga-descarga es el más utilizado para aplicaciones domésticas, ya que en este caso es se pueden sobrepasar los consumos previstos. Su función es cortar el suministro a cierta parte de la instalación cuando la batería entre en riesgo de descarga, para que esta pueda volver a cargarse.

En cuanto a la tecnología de los reguladores se pueden encontrar dos grandes tipos: PWM Y MPPT.

Los primeros de ellos son reguladores sencillos que actúan como interruptores entre las placas fotovoltaicas y la batería. Solamente constan de un diodo, por lo que fuerzan a los módulos fotovoltaicos a trabajar a la tensión de la batería, sin ningún tipo de instalación extra. La energía a un lado y al otro del regulador es la misma, con los valores de tensión y corriente iguales también. Esto hace que los módulos no trabajen en su punto de máxima potencia, sino en el que impone la batería según su estado de carga, produciendo una pérdida de potencia que puede llegar a ser del 25-30 %. El regulador PWM es capaz de llenar por completo la batería gracias a que introduce la carga de forma gradual, a pulsos de tensión, en la fase de flotación, fase de llenado último de la batería. Así, la corriente se va introduciendo poco a poco hasta que la batería se llena de manera óptima y estable. Cuando se alcanza la etapa de absorción en la carga de la batería, el regulador modifica la intensidad de los pulsos, corta varias veces por segundo el contacto entre los módulos y la batería, evitando que la batería se sobrecargue.

Los reguladores MPPT disponen, a diferencia de los anteriores, de un convertidor de tensión CC-CC y de un seguidor del punto de máxima potencia.

- **Convertidor de tensión CC-CC:** permite trabajar a tensiones diferentes en el campo fotovoltaico y en las baterías.

- **Seguidor del punto de máxima potencia:** adapta la tensión de funcionamiento en el campo fotovoltaico a la que proporcione la máxima potencia.

Por lo tanto, en un regulador MPPT la energía que entre y sale del regulador es la misma, al igual que en un regulador PWM, pero no las condiciones a las que lo hace, ya que la tensión y la corriente son diferentes a un lado y a otro. Con esto se consigue aumentar la tensión del panel solar y aumentar la producción solar hasta en un 30 % respecto a los reguladores PWM. De esta forma se reducen las pérdidas energéticas ocasionadas con bajas tensiones, haciendo de los reguladores MPPT dispositivos más eficientes que los PWM.

Una vez elegida la tecnología el regulador se diseñará en base a estos parámetros:

- Tensión
- Corriente de entrada
- Corriente de salida

La tensión nominal del regulador (12, 24 o 48V) debe ser la del campo fotovoltaico, ya que se encuentra conectado al mismo.

La corriente de entrada es la corriente de carga máxima que los módulos son susceptibles de producir en un instante determinado. Como debe ser soportada sin problemas por el regulador, lo mejor es tomar 1,25 veces la corriente total en el punto de potencia máxima.

La corriente de salida es la corriente total máxima que pueden recibir los receptores de forma simultánea. Se recomienda que el regulador soporte un 25 % más del valor de la carga máxima. De esta forma, se debe comprobar que esto se cumpla:

$$I_{carga\ nominal} = 1,25 * (N_{regpan} * I_{sc}) = 45\ A$$

$$I_{sc} = 9,84\ A$$

$$N_{pan_reg} = 3$$

Si se realiza la comprobación:

$$45 \geq 36,9$$

Como se cumple, el tipo y cantidad de paneles por regulador es adecuada. De esta forma los paneles se deberán conectar en grupos de 3, y cada uno de esos grupos a un regulador. El número de reguladores a instalar será:

$$N_{reg} = \frac{N_{paneles}}{N_{pan_reg}}$$

$$N_{reg} = 3 \text{ reguladores}$$

9.9. Definición del convertidor

El convertidor es el dispositivo encargado de transformar la corriente continua de electricidad que recibe en corriente alterna, de forma que se adapte a las características de funcionamiento de los aparatos receptores. Se pueden tener dos tipos de inversores en función de la onda:

- **Inversores de onda sinusoidal modificada:** son inversores más baratos, pero pueden dar problemas de rendimiento para ciertas cargas inductivas.
- **Inversores de onda sinusoidal pura:** son inversores más caros y complejos, de una mayor tecnología, y no presentan problemas de rendimiento ni compatibilidad con otros equipos de la instalación.

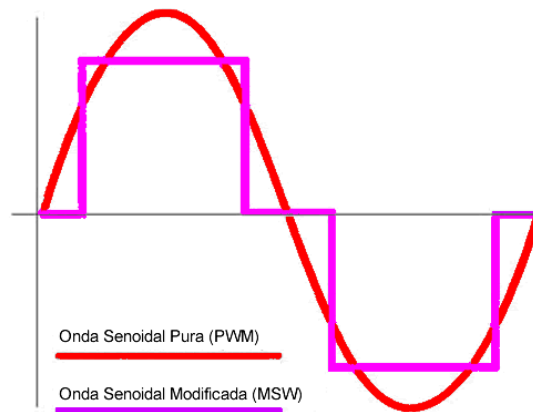


Ilustración 17: Tipos de onda inversor

Existen una serie de parámetros que definen el tipo de inversor a coger. Esos datos característicos son los siguientes:

- Potencia nominal (VA)
- Tensión nominal de entrada (V)
- Tensión (V_{rms}) y frecuencia (Hz) de salida
- Rendimiento, que relaciona la potencia de salida con la de entrada

Para determinar el tipo de inversor se tendrá que calcular la potencia de cada una de las cargas conectadas al sistema. La potencia del inversor será inmediatamente superior a la suma de las potencias de todas las cargas.

$$P_{maxima} = 3.177 W$$

Con el objetivo de dotar al sistema de un margen de seguridad, la potencia máxima tomada será:

$$P_{maxima} = 5 KW$$

De esta forma, tendremos que elegir un inversor cuya potencia sea mayor que esta potencia que consume el sistema.

10. DESCRIPCIÓN DE TAREAS Y PLANIFICACIÓN

En este apartado se determinarán las tareas a realizar para llevar a cabo, tanto el informe, como la instalación fotovoltaica. En primer lugar, se determinarán los pasos a seguir para llevar a cabo el informe:

1. **Trabajos previos:** En este primer paso se debe realizar un análisis técnico del entorno del proyecto, con el fin de adquirir conocimientos del lugar y del sistema a instalar.

P.T.1	Trabajos previos
T.1.1	Estudio del entorno y sistema <ul style="list-style-type: none"> - <u>Duración:</u> 7 día - <u>Responsable:</u> Ingeniero - <u>Carga de trabajo:</u> 20 horas ingeniero y 2 director de proyecto
T.1.2	Análisis de alternativas <ul style="list-style-type: none"> - <u>Duración:</u> 5 días - <u>Responsable:</u> Ingeniero - <u>Carga de trabajo:</u> 10 horas ingeniero.

2. **Planteamiento del proyecto:** Determinar los objetivos del proyecto, tanto técnicos como sociales, así como el alcance del mismo.

P.T.2	Planteamiento del proyecto
T.2.1	Objetivos y alcance <ul style="list-style-type: none"> - <u>Duración:</u> 5 días. - <u>Responsable:</u> Ingeniero. - <u>Carga de trabajo:</u> 15 horas ingeniero y 5 director de proyecto.

T.2.2	Beneficios del proyecto: - <u>Duración</u> : 3 días. - <u>Responsable</u> : Ingeniero. - <u>Carga de trabajo</u> : 5 horas ingeniero
-------	---

3. **Dimensionamiento de la instalación:** Realizar todos los cálculos necesarios para determinar de manera precisa el tipo y cantidad de elementos a instalar, así como para satisfacer la demanda del usuario, en la medida de lo posible. Para ello se divide en los siguientes pasos:

1. **Determinación de las necesidades del usuario:** Analizar el consumo eléctrico del centro, con el fin de determinar la cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda.
2. **Determinación de la energía solar disponible:** Estudiar los recursos solares utilizables en la región en la que se encuentra el centro.
3. **Dimensionado del campo de captación:** Determinar el tipo y número de paneles a instalar.
4. **Dimensionado del campo de acumulación:** Determinar el tipo y número de baterías a instalar.
5. **Ubicación de los paneles:** Definir el número de paneles posibles a instalar, en función de la superficie disponible.
6. **Cálculo de los nuevos parámetros:** Dependiendo del máximo número posible de paneles a instalar, volver a realizar los cálculos.
7. **Determinación de la nueva cobertura:** Calcular la energía máxima que se podrá aportar en función de los nuevos parámetros, que será la energía real que se conseguirá.
8. **Definición del regulador:** Determinar el tipo de regulador, así como la cantidad necesaria de los mismos.
9. **Definición del convertidor:** Determinar el tipo y número de inversores a instalar.

P.T.3	Dimensionamiento de la instalación
T.3.1	Determinación de las necesidades del usuario <ul style="list-style-type: none"> - <u>Duración</u>: 4 días. - <u>Responsable</u>: Ingeniero. - <u>Carga de trabajo</u>: 5 horas ingeniero y 1 director de proyecto.
T.3.2	Determinación de la energía solar disponible <ul style="list-style-type: none"> - <u>Duración</u>: 2 días. - <u>Responsable</u>: Ingeniero. - <u>Carga de trabajo</u>: 3 horas ingeniero.
T.3.3	Dimensionado del campo de captación <ul style="list-style-type: none"> - <u>Duración</u>: 3 días. - <u>Responsable</u>: Ingeniero. - <u>Carga de trabajo</u>: 5 horas ingeniero y 1 director de proyecto.
T.3.4	Dimensionado del campo de acumulación <ul style="list-style-type: none"> - <u>Duración</u>: 2 días. - <u>Responsable</u>: Ingeniero. - <u>Carga de trabajo</u>: 4 horas ingeniero y 1 director de proyecto.
T.3.5	Ubicación de los paneles <ul style="list-style-type: none"> - <u>Duración</u>: 1 día. - <u>Responsable</u>: Ingeniero. - <u>Carga de trabajo</u>: 2 horas ingeniero.
T.3.6	Cálculo de los nuevos parámetros <ul style="list-style-type: none"> - <u>Duración</u>: 1 día. - <u>Responsable</u>: Ingeniero. - <u>Carga de trabajo</u>: 2 horas ingeniero.
T.3.7	Determinación de la nueva cobertura <ul style="list-style-type: none"> - <u>Duración</u>: 1 día. - <u>Responsable</u>: Ingeniero. - <u>Carga de trabajo</u>: 2 horas ingeniero y 1 director de proyecto.

T.3.8	Definición del regulador - <u>Duración</u> : 2 días. - <u>Responsable</u> : Ingeniero. - <u>Carga de trabajo</u> : 3 horas ingeniero.
T.3.9	Definición del convertidor - <u>Duración</u> : 2 días. - <u>Responsable</u> : Ingeniero - <u>Carga de trabajo</u> : 3 horas ingeniero.

4. **Informe de proyecto:** Se realizará un informe para explicar detalladamente todo el proceso seguido, así como sus conclusiones.

P.T.4	Informe de proyecto
T.4.1	Redacción del informe - <u>Duración</u> : 30 días - <u>Responsable</u> : Ingeniero - <u>Carga de trabajo</u> : 120 horas ingeniero y 10 director de proyecto

En segundo lugar, se planificará la etapa de montaje y verificación de la instalación. En esta fase se debe disponer toda la instalación en el centro y comprobar que funcione sin ningún problema. Para ello se seguirán los siguientes pasos:

5. **Montaje de la instalación:** Disposición final de la estructura fotovoltaica con todos sus componentes. Las distintas etapas son:
1. **Acondicionamiento del lugar:** Preparar el entorno para el montaje de la estructura, así como transportar los materiales hasta allí.
 2. **Montaje de la estructura:** Montar la estructura de los paneles sobre el tejado.
 3. **Montaje del sistema de captación:** Instalar los paneles sobre la estructura, así como el cableado correspondiente.

4. **Montaje del sistema de acumulación:** Montaje de baterías y su cableado.
5. **Montaje del regulador:** Montaje y conexiones del regulador.
6. **Montaje del convertidor:** Montaje y conexiones del convertidor.
7. **Conexiones del sistema y al centro de consumo:** Conexión de todos los elementos de la instalación, así como conexiones al centro escolar, es decir, al aula de informática.

P.T.5	Montaje de la instalación
T.5.1	Acondicionamiento del lugar - <u>Duración:</u> 2 días. - <u>Responsable:</u> Operario. - <u>Carga de trabajo:</u> 10 horas operario.
T.5.2	Montaje de la estructura - <u>Duración:</u> 4 días. - <u>Responsable:</u> Operario. - <u>Carga de trabajo:</u> 20 horas operario.
T.5.3	Montaje del sistema de captación - <u>Duración:</u> 3 días. - <u>Responsable:</u> Operario. - <u>Carga de trabajo:</u> 15 horas operario.
T.5.4	Montaje del sistema de acumulación - <u>Duración:</u> 2 días. - <u>Responsable:</u> Operario. - <u>Carga de trabajo:</u> 10 horas operario.
T.5.5	Montaje del regulador - <u>Duración:</u> 1 día. - <u>Responsable:</u> Operario. - <u>Carga de trabajo:</u> 5 horas operario.

T.5.6	Montaje del convertidor - <u>Duración</u> : 1 día. - <u>Responsable</u> : Operario. - <u>Carga de trabajo</u> : 5 horas operario.
T.5.7	Conexiones del sistema y centro de consumo - <u>Duración</u> : 4 día. - <u>Responsable</u> : Operario. - <u>Carga de trabajo</u> : 20 horas operario.

6. **Verificación del sistema:** Comprobar que el sistema funcione sin ningún tipo de problema, y si hay alguno darle solución.

P.T.6	Verificación del sistema
T.6.1	Comprobación del funcionamiento - <u>Duración</u> : 2 días - <u>Responsable</u> : Ingeniero - <u>Carga de trabajo</u> : 2 horas ingeniero.

Para representar esta planificación que se acaba de describir se utilizara el programa Microsoft Project, con el objetivo de realizar un diagrama Gantt con todas las tareas que se deben llevar a cabo, así como la duración de las mismas y las fechas de inicio y final correspondientes:

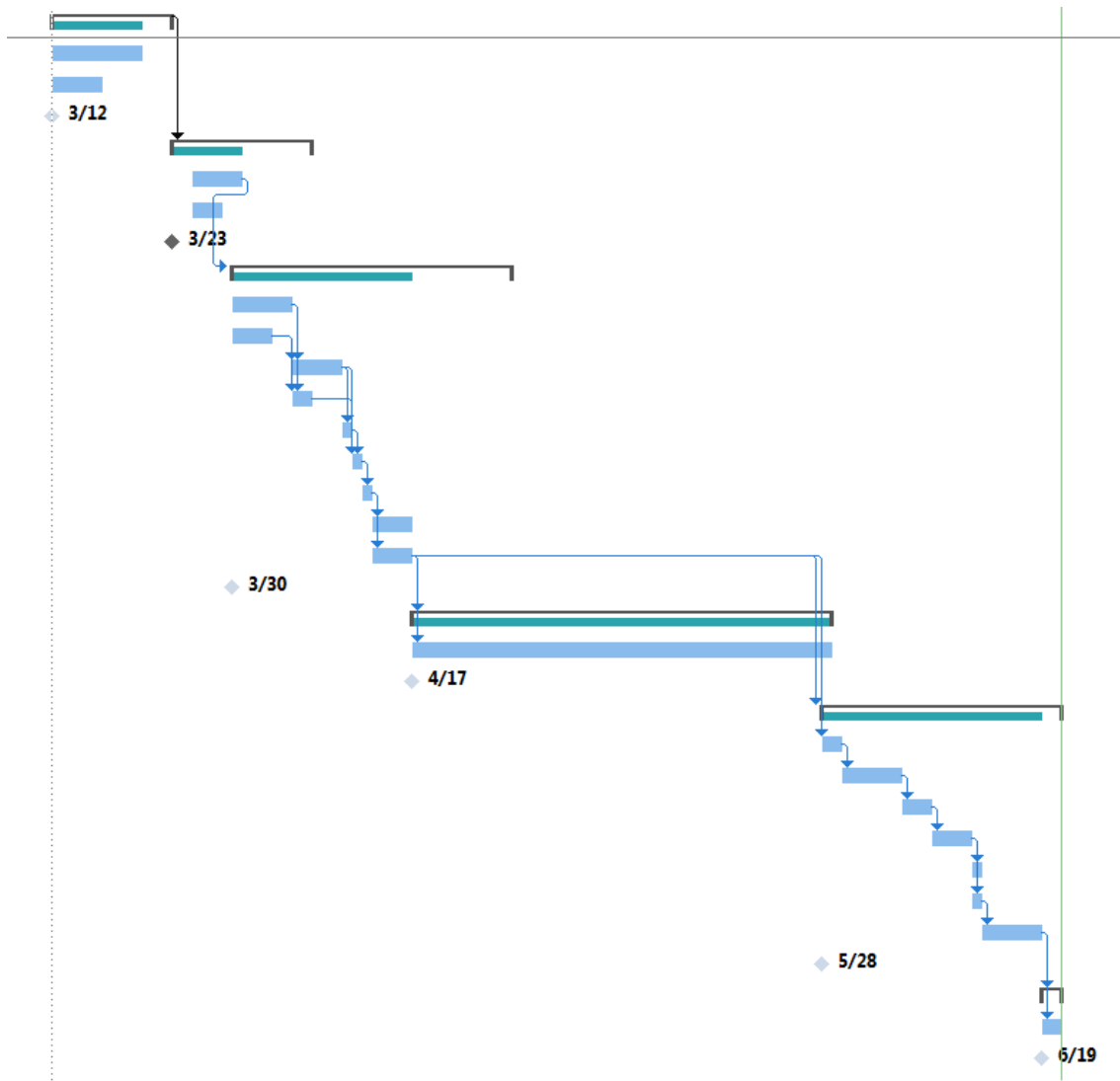


Ilustración 18: Diagrama de Gantt

La duración total del proyecto se estima en 109 días. Se dará comienzo al proyecto el 12/03/2018, mientras que la fecha de finalización será el 29/06/2018, tal y como se puede observar en la imagen anterior.

11. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS ECONÓMICO

Se realiza un análisis económico del dimensionamiento y montaje de la instalación fotovoltaica. Para ello se tendrán en cuenta diferentes aspectos que conforman el proyecto.

11.1. Horas internas

En primer lugar, se analizan los costes debidos a las horas internas. Dentro de este grupo debemos tener en cuenta al personal que llevara a cabo el proyecto. Por un lado, estará el ingeniero y el director de proyecto, quienes deben realizar el dimensionamiento, resumido en un informe con los datos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Por otro lado, estarán los operarios, encargados de realizar el montaje de la instalación. Por último, la verificación de que el sistema funciona correctamente también será llevado a cabo por el ingeniero. En la siguiente imagen se ven los costes de cada uno de los factores que intervienen:

HORAS INTERNAS				
CONCEPTO	UNIDADES	Nº UNIDADES	COSTE UNITARIO	COSTE
Personal				4.500 €
Ingeniero	h	200	15 €	3.000 €
Director	h	20	25 €	500 €
Operario	h	100	10 €	1.000 €
Amortizaciones				2.750 €
Ordenador	h	130	20 €	2.600 €
Ofimática	h	15	10 €	150 €
TOTAL				7.250 €

Tabla 15: Costes horas internas

11.2. Coste de materiales

Se detallan los distintos elementos a instalar, así como la cantidad y el coste de cada uno de ellos:

COSTE MATERIALES				
CONCEPTO	UNIDADES	Nº UNIDADES	COSTE UNITARIO	COSTE
Elementos				11.073 €
Batería	baterías	16	426,90 €	6.830 €
Regulador	reguladores	3	462,83 €	1.388 €
Inversor	inversores	1	2.003,61 €	2.004 €
Cableado	metros	100	8,50 €	850 €
TOTAL				11.073 €

Tabla 16: Costes materiales

Además de estos dos tipos de costes que se van a encontrar en el proyecto, denominados costes directos, también se deben tener en cuenta:

- **Costes indirectos:** Destinados a cubrir aquellos gastos indirectos, como pueden ser electricidad, material de oficina o cualquier actividad relacionada con el proyecto que suponga algún gasto. Se estiman en un 4 % de los costes directos
- **Imprevistos:** Costes debido a posibles fallos que puedan aparecer en el proyecto. Se estiman en un 10 % de los costes directos más los indirectos.
- **Costes financieros:** Costes relacionados con las distintas decisiones que se toman en el proyecto y que pueden acarrear consecuencias económicas. Se estiman en un 7 % de los costes directos, indirectos e imprevistos.

Con todo esto ya se tendrían todos los costes del proyecto, como se puede apreciar en la siguiente imagen:

COSTES TOTALES				
HORAS INTERNAS				
CONCEPTO	UNIDADES	Nº UNIDADES	COSTE UNITARIO	COSTE
Personal				4.500 €
Ingeniero	h	200	15 €	3.000 €
Director	h	20	25 €	500 €
Operario	h	100	10 €	1.000 €
Amortizaciones				2.750 €
Ordenador	h	130	20 €	2.600 €
Ofimática	h	15	10 €	150 €
COSTE MATERIALES				
Elementos				11.073 €
Bateria	baterías	16	426,90 €	6.830 €
Regulador	reguladores	3	462,83 €	1.388 €
Inversor	inversores	1	2.003,61 €	2.004 €
Cableado	metros	100	8,50 €	850 €
TOTAL				18.323 €
Indirectos		7%		1282,575
SUBTOTAL 1				19.605 €
Imprevistos		10%		1.961 €
SUBTOTAL 2				21.566 €
Costes financieros		4%		863 €
TOTAL				22.428 €

Tabla 17: Costes totales

Realizando un análisis de los costes se pueden apreciar las siguientes conclusiones:

- De entre las horas internas, el mayor coste supone los ordenadores, ya que se gastan 2.600€. No obstante, todos ellos son bastante parecidos, por lo que la diferencia es mínima.

- De entre los costes de los materiales, la diferencia es mucho mayor al ser la batería el elemento de mayor coste, debido a la gran cantidad de las mismas que se deben comprar. En el siguiente gráfico se muestra la diferencia, donde se ve claramente lo que se ha dicho:

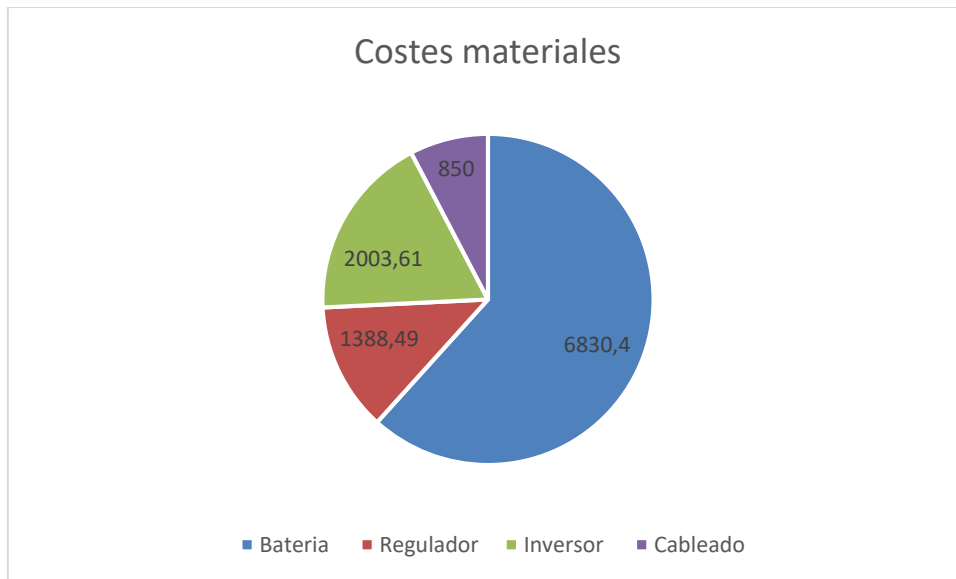


Ilustración 19: Representación costes materiales

Por otro lado, se debe tener en cuenta que los paneles son donados por la empresa ENDESA, de manera que se reduce de manera considerable el coste de la instalación.

12. CONCLUSIONES

Del siguiente trabajo se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Las condiciones meteorológicas de la zona son óptimas para la implantación de un sistema fotovoltaico ya que se disponen de buenos recursos solares para la obtención de energía durante todo el año.
- La elección de la energía solar fotovoltaica supone un sistema sencillo y barato, con un mantenimiento bajo y una dificultad baja en cuanto a su implantación.
- Con los recursos disponibles en el centro es imposible el abastecimiento de toda la demanda del centro, por lo que se deberán priorizar aquellos consumos con más relevancia.
- El proyecto necesita de una inversión elevada para su puesta a punto, siendo su rentabilidad relativa al uso y mantenimiento que se le de posteriormente: si se usa regularmente, junto con un adecuado mantenimiento, se obtendrá una rentabilidad, ya que al no estar conectado a la red eléctrica esa electricidad se obtiene a un coste muy bajo. Pero si la instalación no se cuida como es debido, no tendrá ningún sentido realizar la inversión.
- En el hilo de la rentabilidad obtenida, no solo se debe tener en cuenta la rentabilidad económica, ya que los beneficios sociales y medioambientales son esenciales a la hora de decidir este tipo de sistema.
- El coste mas elevado se debe a las baterías. Conectando este sistema a la red eléctrica se reducirían de forma drástica los costes, pero la posibilidad de hacerlo debería ser sometida a estudio.

13. FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información empleadas para la realización de este proyecto son las siguientes:

- [1] Ente Vasco de la Energía < <http://www.eve.eus/CMSPages> >
- [2] Ingeniería para la Cooperación < www.icli.info >
- [3] Instituto para el Ahorro y Diversificación de la Energía < www.idae.es >
- [4] Comisión del Golfo de Guinea, estados miembros < [cggrps.org/es/republica-democrática-del-congo](http://cggrps.org/es/republica-democratica-del-congo) >
- [5] Recurso didáctico de la asignatura Energías Alternativas 4º Curso (ETSIB – UPV/EHU). < Energía Solar Fotovoltaica >
- [6] Página oficial Acciona < <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/> >
- [7] Datos climatológicos < <https://es.climate-data.org/> >
- [8] Photovoltaic Geographical Information System < <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?map=africa> >
- [9] Energía Solar Fotovoltaica < <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica> >
- [10] Página oficial de Solar World < <https://www.solarworld.de> >
- [11] Página oficial de Victron Energy < <https://www.victronenergy.com.es> >
- [12] Web Fronius Solar < <https://www.monsolar.com> >
- [13] Web autosolar < <https://autosolar.es> >

ANEXO I: CARACTERISTICAS DE LOS ELEMENTOS

PANELES SOLARES

Sunmodule[®] Plus SW 280-295 MONO (33mm frame)



TUV Power controlled:
 Lowest measuring tolerance in industry



Every component is tested to meet
 3 times IEC requirements



Designed to withstand heavy
 accumulations of snow and ice



Sunmodule Plus:
 Positive performance tolerance



25-year linear performance warranty
 and 10-year product warranty



Glass with anti-reflective coating



World-class quality

Fully-automated production lines and seamless monitoring of the process and material ensure the quality that the company sets as its benchmark for its sites worldwide.

SolarWorld Plus-Sorting

Plus-Sorting guarantees highest system efficiency. SolarWorld only delivers modules that have greater than or equal to the nameplate rated power.

25-year linear performance guarantee and extension of product warranty to 10 years

SolarWorld guarantees a maximum performance digression of 0.7% p.a. in the course of 25 years, a significant added value compared to the two-phase warranties common in the industry, along with our industry-first 10-year product warranty.*

*in accordance with the applicable SolarWorld Limited Warranty at purchase.
www.solarworld.com/warranty



- Qualified, IEC 61215
- Safety tested, IEC 61730
- Blowing sand resistance, IEC 60068-2-68
- Ammonia resistance, IEC 62716
- Salt mist corrosion, IEC 61701
- Periodic Inspection



- Periodic Inspection
- Power controlled



Home Innovation
 NABERS GREEN CERTIFIED



solarworld.com



Sunmodule® Plus SW 280-295 MONO (33mm frame)



PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)*

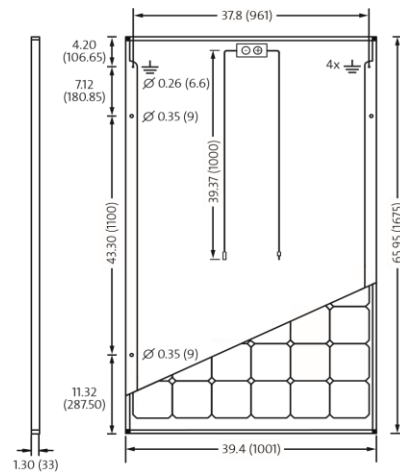
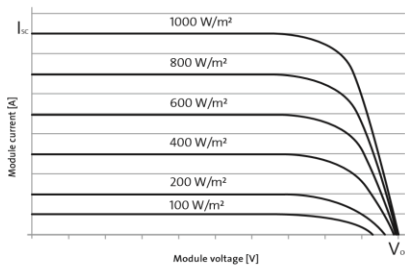
		SW 280	SW 285	SW 290	SW 295
Maximum power	P_{max}	280 Wp	285 Wp	290 Wp	295 Wp
Open circuit voltage	V_{oc}	39.5 V	39.7 V	39.9 V	40.0 V
Maximum power point voltage	V_{mpp}	31.2 V	31.3 V	31.4 V	31.5 V
Short circuit current	I_{sc}	9.71 A	9.84 A	9.97 A	10.10 A
Maximum power point current	I_{mpp}	9.07 A	9.20 A	9.33 A	9.45 A
Module efficiency	η_m	16.70 %	17.00 %	17.30 %	17.59 %

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

PERFORMANCE AT 800 W/M², NOCT, AM 1.5

		SW 280	SW 285	SW 290	SW 295
Maximum power	P_{max}	209.2 Wp	213.1 Wp	217.1 Wp	220.5 Wp
Open circuit voltage	V_{oc}	36.1 V	36.4 V	36.6 V	36.7 V
Maximum power point voltage	V_{mpp}	28.5 V	28.7 V	28.8 V	28.9 V
Short circuit current	I_{sc}	7.85 A	7.96 A	8.06 A	8.17 A
Maximum power point current	I_{mpp}	7.33 A	7.43 A	7.54 A	7.64 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25° C: at 200 W/m², 100% of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.



All units provided are imperial. SI units provided in parentheses.
SolarWorld AG reserves the right to make specification changes without notice.

COMPONENT MATERIALS

Cells per module	60	Front	Low-iron tempered glass with ARC (EN 12150)
Cell type	Mono crystalline	Frame	Clear anodized aluminum
Cell dimensions	6.17 in x 6.17 in (156.75 x 156.75 mm)	Weight	39.7 lbs (18.0 kg)

THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	46°C
TCI_{sc}	0.04 %/K
TCV_{oc}	-0.30 %/K
TCV_{mpp}	-0.41 %/K
Operating temp	-40° C to +85° C

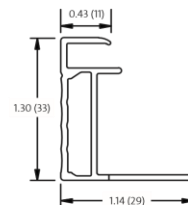
ADDITIONAL DATA

Power sorting	-0 Wp/+5 Wp
J-Box	IP65
Connector	PV wire per UL4703 with H4 connectors
Module fire performance	(UL 1703) Type 1

PARAMETERS FOR OPTIMAL SYSTEM INTEGRATION

Maximum system voltage SC II / NEC	1000 V	
Maximum reverse current	25 A	
Number of bypass diodes	3	
Design loads*	Two rail system	113 psf downward, 64 psf upward
Design loads*	Three rail system	178 psf downward, 64 psf upward
Design loads*	Edge mounting	178 psf downward, 41 psf upward

* Please refer to the Sunmodule installation instructions for the details associated with these load cases.



- Compatible with both "Top-Down" and "Bottom" mounting methods
- Grounding Locations:
 - 4 locations along the length of the module in the extended flange.

SW-01-7500US 07-2015

BATERÍAS



RA12-200 (12V200Ah)

RA series is a general purpose battery with 10 years design life in float service. It meets with IEC, JIS and BS standards. With up-dated AGM valve regulated technology and high purity raw materials, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPS, medical equipment, emergency light and security system applications.

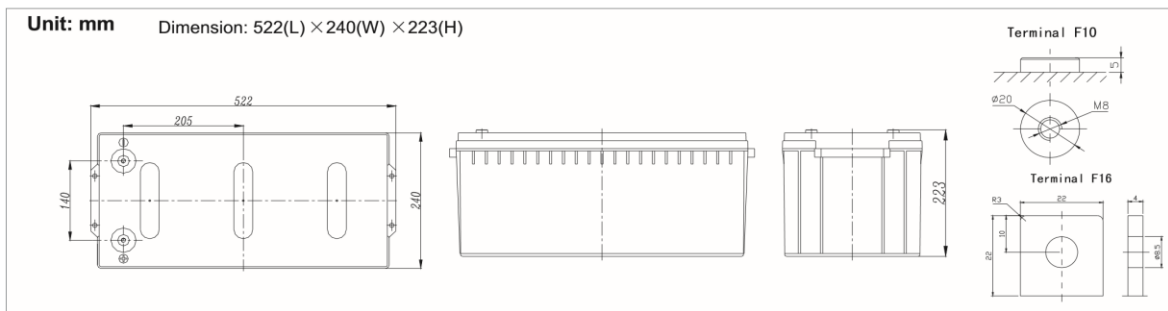


Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	200Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 60.0 Kg (Tolerance ± 1.5%)
Max. Discharge Current	2000A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 4 mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Float charging Voltage	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current	60 A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Terminal F10/F16
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



Dimensions



Constant Current Discharge Characteristics: A (25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	569.6	426.7	344.7	200.9	124.8	77.07	52.38	42.23	35.06	23.09	20.81	11.02
10.0V	553.2	406.0	337.6	198.4	123.2	75.52	51.41	41.63	34.75	23.00	20.61	10.81
10.2V	536.8	391.7	332.3	195.3	122.0	74.72	50.95	41.22	34.52	22.79	20.40	10.61
10.5V	482.0	361.4	316.4	190.0	120.5	73.74	50.50	40.61	34.23	22.59	20.20	10.40
10.8V	435.1	329.6	291.7	183.7	118.8	73.14	49.91	39.22	34.06	22.50	20.02	10.30
11.1V	371.5	294.6	261.6	176.7	116.0	70.20	48.93	38.65	33.81	22.32	19.78	9.88

Constant Power Discharge Characteristics: W(25°C)

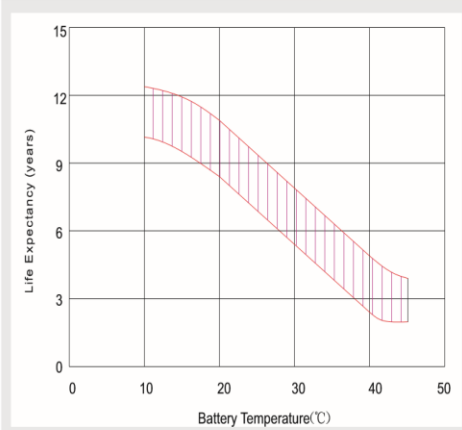
F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	5892	4544	3792	2300	1447	903.2	616.7	505.5	420.0	276.5	249.6	132.7
10.0V	5776	4405	3731	2276	1433	892.2	607.5	498.4	416.2	275.5	247.6	130.4
10.2V	5710	4289	3689	2257	1425	885.8	604.8	493.7	413.7	273.4	245.4	128.0
10.5V	5198	3994	3518	2211	1416	874.6	599.9	487.1	410.4	271.1	243.0	125.6
10.8V	4734	3681	3252	2158	1398	868.1	593.2	470.6	408.5	269.9	240.6	124.4
11.1V	4159	3328	2927	2099	1377	835.6	583.2	463.9	407.0	268.0	238.0	119.9

RA12-200

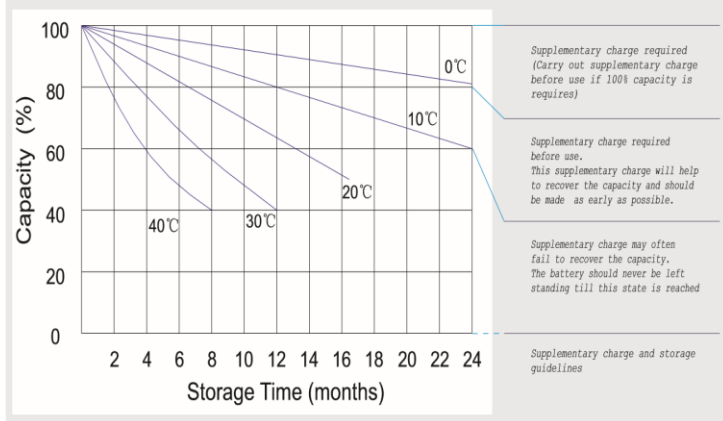
12V200Ah



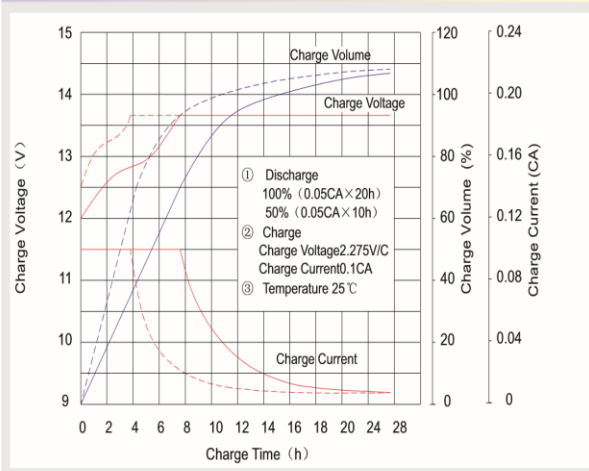
Effect of temperature on long term float life



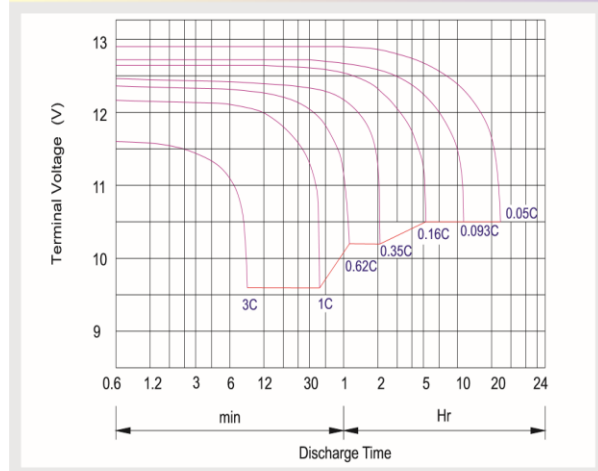
Storage characteristic



Charge characteristic Curve for standby use



Discharge characteristic Curve



Capacity Factors With Different Temperature

REGULADOR DE CARGA



Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

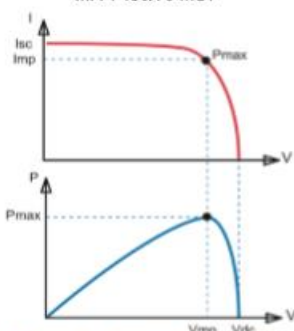
www.victronenergy.com



Controlador de carga solar
MPPT 150/70-Tr



Controlador de carga solar
MPPT 150/70-MC4



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida $P = I \times V$ como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a V_{mp} .

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés) Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo. El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V Ta,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V Ta,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48V Ta,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima FV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14A / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretemperatura				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
CARCASA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 3)	35 mm ² /AWG2 (modelos Tr), Dos conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos de hasta 150/70) Tres conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos 150/85 y 150/100)				
Bornes de batería	35 mm ² / AWG2				
Tipo de protección	IPM3 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3kg	4,5kg			
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95mm			Modelos Tr: 216 x 295 x 103mm Modelos MC4: 246 x 295 x 103mm	
ESTÁNDARES					
Seguridad	EN/IEC 62109				
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada. 1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V. 2) Un sistema FV con una corriente de cortocircuito más alta dañaría el controlador. 3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares. Corriente máxima por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)					

INVERSOR



Inversores Phoenix

1200VA - 5000VA (por módulo)

www.victronenergy.com



Phoenix Inverter 24/5000

SinusMax – Diseño superior

Desarrollado para uso profesional, la gama de inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga.

Potencia de arranque adicional

Una de las características singulares de la tecnología SinusMax consiste en su muy alta potencia de arranque. La tecnología de alta frecuencia convencional no ofrece un rendimiento tan extraordinario. Los inversores Phoenix, sin embargo, están bien dotados para alimentar cargas difíciles, como frigoríficos, compresores, motores eléctricos y aparatos similares.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo y trifásico.

Hasta 6 unidades del inversor pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000, por ejemplo, proporcionarán 24 kW / 30 kVA de potencia de salida. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

Transferencia de la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Si se requiere un conmutador de transferencia automático, recomendamos usar el inversor/cargador MultiPlus en vez de este. El conmutador está incluido en este producto y la función de cargador del MultiPlus puede deshabilitarse. Los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción, ya que el MultiPlus dispone de un tiempo de conmutación muy corto (menos de 20 milisegundos).

Interfaz para el ordenador

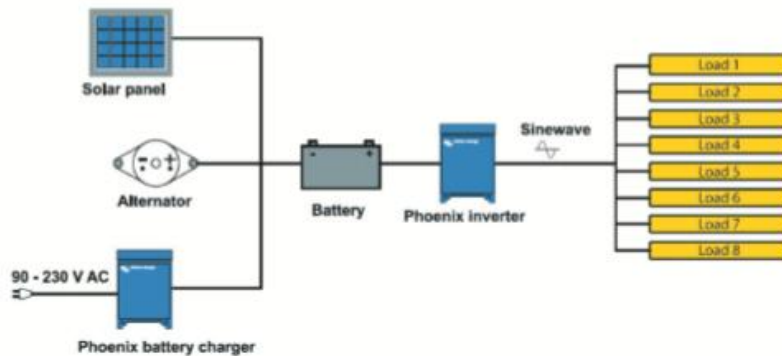
Todos los modelos disponen de un Puerto RS-485. Todo lo que necesita conectar a su PC es nuestro interfaz MK2 (ver el apartado "Accesorios"). Este interfaz se encarga del aislamiento galvánico entre el inversor y el ordenador, y convierte la toma RS-485 en RS-232. También hay disponible un cable de conversión RS-232 en USB. Junto con nuestro software VEConfigure, que puede descargarse gratuitamente desde nuestro sitio Web www.victronenergy.com, se pueden personalizar todos los parámetros de los inversores. Esto incluye la tensión y la frecuencia de salida, los ajustes de sobretensión o subtensión y la programación del relé. Este relé puede, por ejemplo, utilizarse para señalar varias condiciones de alarma distintas, o para arrancar un generador. Los inversores también pueden conectarse a VEnet, la nueva red de control de potencia de Victron Energy, o a otros sistemas de seguimiento y control informáticos.

Nuevas aplicaciones para inversores de alta potencia

Las posibilidades que ofrecen los inversores de alta potencia conectados en paralelo son realmente asombrosas. Para obtener ideas, ejemplos y cálculos de capacidad de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Electricity on board" (electricidad a bordo), disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde www.victronenergy.com.



Phoenix Inverter Compact 24/1600



Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí				
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VDC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Potencia cont. de salida 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficacia máx. 12/ 24 /48 V (%)	92 / 94	92 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6
GENERAL					
Relé programable (3)	Sí				
Protección (4)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -20 a +50°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Tipo de protección: IP 21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,5 metros se incluye		Pernos M8	2+2 Pernos M8	
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-5T18		Abrazadera-resorte	Bornes atornillados	
Peso (kg)	10		12	18	30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375x214x110		520x255x125	362x258x218	444x328x240
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emisiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	
1) Puede ajustarse a 60 Hz, y a 240 V. 2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, supervisión de CD o como señal de arranque de un generador (es necesario el Interfaz MK2 y el software VEConfigure). Capacidad nominal CA 230V / 4A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35VDC, 1 A hasta 60VDC	4) Protección: a) Cortocircuito de salida b) Sobrecarga c) Tensión de la batería demasiado alta d) Tensión de la batería demasiado baja e) Temperatura demasiado alta f) 230 V CA en la salida del inversor g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta				



Panel de Control para Inversor Phoenix

También puede utilizarse en un inversor/cargador MultiPlus cuando se desea disponer de un conmutador de transferencia automático, pero no de la función como cargador. La luminosidad de los LED se reduce automáticamente durante la noche.



Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:

- **Convertidor MK2.2 VE.Bus a RS232**
Se conecta al puerto RS232 de un ordenador (ver "Guía para el VEConfigure")
- **Convertidor MK2-USB VE.Bus a USB**
Se conecta a un puerto USB (ver "Guía para el VEConfigure")
- **Convertidor VE.Net a VE.Bus**
Interfaz del VE.Net (ver la documentación VE.Net)
- **Convertidor VE.Bus a NMEA 2000**
- **Victron Global Remote**
El Global Remote de Victron es un módem que envía alarmas, avisos e informes sobre el estado del sistema a teléfonos móviles mediante mensajes de texto (SMS). También puede registrar datos de monitores de baterías Victron, Multi, Quattro e inversores en una web mediante una conexión GPRS. El acceso a esta web es gratuito.
- **Victron Ethernet Remote**
Para conectar a Ethernet.

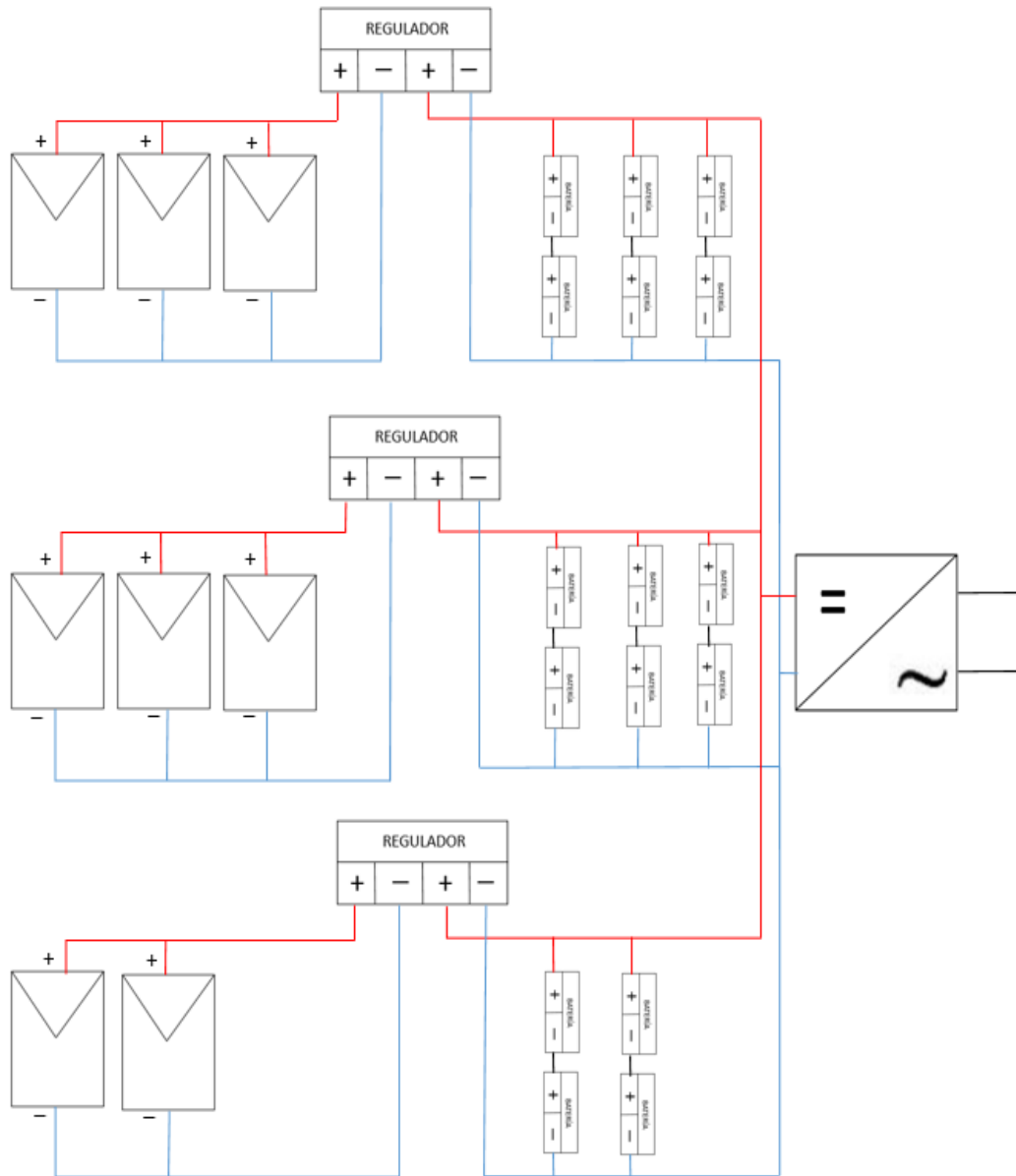


Monitor de baterías BMV

El monitor de baterías BMV dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).

ANEXO II: ESQUEMA DE LA INSTALACION



ANEXO III: RESULTADOS

DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL USUARIO			
Consumo total	$E_{consumida}$	17.568,00	Wh/día
Tension nom. continua	V_{DC}	24,00	V
Consumo total	$Q_{consumida}$	732,00	Ah/día
Necesidades del usuario	$N_{usuario}$	17.568,00	Wh/día
Necesidades del usuario	$N_{usuario}$	732,00	Ah/día
Coef. Autodescarga	K_a	0,70	%
Coef. Perd. Batería	K_b	6,50	%
Coef. Perd. Convertidor	K_c	5,00	%
Coef. Perd. Regulador	K_r	5,00	%
Coef. Otras Pérdidas	K_v	9,00	%
Días Autonomía	$D_{autonomia}$	3,00	días
Profundidad de descarga	$P_{descarga}$	80,00	%
Coef. Pérdidas Totales	K_T	0,73	%
Consumo maximo	C_{max}	24.216,90	Wh/día
Consumo maximo	C_{max}	1.009,04	Ah/día

DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR DISPONIBLE			
Inclinación panel	Inc.	0	º
Rendimiento panel	η_{panel}	90	%
Valor mínimo radiación	Rad.	4.730	Wh/m2día
Horas pico solar	HPS	4,73	horas
Potencia pico panel	W_{panel}	285	W
Tensión nominal panel	V_{panel}	24	V
Energía proporcionada	E_{panel}	1.213,25	Wh/día
Energía proporcionada	E_{panel}	50,55	Ah/día

DIMENSIONADO DEL CAMPO DE CAPTACIÓN			
Nº ramas paralelo	$N_{ram_paralelo}$	21	ramas
Nº ramas serie	N_{ram_serie}	1	ramas
Nº total de paneles	$N_{paneles}$	21	paneles

DIMENSIONADO DEL CAMPO DE ACUMULACION			
Cap. Sist. Acumulación	C_{sist_acum}	3.818,20	Ah
Cap. Nom. Batería	$C_{nom_bateria}$	200	Ah
Tensión nominal batería	$V_{nom_bateria}$	12	V
Nº ramas paralelo	$N_{ram_paralelo}$	20	ramas
Nº ramas serie	N_{ram_serie}	2	ramas
Nº total baterías	$N_{baterias}$	40	baterías

UBICACIÓN DE LOS MÓDULOS			
Superficie disponible	$S_{disponible}$	15	m2
Superficie panel	S_{panel}	1,68	m2
Nº máx. paneles	N_{max_pan}	8	paneles

CÁLCULO NUEVOS PARÁMETROS			
Capacidad máxima	C_{max}	9.705,96	Wh/día
Necesidades usuario	$N_{usuario}$	7.041,13	Wh/día
Cap. Sist. Acumulación	C_{sist_acum}	1.516,56	Ah
Nº ramas paralelo	$N_{ram_paralelo}$	8,00	ramas
Nº ramas serie	N_{ram_serie}	2,00	ramas
Nº total baterías	$N_{baterias}$	16,00	baterías

DETERMINACIÓN DE LA NUEVA COBERTURA			
Energía consumida	$E_{consumida}$	6.957	Wh/día
Potencia máxima	$P_{máxima}$	3.177	W

DEFINICIÓN DEL REGULADOR			
Int. cortocirc. Panel	I_{sc}	9,84	A
Nº pan. por regulador	N_{pan_reg}	3	paneles
Intensidad regulador	$I_{regulador}$	36,9	A
Int. nom. Regulador	I_{carga_nom}	45	A
Nº reguladores	$N_{regulador}$	3	reguladores

DEFINICIÓN DEL CONVERTIDOR			
Potencia máxima	P_{maxima}	3.177	W
Pot. nom. Convertidor	P_{nom_conv}	5.000	W
Nº convertidores	$N_{convertidor}$	1	convertidor
Nº pan. por convertidor	N_{pan_conv}	8	paneles