



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**DISEÑO Y EJECUCIÓN DE SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO NECESARIO
PARA INSTALACIONES DE COLEGIO DE
FORMACIÓN PROFESIONAL EN MT. DARWIN
(ZIMBABUE)**

Autor: Gonzalo Borque Angulo

Director: Manuel Moreno García

Madrid

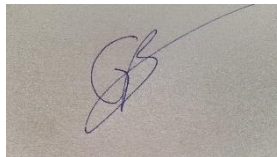
27 de agosto de 2020



UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS
Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título: ***“Diseño y ejecución de sistema de abastecimiento eléctrico necesario para instalaciones de colegio de formación profesional en Mt. Darwin, Zimbabue”*** en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2019/2020 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Gonzalo Borque Angulo

Fecha: 27/08/2020

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Manuel Moreno García

Fecha: 27/08/2020



UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS
Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

*DISEÑO Y EJECUCIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
ELÉCTRICO NECESARIO PARA INSTALACIONES DE COLEGIO DE
FORMACIÓN PROFESIONAL EN MT. DARWIN, ZIMBABUE*

Alumno: Gonzalo Borque Angulo

Director: Manuel Moreno García

Madrid,

27/08/2020

*DISEÑO Y EJECUCIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
ELÉCTRICO NECESARIO PARA INSTALACIONES DE COLEGIO DE
FORMACIÓN PROFESIONAL EN MT. DARWIN, ZIMBABUE*

Autor: Borque Angulo, Gonzalo.

Director: Moreno García, Manuel.

Entidad colaborativa: Child Future Africa

RESUMEN DEL PROYECTO

Resulta indiscutible la relación que existe entre el desarrollo económico de un país y el uso que tiene de la energía eléctrica. Al ser este proyecto sobre un diseño eléctrico de una instalación en Zimbabwe, la red eléctrica que existe allí no nos permite conectar las placas solares a la red, por lo que la instalación debe de ser aislada. Con este proyecto se intentará abastecer de electricidad a un colegio de formación profesional mediante la instalación de paneles solares en una clínica, situados ambos en Mount Darwin (Zimbabwe).

Con el objetivo de diferenciar este Proyecto de Fin de Grado, el autor del trabajo ha decidido colaborar con una ONG (Child Future Africa), la cual está localizada en el norte del país de Zimbabwe, concretamente en Mount Darwin. El principal objetivo de este proyecto es que las personas que se encuentran en el centro de formación profesional puedan trabajar con la luz suficiente gracias a los paneles solares que se desean instalar. Esta instalación se realizará en conjunto con otros proyectos que realizan estudiantes de la Universidad Pontificia de Comillas (ICAI) en colaboración con Child Future Africa, en donde cada alumno se encarga de realizar una instalación para ayudar a la comunidad de Zimbabwe.

En cuanto al margen económico, cabe destacar que en este proyecto este aspecto es muy importante. Este criterio es de gran importancia porque se dispone de capital limitado para realizar los proyectos que se deseen llevar a cabo por parte de los alumnos en colaboración con Child Future Africa. Esta ONG se encarga de ayudar a la gente más necesitada de este país, la que sufre de VIH y de cólera, con este tipo de proyectos.

Se llevará a cabo un estudio de la radiación solar de Mount Darwin con una aplicación de Internet que más adelante se explicará. En este estudio se detallará el ángulo óptimo que deberían tener las placas solares para que el rendimiento de la instalación sea el máximo. Además de la inclinación de dichas placas también se tendrá en cuenta que pueden ir encima de una plataforma o encima del tejado de la clínica diseñada en el Trabajo de Fin de Grado de otro alumno, Miguel López Asís. También se hablará de los distintos elementos que se necesitan para la instalación, y se hará un estudio de cada uno, y después se elegirá el modelo y marca de cada elemento en el hipotético caso de que dichos elementos se comprasen en España. No obstante, a la hora de buscar los precios de dichas placas, hará falta comprobar que dichos elementos se pueden encontrar de forma similar en Zimbabue, que es donde finalmente se comprarán. Para la realización de este proyecto se han llevado a cabo varias hipótesis y aproximaciones. Por ejemplo, a la hora de dimensionar los paneles solares se ha tenido en cuenta alguna aproximación teniendo en cuenta los metros cuadrados de las habitaciones y los lúmenes necesarios por metro cuadrado. Ciertamente es que dicha instalación se ha decidido sobredimensionar para el caso en el que por ejemplo una persona decida cargar el teléfono.

Posteriormente se hablará sobre el mantenimiento de dicha instalación; es decir la comprobación de que cada elemento de la instalación se encuentra en correcto estado y no se ha ido deteriorando con el paso del tiempo. Para ello se supondrá que la mano de obra es personal voluntario de la comunidad y por lo tanto no tendrá ningún coste.

Se hablará en último lugar del aspecto económico, parte del proyecto donde se tratará de dos puntos. En primer lugar, se abordará el presupuesto total de la inversión. Se hará una estimación del coste de cada elemento y hará un balance en general. Por otro lado, se tratarán las distintas formas que se han llevado a cabo para financiar los distintos proyectos de los alumnos de ICAI, y del gran papel que ha llevado a cabo Child Future Africa.

*DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE ELECTRICAL SUPPLY
SYSTEM NECESSARY FOR VOCATIONAL TRAINING COLLEGE
INSTALLATIONS IN MT. DARWIN, ZIMBABUE*

Author: Borque Angulo, Gonzalo.

Director: Moreno García, Manuel.

Collaborative entity: Child Future Africa

PROJECT BRIEF

The relationship between the economic development of a country and its use of electricity is indisputable. As this project is about an electrical design of an installation in Zimbabwe, the electrical network that exists there does not allow us to connect the solar panels to the network, so the installation must be isolated. This project will try to supply electricity to a vocational school by installing solar panels in a clinic, both located in Mount Darwin (Zimbabwe).

With the aim of differentiating this End-of-Degree Project, the author of the work has decided to collaborate with an NGO (Child Future Africa), which is located in the north of the country of Zimbabwe, specifically in Mount Darwin. The main objective of this project is that the people who are in the vocational training center can work with enough light thanks to the solar panels that they want to install. This installation will be carried out in conjunction with other projects carried out by students of the Universidad Pontificia de Comillas (ICAI) in collaboration with Child Future Africa, where each student is in charge of creating an installation to help the community of Zimbabwe.

Regarding the economic margin, it should be noted that this aspect is very important in this project. This criterion is very important because there is limited capital available to carry out the projects that students wish to carry out in collaboration with Child Future Africa. This NGO is in charge of helping the neediest people in this country, those who suffer from HIV and cholera, with this type of project.

A study of the solar radiation of Mount Darwin will be carried out with an Internet application that will be explained later. This study will detail the optimal angle that the solar panels should have so that the performance of the installation is the maximum. In addition to the inclination of said plates, it will also be taken into account that they can go on top of a platform or on the roof of the clinic designed in the Final Degree Project of another student, Miguel López Asís. We will also talk about the different elements that are needed for the installation, and a study will be made of each one, and then the model and brand of each element will be chosen in the hypothetical case that these elements are purchased in Spain. However; When looking for the prices of these plates, it will be necessary to verify that these elements can be found in a similar way in Zimbabwe, which is where they will finally be purchased. To carry out this project, several hypotheses and approaches have been carried out. For example, when sizing the solar panels, some approximation has been taken into account taking into account the square meters of the rooms and the necessary lumens per square meter. It is true that said installation has been decided to oversize for the case in which, for example, a person decides to charge the phone.

Later, there will be a talk about the maintenance of said installation; that is to say, checking that each element of the installation is in correct condition and has not

deteriorated over time. For this, it will be assumed that the labor force is community volunteer personnel and therefore will not have any cost.

The economic aspect will be discussed last, part of the project where two points will be discussed. First, the total investment budget will be discussed. An estimate of the cost of each element will be made and a general balance will be made. On the other hand, it will talk about the different ways that have been carried out to finance the different projects of ICAI students, and the great role that Child Future Africa has played.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS
Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)

ÍNDICE

1) MEMORIA.....	19
1.1) CONTEXTO.....	19
1.2) ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	21
1.2.1) SOLUCIONES TECNOLÓGICAS.....	21
1.2.2) EJEMPLOS DE PROYECTOS SIMILARES	25
1.3) MOTIVACIÓN.....	31
1.4) OBJETIVOS.....	31
1.3.1) OBJETIVOS ODS.....	32
1.5) METODOLOGÍA	33
1.6) RECURSOS	34
2) DISEÑO ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN.....	36
2.1) CONTEXTO DE LA INSTALACIÓN.....	36
2.1.1) LOCALIZACIÓN.....	36
2.1.2) CLIMA	37
2.1.3) IRRADIANCIA SOLAR.....	37
2.1.4) ORIENTACIÓN DE LOS PANELES	39
2.1.5) INCLINACIÓN DE LOS PANELES	41
2.2) DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL DISEÑO ELÉCTRICO	44
2.2.1) SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED:.....	44
2.2.2) SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS:.....	46
3) MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN	80
3.1) MANTENIMIENTO DE LOS MÓDULOS SOLARES.....	80
3.2) MANTENIMIENTO DE LA BATERÍA	81
3.3) MANTENIMIENTO DEL INVERSOR SOLAR	82
4) ESTUDIO ECONÓMICO	84
4.1) PRESUPUESTO	84
4.1.1) ACTIVOS FIJOS:.....	85
4.2) FINANCIACIÓN DEL PROYECTO	88
5) PLAN DE EJECUCIÓN.....	91
5.1) MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN	93
5.6) CONCLUSIONES	94

7) FICHAS TÉCNICAS	96
8) BIBLIOGRAFÍA.....	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Situación geográfica de Zimbabwe. Fuente: Pinterest	19
Ilustración 2: Producción y potencia eólica en África. Fuente: El País.....	22
Ilustración 3: Ciclo de la energía de la biomasa. Fuente: Biomasa Energetic.....	23
Ilustración 4: Potencia solar fotovoltaica en Zimbabwe. Fuente: Solargis	24
Ilustración 5: Instalación de placas solares en Kenia. Fuente: Amigos de Nyumbani	27
Ilustración 6: Instalación de placas solares en Camerún. Fuente: Energía sin Fronteras	27
Ilustración 7: Primer molino levantado por William. Fuente: Kurioso.....	28
Ilustración 8 : William subido a su primer molino de 5 metros. Fuente: Kurioso.....	29
Ilustración 9: Electrificación de una granja-escuela por parte del grupo Axpo en Banyo, Camerún. Fuente: energetica21.....	30
Ilustración 10: Objetivos ODS con repercusión directa. Fuente: UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS - ICAI.....	32
Ilustración 11: Objetivos ODS con repercusión inversa. Fuente: UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS - ICAI.....	33
Ilustración 12: Ubicación aproximada de la nueva instalación fotovoltaica. Fuente: Google Maps.....	36
Ilustración 13: Herramienta PVGIS para el cálculo de la irradiancia solar y el número de horas solares pico. Fuente: PVGIS.....	38
Ilustración 14: Ángulos de inclinación e incidencia de la luz. Fuente: SunFields.....	40
Ilustración 15: Irradiancia y azimut de una placa solar. Fuente: SunFields	41
Ilustración 16: Instalaciones fotovoltaicas para el sector residencial. Fuente: Energy News	45
Ilustración 17: Instalaciones fotovoltaicas para el edificios comerciales. Fuente: aulagreencies	45
Ilustración 18: Instalaciones fotovoltaicas centralizadas. Fuente: Global Electricity	46
Ilustración 19: Instalación fotovoltaica aislada. Fuente: demo e-ducativa catedu.....	47
Ilustración 20: Panel solar fotovoltaico de silicio monocristalino. Fuente: SOLARMAT	48
Ilustración 21: Panel solar fotovoltaico de silicio policristalino. Fuente: Ecofener	49
Ilustración 22: Panel solar fotovoltaico de silicio amorfo. Fuente: Manufacturas, Proveedores y Productos de China	50
Ilustración 23: Partes de una placa solar fotovoltaica	53
Ilustración 24: Ejemplo de regulador de carga de una instalación fotovoltaica. Fuente: Must .	59
Ilustración 25: Batería para almacenar energía. Fuente: Tutiendaenergetica	61

Ilustración 26: Inversor solar de una instalación fotovoltaica. Fuente: Monsolar	64
Ilustración 27: Cable PV ZZ-F. Fuente: Atersa Shop	69
Ilustración 28: Esquema de la puesta a tierra de la placa solar. Fuente: Sunfields	70
Ilustración 29: Detalle de la puesta a tierra en la parte posterior de la placa solar. Fuente: Sunfields	71
Ilustración 30: Ilustración de una estructura solar elevada. Fuente: Autosolar	73
Ilustración 31: Estructura suelo de la instalación. Fuente: Autosolar.....	73
Ilustración 32: Esquema de la puesta a tierra de la placa solar. Fuente: Autosolar	74
Ilustración 33: Esquema de la incidencia de los rayos solares y de los ángulos de inclinación. Fuente: Autosolar.....	76
Ilustración 34: Esquema de las distancias recomendadas entre placas solares. Fuente: Autosolar	77
Ilustración 35: Vistas de alzado y planta de instalación en el tejado. Fuente: Autocad	78
Ilustración 36: Limpieza de la suciedad de los paneles solares. Fuente: Generatuluz	81
Ilustración 37: Acumulación de sulfato en los bornes de la batería. Fuente: Comercial Caravanning.....	82
Ilustración 38: Costes directos de la inversión. Fuente: Propia	86
Ilustración 39: Fiesta benéfica del día 30 de enero. Fuente: Project Zimbabwe.....	88
Ilustración 40: Torneo de fútbol solidario del 29 de febrero. Fuente: Project Zimbabwe	89
Ilustración 41: Venta benéfica de camisetas y pulseras. Fuente: Project Zimbabwe.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Etapas de la realización del proyecto. Fuente: Propia	34
Tabla 2: Irradiancia Solar en Mount Darwin. Fuente: PVGIs.....	39
Tabla 3: Ángulo de inclinación óptimo en función del tipo de instalación. Fuente: MPPT solar	43
Tabla 4: Diferencias principales entre paneles solares monocristalinos y policristalinos. Fuente: Autosolar	53
Tabla 5: Análisis del presupuesto de la inversión de la instalación	85



UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS
Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)

1) MEMORIA

1.1) CONTEXTO

HISTÓRICO

Zimbabue fue colonia inglesa desde finales de siglo XIX hasta el año 1980, en el que fue declarada su independencia. Este territorio, antigua Rodesia del Sur, llegó a estar integrado en una misma federación con Rodesia del Norte (actual Zambia) y Nyasalandia (actual Malawi), hasta que en 1964 se concedió la independencia de Rodesia del Norte. Un año más tarde y como consecuencia de la descolonización impulsada por Naciones Unidas, la minoría blanca gobernante declaró su propia independencia, desatándose una guerra civil entre estos y la mayoría negra. En 1970 se declara la República de Rodesia, no reconocida por Reino Unido ni tampoco Naciones Unidas, continuando el conflicto hasta la declaración y reconocimiento de la independencia en 1980 y la proclamación de Robert Mugabe como Jefe del Estado.



Ilustración 1: Situación geográfica de Zimbabue. Fuente: Pinterest

ECONÓMICO

Desde su independencia, Zimbabue atraviesa una situación económica nefasta. En 2008 se registraron las mayores tasas de inflación de la historia a nivel mundial. El IDH (Índice de Desarrollo Humano) elaborado por Naciones Unidas para definir el progreso y nivel de vida de los habitantes de un país, indica que los zimbabuenses están entre los de peor calidad de vida a nivel mundial. Además, el Índice de Percepción de Corrupción es también de los más altos en cuanto al sector público. Los productos básicos se han vuelto inaccesibles para gran parte de la población. En cuanto a la divisa, a mediados de 2019 se restituyó el dólar zimbabuense para tratar de paliar la falta de billetes por el escaso valor de estos, llegando a imprimirse billetes de 10 billones de dólares zimbabuenses (Z\$), equivalentes a 25 céntimos de euro

SOCIEDAD Y CULTURA

En Zimbabue aproximadamente la mitad de la población posee creencias mixtas que incluyen cristianismo y creencias idígenas como el animismo. La otra mitad se divide también en cristianos, animistas y musulmanes (1%). El animismo es una creencia bastante extendida en África que atribuye conciencia y alma a los seres inertes y elementos naturales. La lengua oficial es el inglés aunque esta es hablada sobre todo en las ciudades, en la mayoría de zonas rurales se hablan lenguas nativas como el shona o el ndebele. La poligamia sigue estando presente en muchas zonas, especialmente rurales, a pesar de las creencias religiosas. Sin embargo, la mujer es considerada en muchas ocasiones la figura más importante y cabeza de familia.

POLÍTICO

Zimbabue es una república actualmente presidida por Emmerson Mnangagwa. Emmerson fue la mano derecha y Vicepresidente del anterior Jefe del Estado, Robert Mugabe, quien estuvo al frente del gobierno durante casi cuatro décadas, desde la independencia en 1980 hasta el 21 de noviembre de 2017, convirtiéndose en el presidente más longevo de la historia. Mugabe expulsó a Emmerson del Gobierno acusándolo de deslealtad con el objetivo de colocar como sucesora a su propia mujer, Grace Mugabe, conocida por los zimbabuenses como 'Gucci Grace' por su ropa cara y sus viajes, mientras el país se encontraba sumido en la pobreza.

1.2) ESTADO DE LA CUESTIÓN

1.2.1) SOLUCIONES TECNOLÓGICAS

En primer lugar, hay que señalar que dado el continuo crecimiento del precio de los combustibles y el alto avance en sistemas renovables, recientemente estos sistemas han pasado a ser una solución muy favorable para suministrar electricidad a zonas remotas y dispersas de países en vías de desarrollo. Las energías renovables son una pieza clave para el establecimiento de un modelo eficaz, equitativo y sostenible de desarrollo energético en la región. A continuación se van a exponer las principales formas de explotar estas energías renovables.

Energía eólica

La puesta en marcha de esta energía permite transformar la energía cinética del viento en energía mecánica, y a su vez esta energía mecánica en energía eléctrica. Esta transformación de energía se realiza a través de un generador que se localiza dentro de un aerogenerador, el cual puede estar formado por dos palas. Esta energía eléctrica producida depende de la velocidad del viento a la altura donde se encuentre el aerogenerador, por lo que dicho aerogenerador será más eficiente cuanto más elevado se encuentre.

Los aerogeneradores de mayor impacto y utilización son los equipos por encima de 1 MW de potencia. También existen aerogeneradores que suministran valores inferiores de potencia. Dichos aerogeneradores pueden ser de eje vertical o de eje horizontal.

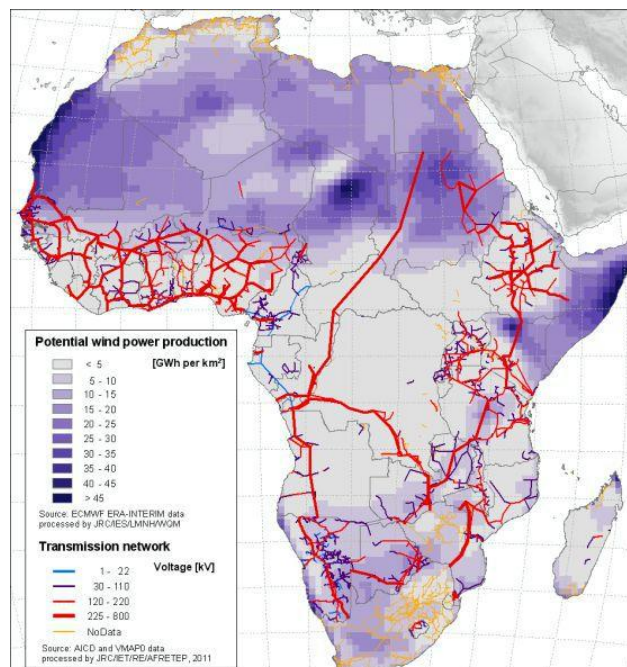


Ilustración 2: Producción y potencia eólica en África. Fuente: El País

Energía de la biomasa

Esta energía es la energía renovable más utilizada en Zimbabwe para uso diario. Esta energía es la que se obtiene de los compuestos orgánicos mediante procesos naturales. Con el término *biomasa* se refiere a la energía solar, transformada en materia orgánica por la vegetación, que se puede recuperar por combustión directa o transformando esa materia en otros combustibles, como alcohol, metanol o aceite. También se puede obtener biogás, de composición parecida al gas natural, a partir de desechos orgánicos.

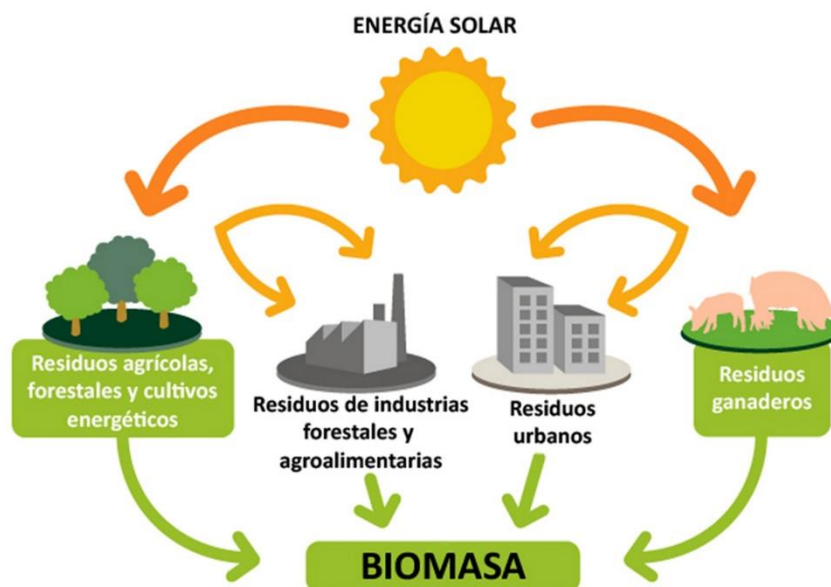


Ilustración 3: Ciclo de la energía de la biomasa. Fuente: Biomasa Energetic

Energía solar fotovoltaica

El continente africano se considera a menudo como “el continente Sol”, ya que es el continente donde la influencia del Sol es más grande. Zimbabwe es considerado no solo como uno de los países con más irradiación solar de África, sino como también del

planeta. Este país de media tiene 8,3 horas al día de Sol, lo cual es mayor que lo de un país normal. A continuación se muestra una fotografía con la irradiancia solar del país.

Algunos estudios apuntan a que África podría ser el hogar de más de 70 gigavatios de capacidad de energía solar fotovoltaica en 2030.

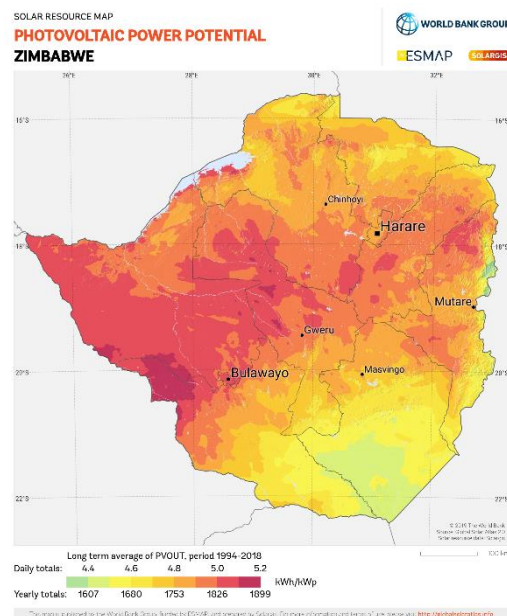


Ilustración 4: Potencia solar fotovoltaica en Zimbabwe. Fuente: Solargis

En conclusión, cabe destacar que Zimbabwe es uno de los países con más irradiancia solar de África y del mundo. Esta es la razón por la que se decide apostar por la energía fotovoltaica con paneles solares, en lugar de otro tipo de energías: eólica, biomasa, hidráulica... Otros puntos positivos de esta energía son que su instalación de paneles solares no suponen un elevado coste, y que se cuenta con las condiciones

necesarias para su instalación. Por otro lado, este tipo de energía es renovable y no emite gas que puedan dañar el medio ambiente. Además, la energía solar es actualmente limitada en este país, pero tiene mucho margen de mejora en el sector de la agricultura, que sirve por ejemplo para hacer funcionar bombas de agua, procesar las cosechas y preservar los cultivos; puede transformar la vida rural al mejorar los ingresos y aliviar el trabajo físico característico de este sector.

1.2.2) EJEMPLOS DE PROYECTOS SIMILARES

INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES CON ALMACENAMIENTO EN 25 ALDEAS DE MALI POR PARTE DE LA ONG: "AFRICA GREEN TEC"

En este proyecto esta ONG llevó paneles solares a 25 aldeas de Mali además de contactar con la empresa alemana Tesvolt, para que las personas también pudiesen almacenar energía solar. Esto se consigue por medio de unas baterías, las cuales les permiten disponer de electricidad a cualquier hora del día. También ha permitido que estas personas consigan la electricidad un 75% más barata que la producida por generadores diésel. Africa Green Tec ha conseguido ayudar a 25 poblaciones de Mali subasteciéndolas de electricidad, financiándose dichos proyectos mediante crowdfunding y préstamos.

ESTIMACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UN CENTRO DE FORMACIÓN EN ZIMBABUE

Este trabajo considera la implementación de un sistema eléctrico en una instalación que se acondicionará como centro de formación con dos funciones principales: inicialmente ser impulsor del desarrollo agrícola de la región y a medio plazo

servir como dispensario de la zona. Al igual que el proyecto que se muestra en las siguientes páginas, este sirve para suministrar energía con placas fotovoltaicas, aunque no alimenta un centro educativo.

La gran ventaja es que proporciona a las personas de unas facilidades mayores al obtener electricidad propia de placas solares, lo cual permitiría realizar las tareas agrícolas de manera más cómoda.

INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN UNA ECOALDEA EN KENIA DE LA ONG:
“ENERGÍA SIN FRONTERAS”

En este proyecto llevado a cabo en 2015 por esta ONG, se consiguió ayudar a ciertas personas que eran huérfanas por el SIDA con una instalación solar que consistió en dos paneles solares por cada una de las 140 viviendas de la eco-aldea de “Nyumbani Village”, en Kenia. El objetivo era proveer a estos niños de educación y poder disfrutar de suministro eléctrico. Este proyecto pese a ser llevado a cabo en Kenia, la tecnología disponible en dicho país es tan limitada como la de Zimbabue.

Las dos grandes ventajas que se muestran con este proyecto son las casi 4100 personas beneficiadas, y los 10.000 litros de diésel que se ahorran con esta instalación de energía renovable. Otro aspecto positivo es que varias empresas como Iberdrola, SunPower y Generali financiaron unos cursos intensivos para personas propias de Kenia para familiarizarles con el tema del mantenimiento de la instalación.



Ilustración 5: Instalación de placas solares en Kenia. Fuente: Amigos de Nyumbani



Ilustración 6: Instalación de placas solares en Camerún. Fuente: Energía sin Fronteras

EL NIÑO AFRICANO QUE CONSTRUÍA MOLINOS DE VIENTO:

William Kamkwamba es el héroe africano de los molinos de viento. Con 14 años era un joven que vivía sin luz ni agua corriente en una choza de adobe en las proximidades de la capital de Malawi: Lilongüe. Decidió construir un molino a partir de basura reciclada haciendo de su ingenio su provenir, el cual cambiaría su vida para siempre. Este proyecto fue fascinante y tuvo un gran éxito en el país de Malawi. El principal problema en aquella época del país, 1987, eran las dificultades que tenían en la adquisición de energía para el consumo. William no carecía de ingenio en absoluto ni de ganas de aprender, a pesar de que no estaba escolarizado. Además, tenía tanta intriga por aprender que se dedicaba a leer todos los libros y artículos que dejaban las ONG's. Midiendo pieza a pieza fue capaz de reunir todos los materiales que necesitaba para edificar el molino de viento, hasta que fue capaz de suministrar a su aldea. Lo que más le costó fue reunir los 16 dólares que le costaba una dinamo. Poco a poco se fue convirtiendo en el héroe de su poblado. Tanto es así que acabó construyendo varios molinos para todo el poblado. Estos molinos eran en principio de 5 metros de altura, y poco a poco fueron aumentando su rendimiento hasta que llegaron a los 12 metros.



Ilustración 7: Primer molino levantado por William. Fuente: Kurioso

De este proyecto, la gran ventaja es el coste tan diminuto que tiene. Sin embargo, para William fue el mayor problema. Algo que se puede aprender de este proyecto es el espíritu de aprender y de no rendirse en un proyecto como es este y de ayudar tanto a su aldea como a todo su poblado.



Ilustración 8: William subido a su primer molino de 5 metros. Fuente: Kurioso

PROCESO DE ELECTRIFICACIÓN DE UNA GRANJA-ESCUELA POR PARTE DEL GRUPO AXPO EN CAMERÚN

El Grupo Axpo decidió dar un impulso a la electrificación mediante la puesta en marcha de una instalación basada en energías renovables. Ha seguido creciendo para dar servicio a distintas iglesias, instalaciones sanitarias, aldeas... Todos los proyectos se han realizado gracias a la ONG “Energía sin Fronteras”, y se ubican en Camerún. El grupo suizo Axpo empezó a crear el primer proyecto en 2012 con una inversión inicial de 30.000€, para electrificar la granja-escuela con una micro-central hidroeléctrica de

7kW. Desde esa inversión inicial, las inversiones han ido aumentando hasta alcanzar los 109.000€, llevando a cabo instalaciones fotovoltaicas en clínicas y centros de salud. El proyecto solidario actual está centrado en eliminar las restricciones derivadas de la falta de electricidad y ofreciendo la formación profesional técnica en energías renovables a los jóvenes de la zona.

La gran ventaja que tiene este proyecto es el gran presupuesto que se tenía al principio para llevar a cabo la instalación. Esto se debe a que el grupo Axpo se dedica a realizar proyectos de este tipo. Otro gran punto es que se ha podido abastecer a muchos edificios en comparación con el proyecto que se muestra en este documento.



Ilustración 9: Electrificación de una granja-escuela por parte del grupo Axpo en Banyo, Camerún. Fuente: energetica21

1.3) MOTIVACIÓN

La motivación principal de este trabajo es el hecho de que las personas tengan electricidad en la escuela de formación. De esta forma se puede asegurar que las personas tendrán luz en las aulas, y debido a que las aulas están acondicionadas por electricidad, también podrán usar ordenadores.

Este trabajo es independiente del resto de proyectos llevados a cabo en dicha comunidad, aunque todos los autores tenemos la motivación de colaborar con la sociedad. En mi opinión no hay mayor motivación posible en un trabajo como este que ver un proyecto realizado por uno mismo y cómo se le da uso.

Por otro lado, considero que esta experiencia es una lección de vida que te permite vivir disfrutando de todos los pasos que vas dando y relativizar aquellos obstáculos que van surgiendo por el camino. También una vez estemos allí, no solo tendremos la oportunidad de ayudar a aquellas personas de esta aldea de Zimbabue, sino también de poder ver el paisaje, la fauna y aprender de la cultura de ese país, ya que probablemente no volvamos a tener la oportunidad de ir otra vez.

1.4) OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es conseguir proporcionar electricidad a una escuela de formación para conseguir un mayor rendimiento de forma que la escuela quede abastecida correctamente.

- Primero, hará falta mirar al futuro en el proyecto de manera que los estudiantes de la escuela puedan estar en la escuela con iluminación.
- Elaborar una lista con los aparatos y equipos necesarios para poder asegurar un servicio ininterrumpido de electricidad en la escuela.
- Construir la instalación con una posible remodelación en el futuro en el caso de que sea necesaria una instalación mayor.

Estudio de las condiciones tecnológicas y de las condiciones externas del país para poder conseguir dicha electrificación.

1.3.1) OBJETIVOS ODS

Los objetivos ODS se adoptaron en 2015 para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030 y nos permiten llegar a un acuerdo entre todos en el futuro. Los Estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron una resolución en la que reconocen que el mayor desafío del mundo actual es la erradicación de la pobreza y afirman que sin lograrla no puede haber desarrollo sostenible. Dichos objetivos aparecen en la siguiente fotografía numerados y divididos según en función de si la repercusión es directa o inversa:

Repercusión directa



Ilustración 10: Objetivos ODS con repercusión directa. Fuente: UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS - ICAI

Repercusión indirecta



Ilustración 11: Objetivos ODS con repercusión inversa. Fuente: UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS - ICAI

1.5) METODOLOGÍA

En cuanto a la metodología para llevar a cabo dicho proyecto se ha decidido que la mejor manera es llevar a cabo el proceso descrito en el siguiente cronograma, en el cual se ve reflejado las tareas que se llevarán a cabo y el período de tiempo que llevarán.

Primero se llevará a cabo una investigación de proyectos similares para aprender sobre otros trabajos de energías renovables. Después se hará una lista con ideas principales para el proyecto donde se decidirá por ejemplo si el parque solar se debe colocar en el suelo o en otra superficie. Luego se llevará a cabo el diseño de la instalación eléctrica a través de una página web, y por último la implantación en Zimbabue. Durante gran parte de la realización del proyecto se elaborarán medidas de financiación. Lo último será la presentación de dicho proyecto:

Tareas	Inicio	Final	01-dic-19	15-dic-19	01-ene-20	15-ene-20	01-feb-20	15-feb-20	01-mar-20	15-mar-20	01-abr-20	15-abr-20	01-may-20	15-may-20	01-jun-20	15-jun-20	01-jul-20	15-jul-20	01-ago-20	15-ago-20	01-sep-20	15-sep-20	01-oct-20	15-oct-20	
			Investigación de proyectos similares	01/12/19	01/02/20	█	█	█	█	█															
Medidas de financiación	01/01/20	01/05/20			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█											
Lista de ideas para el proyecto	01/02/20	15/03/20					█	█	█	█															
Diseño de la instalación	15/04/20	01/06/20										█	█	█	█										
Implantación del proyecto	15/06/20	15/08/20														█	█	█	█	█	█				
Presentación del proyecto	01/09/20	15/09/20																				█	█		

Tabla 1: Etapas de la realización del proyecto. Fuente: Propia

1.6) RECURSOS

La propuesta de este trabajo se centra en realizar los cálculos de la instalación, la cual se diseñará cuando se cuente con los recursos económicos necesarios para poder finalmente construir la instalación y comprar el material necesario para edificar los paneles. Los recursos materiales para esta instalación son escasos debido a la situación en la que se encuentra el país, y además el gasto tan grande que supone el traslado de los materiales desde el lugar de fabricación hasta Mt. Darwin.

Child Future Africa otorga un hogar a los niños pequeños huérfanos, dicho número aumenta con el tiempo; por lo que los recursos para invertir son cada vez inferiores.

Para este proyecto se contará con la ayuda de aquellas personas que viven en Mt. Darwin, las cuales están deseando de ver el proyecto acabada y ver como mejora su calidad de vida en el colegio de formación profesional ayudando con mano de obra y materiales que pueden encontrar. Esto hace que los habitantes vean suyo el proyecto lo cual es fundamental. También se contará con la ayuda de dinero recaudado por parte de la ONG (con la venta de camisetas, pulseras, organización de fiestas, torneos de deporte...) el cual permitirá adquirir los materiales necesarios para edificar dicha instalación.

2) DISEÑO ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN

2.1) CONTEXTO DE LA INSTALACIÓN

El proceso de construcción de esta instalación solar requiere de un estudio para conseguir maximizar su rendimiento. Por un lado se procederá a estudiar la localización de Mount Darwin, su clima, un estudio de la irradiancia, la orientación y la inclinación de las placas, las distintas placas solares posibles y una estimación económica de la inversión. Además se detallará más adelante donde se posicionaran las placas y el consumo que se espera, para poder dimensionar la instalación.

2.1.1) LOCALIZACIÓN

La aldea donde se pretenden construir las placas solares, Mount Darwin, se encuentra al norte del país de Zimbabue. Las coordenadas geográficas de la ubicación se adjuntan en la siguiente fotografía ($16^{\circ}33'00.0''S$ $31^{\circ}31'29.1''E$):

Longitud: 31.524760

Latitud: -16.550002



Ilustración 12: Ubicación aproximada de la nueva instalación fotovoltaica. Fuente: Google Maps

La instalación fotovoltaica próxima que se desea instalar se ubicará cerca del recuadro naranja de la *Ilustración 9*. El recuadro verde es el edificio que se construyó el año pasado. Las placas solares se pensará en ponerlas encima del tejado de la escuela y de la clínica, a través de los cuales se conseguirá convertir la energía solar en electricidad para que se pueda abastecer a la escuela de luz. Ambos edificios se colocarán en principio en una explanada cerca del recuadro naranja. Sin embargo, como se explicará más adelante, con el tejado de la clínica será suficiente

2.1.2) CLIMA

Concretamente en la aldea de Mount Darwin, la temporada de lluvia es húmeda y principalmente nublada, la temporada seca se caracteriza por el viento y mayormente despejada y por sus temperaturas altas durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 12 °C a 31 °C y rara vez baja a menos de 10 °C o sube a más de 34 °C.

2.1.3) IRRADIANCIA SOLAR

La irradiancia solar hace referencia a la densidad de potencia o energía que incide procedente del Sol o la energía que incide en 1 m² de superficie. La irradiación es otro concepto similar, cuya definición es la energía en una superficie de 1 m² a lo largo de un periodo de tiempo. Las condiciones climáticas en Zimbabue, uno de los países más soleados del mundo, permiten que las instalaciones de paneles solares fotovoltaicos sea muy eficaz. Existen varias herramientas que permiten conocer de forma aproximada la energía eléctrica producida a través de los paneles fotovoltaicos en cualquier localidad del mundo. Para este proyecto se usará la herramienta PVGIS, que permite proporcionar las ventajas y desventajas de construir una instalación de autoconsumo.

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Herramientas interactivas

Home Herramientas Descargas > Documentación Contáctanos

Cursor: Seleccionado: -16.550, 31.525 Elevación (m): 1080

Utilizar las sombras del terreno: Horizonte calculado Cargar archivo de horizonte

Base de datos de radiación solar*: PVGIS-CMSAF

Mes*: Enero

Sobre plano fijo: Irradiancia Irradiancia cielo claro

Inclinación [*]: Azimut [*]:

Sobre plano con seguimiento: Irradiancia Irradiancia cielo claro

Temperatura: Perfil diario de temperatura

Datos: DATOS MENSUALES, DATOS DIARIOS, DATOS HORARIOS, TMY

Dirección: Eg.Ispira, Italy Lat/Lon: -16.55 31.52476

DATOS PROMEDIO DIARIOS DE IRRADIANCIA: RESULTADOS

Plano fijo Seguidor Temperatura Info PDF

Ilustración 13: Herramienta PVGIS para el cálculo de la irradiancia solar y el número de horas solares pico. Fuente: PVGIS

Con esta herramienta se pueden sacar las irradiancias de cada mes en Mount Darwin:

Mes	Irradiancia solar [Kwh/m2 dia]
Enero	5,17
Febrero	5,91
Marzo	6,34
Abril	6,11
Mayo	5,75
Junio	5,34
Julio	5,47
Agosto	6,01
Septiembre	6,19
Octubre	6,21
Noviembre	6,02
Diciembre	5,09

Tabla 2: Irradiancia Solar en Mount Darwin. Fuente: PVGIS

2.1.4) ORIENTACIÓN DE LOS PANELES

La orientación más adecuada será colocando los módulos hacia el norte geográfico, puesto que de esta forma las placas estarán más tiempo en la dirección del Sol, dado que Zimbabwe se encuentra en el hemisferio norte. Para determinar de forma exacta esta posición se puede utilizar una brújula o bien determinarla según la hora del día, ya que el sur corresponde con las 12 del mediodía hora solar. No obstante a la hora de posicionar las placas se hará un estudio de si es mejor colocarlas en el tejado o en el suelo, y en el caso de colocarlas en el tejado habrá que considerar el ángulo que ya de por sí tiene el propio tejado. Hay que distinguir entre la hora solar y la hora oficial, la cual se utilizan en los diferentes países y está basada en los meridianos.

Se debe intentar evitar que en la orientación de las placas no haya sombras provocadas por otros edificios, montañas o árboles, ya que en este caso la energía solar captada sería claramente inferior. Antes de colocar los paneles se debe tener en cuenta este hecho para no tener sorpresas a posteriori, además de que no se creen sombras

unos paneles a otros. El mejor periodo del año para ver si afectan las sombras es invierno. La mejor época para ver si hay sombras será invierno, dado que las sombras en este tiempo son más alargadas que en verano a causa de la poca altura del sol, y los rayos no inciden de una forma tan perpendicular. Por lo tanto se puede afirmar que si en invierno no hay sombras que puedan perjudicar, tampoco las habrá durante el resto del año.

En las zonas con gran altitud, donde son típicas las nevadas, las fuertes inclinaciones de los tejados son una gran ventaja para aprovechar de una mayor forma la energía solar por tener un gran ángulo de inclinación, y además permitiría que la nieve cayese y no se acumulase en las placas. No obstante este no es un gran problema, puesto que en Mount Darwin no hay nevadas.

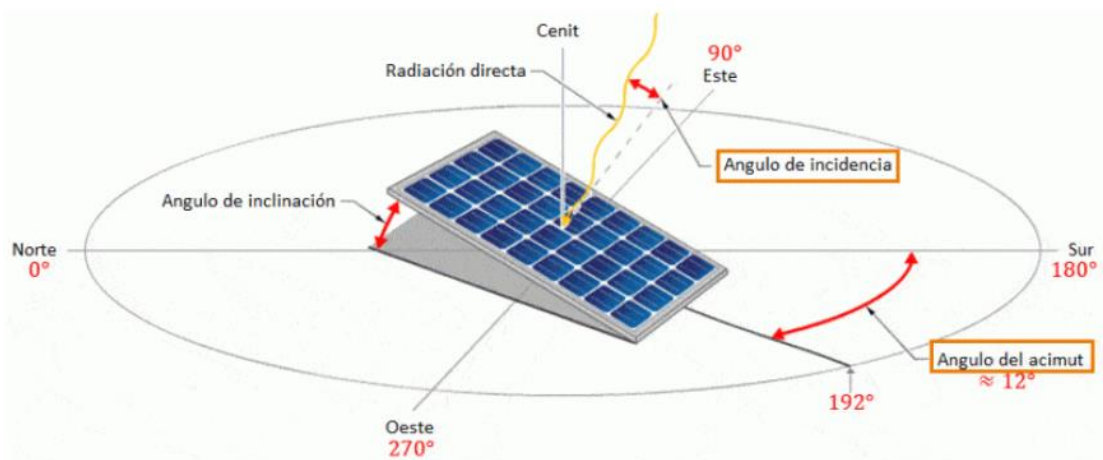


Ilustración 14: Ángulos de inclinación e incidencia de la luz. Fuente: SunFields

Es importante señalar que en algunas viviendas y casas de campo por razones estéticas, los dueños prefieren poner las placas con la misma inclinación que el tejado. Para que nos hagamos una idea, en el territorio español los tejados suelen tener inclinaciones de 20 a 35 grados, es decir no muy acusada y aunque se pierda un poco de

rendimiento (por no tener el ángulo de inclinación óptimo), se puede ahorrar en costes de la estructura solar situando una estructura de tipo coplanar, las cuales son menos caras y se integran completamente en el ambiente. En estos casos se puede compensar la inclinación instalando una placa más, con lo que solucionaría el problema. En cambio en otros países de norte de Europa los tejados están mucho más preparados para fuertes nevadas y para que la nieve caiga al suelo y no se acumule. Estos tejados suelen tener una inclinación de aproximadamente entre 45 y 60 grados.

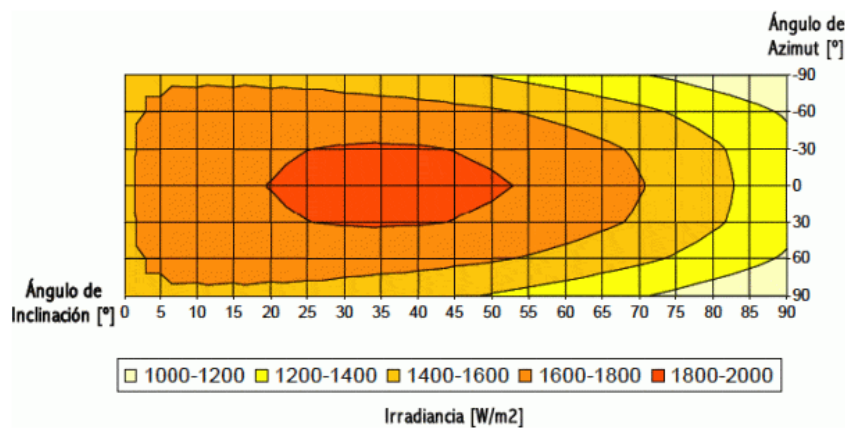


Ilustración 15: Irradiancia y azimut de una placa solar. Fuente: SunFields

2.1.5) INCLINACIÓN DE LOS PANELES

Antes de determinar la inclinación de los paneles, es importante saber en qué época del año va a ser superior el consumo de electricidad. Sin embargo, al no haber unas vacaciones de verano como las de aquí, el consumo va a ser prácticamente constante, aunque habrá algunas semanas en las que no haya clase. No siempre el mayor consumo tendrá relación con la temporada con menos horas de sol.

En el caso de que los consumos sean estables durante todo el año o bien más acentuados en los periodos invernales, se deberá utilizar la inclinación más adecuada

para el mes de diciembre. En el caso de Zimbabue, las temperaturas más frías se alcanzan en los meses de junio y julio. En este periodo del año, la circunferencia del sol en el cielo es más pequeña ya que este se encuentra a mayor cercanía de nosotros, y además esto significa un menor número de horas de sol al cabo del día. También durante este tramo del año los rayos del sol inciden sobre la superficie de forma oblicua, y no perpendicular como en el verano.

Para determinar el ángulo óptimo de las placas solares, se pueden emplear dos métodos útiles:

Método de la inclinación óptima anual:

Este método se basa fundamentalmente en estadística y expresa la inclinación óptima anual para conseguir la mayor radiación solar anual. Es muy útil si se quiere diseñar un parque solar con distintas inclinaciones en lugares con distintas latitudes, por lo que este método tiene en cuenta la latitud. Se usa la siguiente expresión para calcular el ángulo óptimo:

$$\beta_{optimo} = 3.7 + 0.69 * |\varnothing|$$

$$\beta_{optimo} = 3.7 + 0.69 * |-16.55| = 15.12^{\circ} \approx 15^{\circ}$$

β_{optimo} = inclinación óptima de las placas solares (grados)

\varnothing = latitud del lugar con signo (grados)

Método en función del periodo de tiempo y uso

Las expresiones de este método permiten, dependiendo del uso de la instalación fotovoltaica, calcular su inclinación óptima. En la siguiente tabla se puede ver el ángulo óptimo en función del tipo de instalación y del periodo de la máxima captación.

Tipo de instalación	Uso	Máxima captación	β_{optimo}
Conectadas a la red	Anual	Anual	$\varnothing - 10^\circ$
Bombeo de agua	Anual	Verano	$\varnothing - 20^\circ$
Autónomas de consumo anual constante	Anual	Periodo de menor radiación	$\varnothing + 10^\circ$

Tabla 3: Ángulo de inclinación óptimo en función del tipo de instalación. Fuente: MPPT solar

Según este método, al tratarse de una instalación autónoma, el ángulo óptimo resultaría de:

$$\beta_{optimo} = \varnothing + 10^\circ = -16.55 + 10 = -6.55^\circ$$

No obstante se decidirá optar por el método de la inclinación óptima anual, ya que para este clima es el que tiene mayor rentabilidad.

2.2) DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL DISEÑO ELÉCTRICO

Para elegir los elementos que hay que poner en la instalación primero se debe hablar sobre los distintos tipos de sistemas fotovoltaicos que hay y los elementos que se necesitan para cada uno de ellos:

2.2.1) SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED:

Estos sistemas se diferencian de los autónomos en que estos últimos tienen un subsistema de acumulación para almacenamiento de energía en forma de baterías, de forma que en horas en las que no hay suficiente luz se puede usar la energía que no se ha consumido durante el día. Estos sistemas persiguen un rendimiento económico ya que la electricidad generada que no consumen la venden. Estos sistemas se dividen en tres grupos distinguidos:

- Instalaciones para el sector residencial: con rango de potencia entre 1 y 15 kWp (kilovatio de pico, que consiste en la máxima que genera un panel en horas de máxima radiación: $1000\text{W}/\text{m}^2$ y una temperatura ambiente de aproximadamente 25°C).



Ilustración 16: Instalaciones fotovoltaicas para el sector residencial. Fuente: Energy News

- Instalaciones en edificios comerciales, industriales y de oficinas con rango de potencia entre 5 y 250 kWp.



Ilustración 17: Instalaciones fotovoltaicas para el edificios comerciales. Fuente: aulagreencities

- Instalaciones centralizadas con rango de potencia entre 100 kWp y 10MWp.

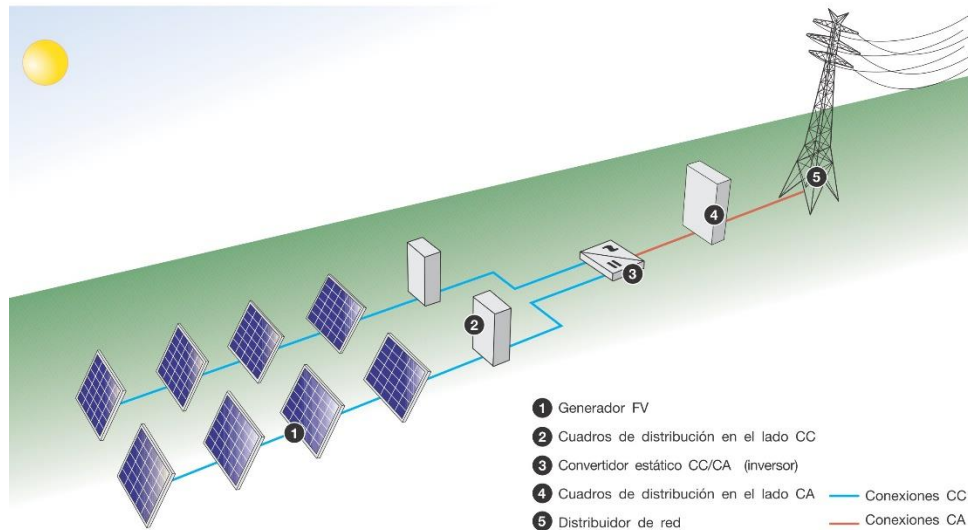


Ilustración 18: Instalaciones fotovoltaicas centralizadas. Fuente: Global Electricity

2.2.2) SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS:

Los sistemas fotovoltaicos aislados normalmente requieren el almacenamiento de la energía fotovoltaica generada en acumuladores solares o baterías como se ha dicho antes. Esta energía se puede almacenar durante 24 horas debido a que es electricidad que se genera y que no es consumida. Este tipo de sistemas permiten que el usuario no esté conectado a la red y es muy útil para sitios en los que no es posible la conexión a la red. Por ejemplo, en países subdesarrollados como Zimbabue este tipo de sistemas fotovoltaicos es el ideal, puesto que no existe una red eléctrica como la española. En estos sistemas los elementos necesarios son los siguientes: placas solares, regulador de carga, baterías para almacenar energía, inversor y cableado. A continuación se muestra una imagen que esquematiza este tipo de sistemas:

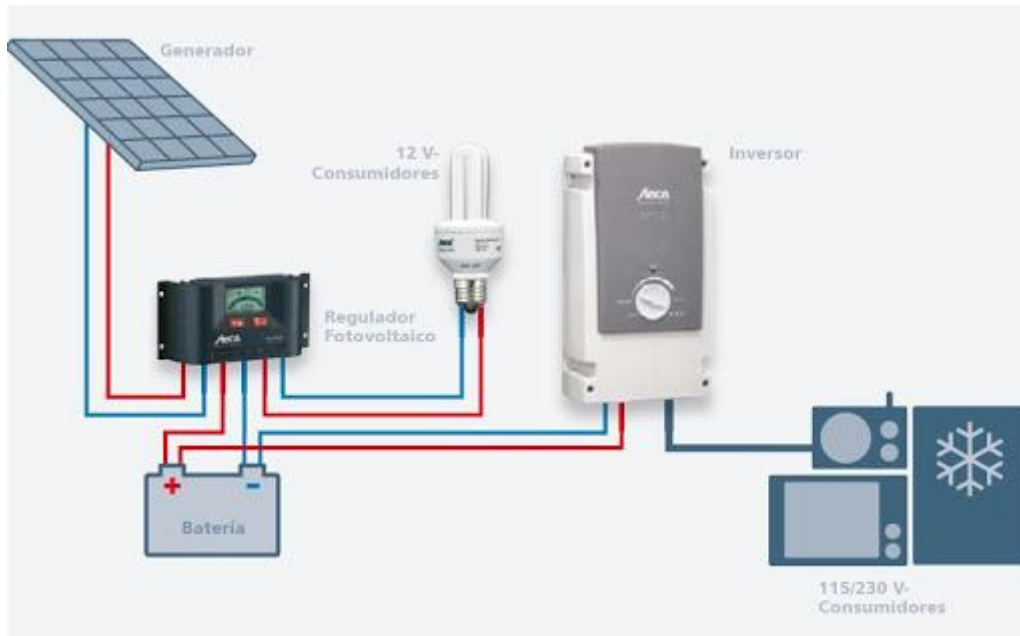


Ilustración 19: Instalación fotovoltaica aislada. Fuente: demo e-educativa catedu

2.2.2.1) MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Un módulo fotovoltaico, o panel fotovoltaico, es un panel compuesto de un grupo de células solares, cuya función es convertir directamente los fotones que vienen de los rayos del Sol en electricidad. Como ya se ha dicho antes, esta corriente producida en los módulos depende de forma directa de la irradiancia, de forma que cuanto mayor sea ésta, mayor será la corriente producida.

En un panel solar cada una de las células está conectada en serie con el resto internamente, encapsuladas, y a su vez están montadas sobre una estructura sobre la plataforma que se pretenda instalar, que suele ser sobre una plataforma en el suelo o sobre el propio tejado.

En cuanto a los tipos de módulos solares cabe destacar tres tipos principales que son los que se encuentran en el 90% de los parques solares fotovoltaicos: paneles fotovoltaicos monocristalinos, policristalinos y amorfos.

Paneles solares fotovoltaicos de silicio monocristalinos:

Estos paneles se caracterizan por ser las placas con un mayor rendimiento. Están formadas por un grupo de células monocristalinas. A simple vista se pueden distinguir porque tienen color negro a diferencia de las demás. También se diferencian en que tienen las esquinas recortadas en forma de chaflán. La principal ventaja es la gran eficiencia y rendimiento que tienen. Sin embargo, suelen ser algo más caros que los policristalinos. Este tipo de inversión es adecuada para medio-largo plazo, pero no para corto plazo. Estos módulos se fabrican a partir de un lingote de un único cristal de silicio y se le va dando forma con varios métodos de corte para conseguir obleas que constituyen el sustrato. El rendimiento de las placas monocristalinas es de entre 180 y 220 vatios.



Ilustración 20: Panel solar fotovoltaico de silicio monocristalino. Fuente: SOLARMAT

Paneles solares fotovoltaicos de silicio policristalinos:

Los paneles policristalinos tienen menor rendimiento y eficiencia que los monocristalinos. Se caracterizan por tener un color azul y se diferencian también de los monocristalinos en que terminan en esquina en lugar de un chaflán. Estas células de silicio policristalino utilizan obleas de silicio como sustrato, pero estas proceden de un bloque de sustrato. El hecho de tener estas placas de menor eficiencia y rendimiento provoca que estas placas sean más económicas; por lo que si el precio de la instalación es determinante, como es el caso, se optará por esta elección.

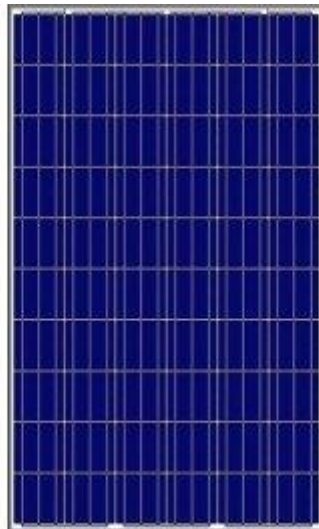


Ilustración 21: Panel solar fotovoltaico de silicio policristalino. Fuente: Ecofener

Paneles solares fotovoltaicos de silicio amorfos:

Estos paneles no los debemos olvidar, aunque son menos comunes que los cristalinos. Se conocen también como “*capa fina*”. Su funcionamiento es similar al de los cristalinos, pero su elaboración es diferente. Su proceso de fabricación no es complejo y se requiere poco material activo, además de poco gasto energético. Estas son las primeras placas que se empezaron a poner a la venta, aunque actualmente su uso se ha ido reduciendo con el paso del tiempo debido a la llegada de los paneles cristalinos. Su

eficiencia no es tan buena como la de los cristalinos, debido a la mala calidad del silicio empleado. Suelen ser estas placas bastante prácticas para uso en interiores y atmósferas con mucho polvo.



Ilustración 22: Panel solar fotovoltaico de silicio amorfo. Fuente: Manufacturas, Proveedores y Productos de China

Voltajes de los paneles solares

Las tensiones más comunes entre las placas son las siguientes:

Aplicaciones con 12 V: estos paneles se usan para aplicaciones muy concretas al ser de un tamaño muy pequeño.

Aplicaciones con 24 V o superior: son los paneles más habituales

Aplicaciones con conexión a Red: tiene bastante uso en huertos solares de gran tamaño o en instalaciones de autoconsumo industrial o residencial.

Medidas y potencias

Las placas solares las hay de distintos tamaños y celdas. Así es como se les llama:

- De 60 células: estos módulos se usan mayoritariamente en los tejados de los edificios. El tamaño de estos paneles es de 1,7 metros de largo por 1 metro de ancho. La potencia de estas placas está entre 280 y 330 vatios.
- De 72 células: se usa principalmente en proyectos más industriales. La potencia está entre 330 y 420 vatios. Las dimensiones son de 2 metros de largo y 1 metro de ancho.
- De 60 células para aislada: se usa para aplicaciones aisladas de 12 – 24 V con baterías. Son de pequeño tamaño y su potencia oscila entre 80W y 190W.
- Shingle Cells: es un tipo de tecnología muy avanzado, cuyo número de células puede variar
- Médula Célula o células cortadas: son células cortadas en dos y en serie. Su principal ventaja es la capacidad de mejorar la eficiencia ante el comportamiento de sombras, y su principal desventaja son las soldaduras y los contactos metálicos.

Especificaciones técnicas en la ficha de un panel:

- **Potencia nominal (Pnom):** máxima potencia pico que puede entregar una placa en condiciones óptimas de funcionamiento.

- **Tolerancia de potencia:** suele venir expresada en vatios o en %, y es la potencia pico real que puede llegar a tener el panel.
- **Eficiencia de panel:** consiste en la capacidad que tiene el panel en convertir en electricidad la potencia captada por la radiación del sol.
- **Tensión máxima potencia (V_{mpp}):** tensión que proporcionará el panel cuando esté su punto de máxima potencia. En los paneles de 12V, la tensión máxima de potencia estará entre 15 y 19V. En los de 24V, la V_{mpp} estará entre 36 y 39V. Esto se debe a que la tensión que ofrece el panel es superior al voltaje de carga de las baterías.
- **Corriente máxima potencia (I_{mpp}):** corriente que proporcionará el panel cuando esté su punto de máxima potencia
- **Tensión de circuito abierto (V_{oc}):** mayor tensión que se puede obtener de la placa cuando trabaja como generador.
- **Coefficiente de temperatura:** es la pérdida de potencia que tiene el panel por cada $^{\circ}C$ por encima de los $25^{\circ}C$ de temperatura a la que se encuentra el panel.

PARTES DE UN PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

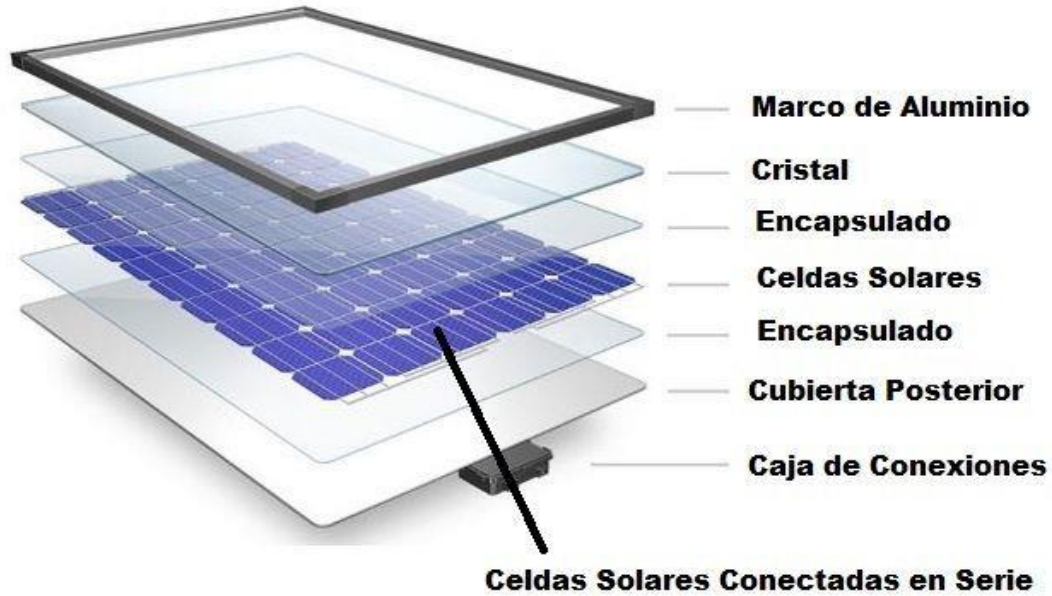


Ilustración 23: Partes de una placa solar fotovoltaica

	<u>Monocrystalinas</u>	<u>Policristalinas</u>
Precio Solar Panel	Algo más caras	Más baratas
Eficiencia	Mayor eficiencia y más rendimiento	Menor eficiencia y menor rendimiento
Estética	Las células son de un tono negro, azul muy oscuro	Células de un color azulado irregular
Rendimiento	Alto	Medio
Durabilidad	Al menos 25 años	Al menos 25 años
Principales Fabricantes	Sun Power LG Panasonic	Canadian Solar Jinko Solar JA Solar

Tabla 4: Diferencias principales entre paneles solares monocristalinos y policristalinos. Fuente: Autosolar

2.2.2.2) ESTIMACIÓN DEL CONSUMO

De cara a estimar el consumo de energía del centro de formación se considerará previamente que dicho centro estará abierto todo el año salvo alguna semana que permanecerá cerrada. Esta estimación se hará teniendo en cuenta el mes con la mínima radiación solar (Diciembre con un HSP = 5,09) , y el mayor consumo estimado. Para estimar el consumo se supondrá que las luces están encendidas 8 horas de lunes a viernes, y 4 horas los sábados y los domingos. Actualmente, en el centro de formación no hay lámparas instaladas, por lo que se supondrá que para un mayor ahorro energético se usará luminaria de tipo LED, para reducir la potencia necesaria.

Para el cálculo de dicha potencia se supondrá que los lúmenes necesarios para iluminar el aula son 300 lúmenes. Esto significa que la potencia estimada es de 6 vatios por cada metro cuadrado de aula. Al haber dos aulas de 30 m² y otras dos de 3 m², la potencia total es de 396 vatios. Considerando un día de gran consumo para dimensionar las placas solares, se considerará que estarán encendidas 8 horas. El consumo energético de un día (C_{ed}) resulta de 3168 Wh.

Para el cálculo del número de paneles solares que hay que instalar se empleará la siguiente fórmula:

$$N_{paneles} = \frac{C_{ed}}{P_{MP} * PR * HSP_{crit}} = \frac{3168}{200 * 0.83 * 5.09} = 3.75 \approx 4$$

Se decidirá poner 4 placas, de forma que queda un poco sobredimensionada, para el caso extremo de que se necesite cargar teléfonos móviles, resultando:

C_{ed} : consumo estimado diario de energía en W*h

P_{MP} : Potencia pico del panel fotovoltaico en W

HSP: Valor de las horas de sol pico del mes crítico

PR: 'Performance Ratio' de la instalación, en nuestro caso de 85%, calculado a continuación.

A la hora de elegir la potencia de los paneles solares, hay que tener en cuenta que la potencia de los paneles de la mayoría de los fabricantes oscila entre 100W y 300W. Una hora solar de pico se traduce en una hora de 1000W por metro cuadrado de luz solar. En el caso de Mount Darwin, como ya se ha dicho antes, el número de horas solares de pico es 5,09. Por lo tanto, si ponemos cuatro placas de 200W, la potencia instalada total será de 800W. Multiplicando la potencia total instalada por el número de horas solares de pico se obtiene la energía producida al día: 4072Wh, que es mayor que el consumo máximo estimado para un día 3168Wh. De esta forma quedaría ligeramente sobredimensionada la instalación para cubrir el caso en el que en Diciembre el consumo es muy elevado. Para el resto de meses, al ser el número de horas pico de sol mayor, quedará aún más sobredimensionada aún.

Otra opción podría haber sido elegir un número mayor de paneles pero de una potencia menor cada uno de ellos. Esta opción podría ser bastante interesante si se mira desde el punto del rendimiento: si se decidiese instalar un número mayor de placas de menor potencia cada una y se estropea una de ellas, habría más potencia instalada disponible, pero como en este proyecto el aspecto económico tiene prioridad, se elegirán 4 paneles solares de 200W (Un número mayor de paneles de potencia más pequeña se traduce en un precio mayor). Por otro lado se podría optar por la solución opuesta: elegir un menor número de placas y cada una de ellas de una potencia elevada. Esta elección tiene la desventaja que se ha comentado anteriormente de si se estropea una placa: el rendimiento sería mucho menor.

Estimación del "Performance Ratio":

Este coeficiente expresa el rendimiento energético de la instalación fotovoltaica; es decir, que parte de la potencia captada por los paneles solares es convertida en consumo

energético. Para el cálculo de dicho número, hay que tener en cuenta una serie de pérdidas:

- Pérdidas por dispersión de potencia de los módulos (%Pmax): estas pérdidas suelen aparecer en las fichas técnicas de los paneles directamente, aunque en el caso de los paneles de esta marca aparece directamente la eficiencia energética total de los paneles, y no aparecen las pérdidas de dispersión. No obstante, estas pérdidas suelen rondar el 3%.
- Pérdidas por variación de temperatura en los módulos solares fotovoltaicos: estas pérdidas se producen por la variación de temperaturas que experimentan los módulos solares. Por esta razón es importante que estén bien ventilados dichos módulos. Estas pérdidas se ven aumentadas o disminuidas en función de la superficie del módulo. Estas pérdidas se estiman con la siguiente expresión:

$$P_T = K_T * (T_C - 25^\circ\text{C})$$

Resultando:

P_T = potencia de pérdidas por temperatura.

K_T = coeficiente de temperatura, cuyo valor aparece en la ficha técnica del módulo solar:
0.0038 °C⁻¹

T_C = temperatura media mensual de Mount Darwin, que se calcula de la siguiente forma (donde T_{amb} es la temperatura media de Mount Darwin (24°C), y T_{opN} es la temperatura nominal de operación, que en nuestro caso es de 45°C, y H es la irradiación media que aproximadamente es de 600 W/m²)

$$T_C = T_{amb} + (T_{opN} - 20^\circ\text{C}) * H / 800 = 42.75 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_T = K_T * (T_C - 25^\circ\text{C}) = 6.7\%$$

- Pérdidas por acumulación de suciedad en los paneles fotovoltaicos: dichas pérdidas se estiman en un 3% aproximadamente. El mantenimiento de dichas placas es muy importante para que estas placas no tengan pérdidas altas.
- Pérdidas eléctricas: estas pérdidas se deben al tramo de la instalación que funciona en corriente continua. Se estiman en 1.5%.
- Pérdidas por reflectancias: Se evalúa en estos paneles la reflexión angular que sufren los rayos solares (3 %)
- Pérdidas por degradación: Estas pérdidas se deben al desgaste natural que se produce en los paneles por las condiciones meteorológicas. Suelen rondar el 2%.

De esta forma el Performance-Ratio resulta de:

$$PR = 100 - 3 - 6.7 - 3 - 1.5 - 3 - 2 = 83,8\% = 0,838$$

Los paneles que se han decidido poner son de 200W. Estos paneles solares son BSP2000 de la marca AutoSolar, que hace envíos a España, aunque en Zimbabue se pueden encontrar unas placas con características similares. Estas placas son de silicio policristalino y de 12 V, ya que es la tensión a la que trabajarán la batería, el regulador y el inversor. Se ha elegido la tensión de 12 V porque el consumo eléctrico es únicamente debido a la luz, ya que no hay ningún electrodoméstico en el centro de formación. Para ver si los paneles se disponen en serie o en paralelo hará falta mirar cuál es el voltaje a potencia máxima. Operando:

$$N_{serie} = \frac{V_{BAT}}{V_{MAX}} = \frac{12}{18.2} = 0.65 \approx 1$$

$$N_{paralelo} = \frac{N_{paneles}}{N_{serie}} = \frac{4}{1} = 4$$

Se llega a la conclusión de que se necesitarán cuatro ramas de 1 panel cada una en paralelo.

2.2.2.3) REGULADOR DE CARGA

Es una de las piezas más importantes de la instalación de placas solares. Se encarga de controlar la tensión y la intensidad con la que se cargan las baterías. Es la clave para cuidar la batería y de esta forma que siga siendo rentable a lo largo de los años y no se deteriore.

Esta pieza también se encarga de que las placas solares se vean alcanzadas por sobretensiones o descargas eléctricas de rayos que puedan poner en peligro la instalación. Con este regulador también se pueden programar alarmas en el caso de que por ejemplo se alcance una sobretensión o se alcancen algunos parámetros no deseados. Los reguladores de carga de la actualidad permiten adaptarse a las diferentes condiciones que marca la batería.

Existen dos tipos de reguladores:

- A. **Regulador MPPT (Maximum Power Point Tracking)**: permite obtener la máxima potencia de los paneles solares haciéndoles trabajar en el punto de máxima potencia. Estos reguladores se pueden emplear tanto en instalaciones aisladas como en instalaciones conectadas a red. Ofrecen un gran ahorro económico por el hecho de su sistema consigue siempre la extracción de la máxima potencia de sus paneles. Este tipo de regulador se puede emplear en instalaciones donde los paneles solares y las baterías están conectados a la misma tensión; es decir, cuando, por ejemplo, están ambos a 12V, 24V o 48V.

- B. **Regulador de carga PWM:** Estos reguladores además de ser capaces de cortar el paso de corriente de los paneles solares cuando la batería se encuentra a plena carga, permiten adaptar el voltaje del panel solar al voltaje de la batería. Por lo tanto, son útiles cuando se usan paneles solares de 24V y una batería de 12V, o por ejemplo una conexión a red y una batería de 12V.

Por lo tanto en nuestro caso se usará un regulador de carga PWM del modelo PC1500B Series de la marca Must y de 12 V.



Ilustración 24: Ejemplo de regulador de carga de una instalación fotovoltaica. Fuente: Must

El regulador de carga que se elegirá será de 12V al igual que los paneles solares. A la hora de dimensionar el regulador hay que vigilar la corriente de salida de la carga y la corriente de entrada. La mayor de las dos será la que restringa el regulador.

Para calcular la corriente de entrada al regulador, se multiplicará la corriente de cortocircuito por el número de ramas en paralelo. Para ello se usará un margen de seguridad del 25% para evitar daños perjudiciales en el regulador.

$$I_{entrada} = 1.25 * I_{cc} * N_{ramas} = 1.25 * 11.86 * 4 = 59.3 A$$

Siendo:

I_{cc} = la corriente de cortocircuito de cada placa solar (A)

N_{ramas} = el número de ramas en paralelo

Para calcular la corriente de salida se tendrá en cuenta el consumo de las lámparas. Se supondrá que las lámparas LED tienen un consumo de 7W y que se instalan 5 lámparas:

$$I_{salida} = \frac{1.25 * P}{V_{BAT}} = \frac{1.25 * 5 * 7}{12} = 1.5625 A$$

Siendo:

P = potencia disipada por las lámparas (W)

V_{BAT} = tensión de la batería (V)

Por lo tanto, a la hora de encargar el regulador será suficiente con que soporte estas entradas a entrada y salida.

2.2.2.4) BATERÍA PARA EL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Las baterías de energía solar fotovoltaica se emplean en muchos sectores en la actualidad. Por ejemplo en sillas de ruedas, baterías para caravanas, para alarmas, y lo que nos interesa en este proyecto que son los paneles solares. Consiste en un dispositivo capaz de almacenar la energía en forma de energía química, y posteriormente transformarla en energía eléctrica. Este ciclo de conversión de la energía se puede conseguir en repetidas ocasiones. Es un generador de energía secundario, ya que

necesita de algún otro dispositivo para extraer la energía para después pasarla de química a eléctrica. Estas baterías solares se basan en el funcionamiento de reducción-oxidación, a través del cual uno de los componentes queda reducido y el otro es oxidado.

Un aspecto a señalar de la batería es su ciclo; un ciclo de una batería es la sucesión de la descarga de la batería hasta que está completamente vacía, y por lo tanto sin energía almacenada. Estos son los parámetros de una batería solar:

- Voltaje
- Corriente
- Capacidad de carga
- Capacidad de corriente
- Energía
- Resistencia
- Masa
- Rendimiento
- Efecto memoria
- Constante de carga



Ilustración 25: Batería para almacenar energía. Fuente: Tutiendaenergetica

Información necesaria para seleccionar una batería solar

Hay que tener varios factores en cuenta a la hora de elegir una batería solar fotovoltaica para nuestra instalación. Por un lado hay que saber si el tipo de placa solar y la construcción o su tecnología interna. También hay que saber su aplicación, que en este caso consistiría en una instalación para abastecer a un centro de formación profesional de la luz suficiente. Además, juegan un papel muy importante la ubicación física, las condiciones ambientales, las características físicas y la recarga.

Cómo dimensionar la batería solar

La selección de un correcto dimensionamiento de las baterías es fundamental para conseguir un adecuado funcionamiento de la instalación fotovoltaica. Estos son los aspectos más importantes a tener en cuenta:

- Tensión nominal
- Corriente o potencia de descarga
- Duración de la corriente de descarga
- Temperatura del lugar de la instalación de la batería solar

Para dimensionar la batería hay que tener en cuenta cuanto tiempo se desea que la batería esté con energía almacenada para el hipotético caso de que esté lloviendo durante un tiempo. Para ello hace falta el consumo diario energético que se ha empleado para dimensionar las placas solares: 3168 Wh. Ahora para averiguar la capacidad de la batería, se usará la ley de Ohm, ya que dicha batería está en Ah, y no en Wh:

$$I (A) = \frac{P(W)}{U(V)} = \frac{3168 W}{12 V} = 264 A$$

Por lo tanto la capacidad debería de ser de 264 Ah, según los cálculos. Sin embargo, hay que hacer una serie de consideraciones. La capacidad de 264 Ah sería útil

si queremos que la batería se descargue en una hora, pero no es el caso, ya que necesitamos que la batería permita abastecer de electricidad al centro en el caso de que permanezca lloviendo durante unas horas. Para este caso se elegirá una batería de por lo menos dos días de autonomía; es decir, la capacidad de la batería debe de ser de al menos 528 Ah. Por otro lado, hay que verificar que la corriente de cortocircuito de los paneles es superior o igual a la capacidad de la batería dividido entre 30. Operando resulta:

$$\frac{528}{30} = 17,6 A > 11.86 A$$

Por lo tanto, no se cumple lo deseado y la batería no puede ser de 528 Ah. Haciendo el cálculo a la inversa, resolvemos hasta calcular la nueva capacidad:

$$C = 30 * 11.86 = 355.8 Ah$$

$$T = \frac{355.8}{264} = 1.34 \text{ días}$$

Consecuentemente, la batería será de como máximo 355.8 Ah, lo que podría suponer un poco más de un día de autonomía. Por otro lado es importante señalar estos datos de la batería a la hora de la compra de dicho artículo:

Profundidad de Descarga Máxima Estacional (PD_{max,e}) = 70% = 0,7

Profundidad de Descarga Máxima Diaria (PD_{max,d}) = 15% = 0,15

Se optará por una batería GEL, ya que son muy útiles en instalaciones aisladas donde se necesita poco mantenimiento. Otros aspectos positivos de esta batería son que no emiten gases nocivos y que tienen una elevada durabilidad.

2.2.2.5) INVERSOR SOLAR

Los inversores solares fotovoltaicos son fundamentales para poder transformar la corriente continua que genera la instalación solar en corriente alterna de 220V y 50Hz. Si no se dispusiera de este dispositivo, solo serían posibles los consumos a 12V, 24V, o 48V. Sin embargo con un inversor se pueden tener consumos de entre 220V y 230V, por lo que será necesario para encender las lámparas LED del centro o por ejemplo cargar el teléfono móvil. Los dos tipos de inversores más usados son: el inversor de onda senoidal pura y el inversor trifásico. En cualquier caso el más recomendado es el inversor de onda senoidal pura, por lo tanto será este dispositivo el que usaremos.



Ilustración 26: Inversor solar de una instalación fotovoltaica. Fuente: Monsolar

Tipos de inversores

Los inversores solares para las instalaciones fotovoltaicas van conectados al banco de baterías, con una tensión de entrada que coincide con la tensión nominal que alcanzan dichas baterías. Estos son los cuatro tipos de inversores:

Los inversores de onda cuadrada se caracterizan por generar una energía eléctrica siempre sinusoidal o senoidal pura, de la misma apariencia que la que genera la red eléctrica.

Los inversores de onda cuadrada modulada son los que se usan cuando la energía eléctrica se desea convertir en una fuente de calor o para usar motores no universales.

Los inversores híbridos permiten el uso de la red convencional y el uso de baterías, es decir que se pueden emplear tanto en redes conectadas a red como en redes aisladas.

Los inversores cargadores tienen además la función de regular la carga de las baterías; es decir, el regulador de carga necesario para controlar la carga de las baterías.

Características de un inversor solar

Un inversor solar se caracteriza por las siguientes características:

- **Potencia:** la potencia nominal es la máxima potencia sostenida ofrecida por el inversor
- **Potencia máxima:** la máxima potencia que puede entregar un inversor suele ser el doble de la potencia nominal.
- **Temperatura:** temperatura de funcionamiento a la que están definidos sus parámetros
- **Tensión:** tensión que viene marcada por la tensión del banco de baterías que hay que conectar al inversor para que funcione. Cuanta mayor sea la tensión mayor potencia se tendrá.
- **Consumo en Standby:** consumo que tiene el inversor en vacío cuando no hay ningún consumo.

Para dimensionar el inversor bastará con la potencia que se consume en las lámparas. Esta potencia es de 396 W. Usando un factor de seguridad del 20%:

$$P = 1.2 * 396 = 475.2 W$$

En el caso de que en el centro de formación se usasen electrodomésticos o aparatos con motor, la potencia del inversor debería de ser 4 o 5 veces la potencia calculada porque en los “picos de arranque” se demanda más potencia. Pero como no es nuestro caso, es suficiente con una potencia de 475 W.

Lo ideal sería comprar un regulador cargador, pero en Zimbabue es muy complicado encontrarlo. Se optará por un Inversor Victron Phoenix 12V 500VA VE.Direct.

2.2.2.6) CABLEADO

Los cables en una instalación fotovoltaica son imprescindibles para la conexión de los distintos dispositivos entre sí. La variedad de los cables y su sección pueden ser muy extensa y hay que conocer muy bien los distintos tipos para conseguir sacar el mayor partido a la instalación.

Tipos de cableado

Clasificando el cableado en torno a los filamentos que están en el interior se pueden distinguir los siguientes tipos:

- Cable unifilar: que está compuesto en el interior por filamentos flexibles
- Cable manguera: compuesto en el interior por cables unifilares
- Cable sumergido: se caracteriza por estar preparado para trabajar debajo del agua

Los cables unifilares y manguera se suelen usar en instalaciones fotovoltaicos, y los sumergidos en instalaciones de bombeo. Cada cable se caracteriza por unos parámetros específicos: diámetro, resistencia térmica, conductividad, flexibilidad, número de filamentos en su interior... Por lo tanto hay que conocer las necesidades de la instalación para elegir un cable u otro.

Al realizarse este proyecto en Zimbabue, dada la imposibilidad de dar con una reglamentación propia de Zimbabue tan detallada como la de España, se hará el estudio del cableado conforme el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de España, aprobadas por el Real Decreto, y en el caso de que en Zimbabue no se cumpla la reglamentación, se cambiarán posteriormente los cálculos. De acuerdo con este reglamento se deben respetar tres condiciones que son requeridas:

1) Criterio de temperatura del conductor

La temperatura del conductor seleccionado para el cable, trabajando a plena carga no puede superar la temperatura máxima admisible asignada a los materiales que se emplean para el aislamiento del cable. Este requisito también se denomina criterio de la intensidad máxima admisible.

2) Criterio de la caída de tensión

Dada la circulación de corriente entre los conductores del cableado, se producirá una caída de tensión entre dos puntos cualesquiera del cable, ya que el propio cable tiene una resistencia interna por pequeña que sea. Esta diferencia de tensión no puede ser superior a los límites que marca el reglamento.

3) Criterio de corriente de cortocircuito

Cuando se produce un cortocircuito, el cable puede llegar a alcanzar temperaturas muy elevadas dada la alta intensidad. La máxima temperatura que puede alcanzar un conductor no puede sobrepasar la temperatura máxima admisible. Esta temperatura depende de cada tipo de cable, pero suele ser de 160°C para los termoplásticos y de 250°C para los termoestables.

Cálculo de la sección:

Para cumplir con estos requisitos se empleará la siguiente fórmula para calcular la sección del cable:

$$S = \frac{2 * P * l}{\gamma * e * U}$$

Representando en las fórmulas:

P: potencia prevista en vatios

L: longitud del cable en metros

e: caída de tensión en voltios

U: tensión nominal en voltios

γ : Resistividad del cable (Cobre a 90°C = 44 m/Ωmm²)

Para hallar la sección del cable haría falta saber exactamente dónde se posicionaría la clínica donde se van a poner las placas solares, para ver la longitud del cableado hasta el centro de formación.

Dado que en la instalación no se necesita usar una bomba ni ningún otro dispositivo donde se necesite de un fluido, no se necesitará un cable sumergido. El cableado que se necesita será el mismo en toda la instalación porque estará en todo momento a la intemperie. Se usará un cable de cobre PV ZZ-F. Este tipo de cables son muy empleados en instalaciones fotovoltaicas dada su gran resistencia a fenómenos atmosféricos como la lluvia o el granizo o la radiación solar. Los cables serán unipolares conectando ambos polos positivos y negativos. No serán propagadores de incendios, con emisión de humos y opacidad reducida.



Ilustración 27: Cable PV ZZ-F. Fuente: Atersa Shop

2.2.2.7) PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN

A la hora de poner placas solares, hay varios aspectos que el instalador debe tener en cuenta antes de colocar las placas para prevenirlas de problemas con las tormentas o incendios. El esquema de una puesta a tierra de una instalación fotovoltaica es el siguiente:

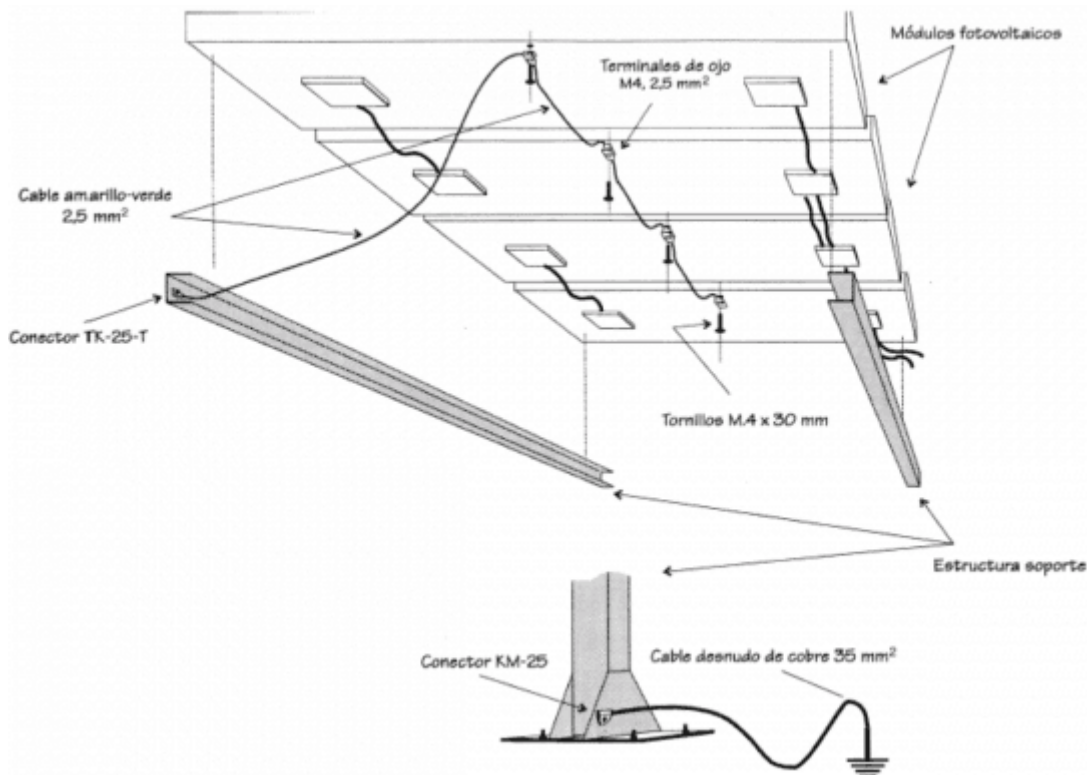


Ilustración 28: Esquema de la puesta a tierra de la placa solar. Fuente: Sunfields

- Los módulos solares disponen en el marco de un orificio específico para su correspondiente puesta a tierra, generalmente con el símbolo de la tierra, como se puede ver en la siguiente imagen:

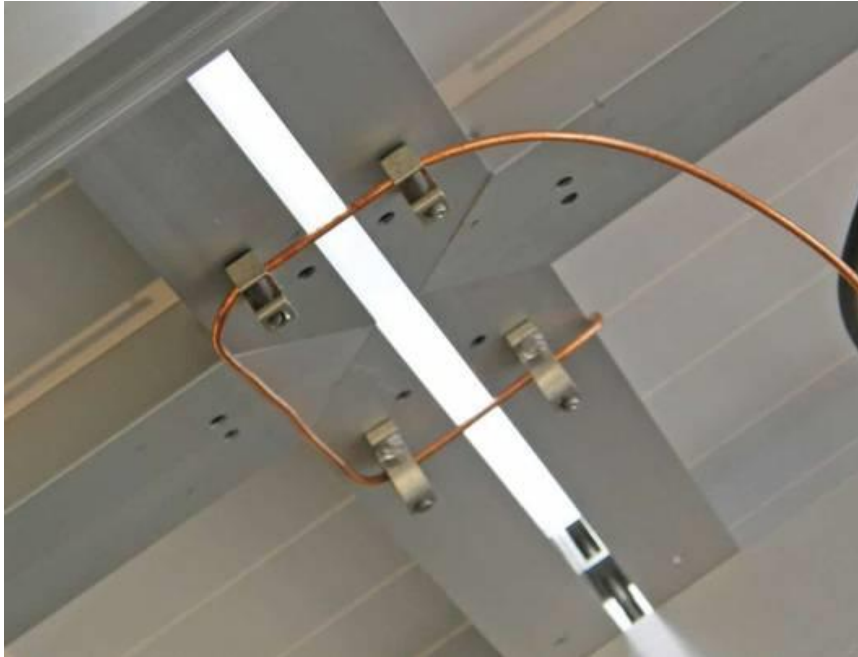


Ilustración 29: Detalle de la puesta a tierra en la parte posterior de la placa solar. Fuente: Sunfields

- Se recomienda que el conductor de protección a tierra no esté atornillado de forma directa al marco de los paneles, sino hacerlo por medio de un terminal auxiliar, de modo que cuando se decida extraer una pieza del módulo no se interrumpa la puesta a tierra del resto de la instalación.
- La simple conexión de los marcos de los paneles solares al suelo no es considerada como una puesta a tierra de garantía.
- Los conductores de protección se conectarán a la puesta de tierra de la instalación
- La instalación se conectará a tierra en exclusivamente un punto, que generalmente es una pica.
- La superficie metálica de los paneles solares debe ser tratada con aluminio anodizado.

2.2.2.8) ESTRUCTURAS DE SOPORTE PARA LOS MÓDULOS SOLARES

Las estructuras de los paneles solares sirven para aumentar el aprovechamiento de la radiación solar, estableciendo el ángulo deseado. Estas estructuras están en función de la base donde se desee instalar los paneles solares. Estas estructuras están diseñadas para soportar cambios bruscos de temperatura, fuertes rachas de viento, y presentan una durabilidad de 25 años. Los paneles se decidirán poner en el tejado de la clínica diseñada por Miguel López Asís, el cual está diseñado con panel sándwich y forma un ángulo de 10 grados, y es un solo plano; es decir, no es a dos aguas. El panel sándwich se caracteriza por tener en la capa intermedia un aislante térmico y acústico, y a ambos lados capas metálicas y no metálicas. A continuación se especifican, antes de hablar de las estructuras, los distintos tipos de tejados sobre los que se pueden instalar las placas solares:

- Cubierta metálica: las estructuras en este tipo de cubiertas están diseñadas para poder ofrecer a las placas cierta inclinación con respecto al tejado.
- Cubierta de teja: las estructuras en este tipo de cubiertas están diseñadas para anclar todo tipo de placas solares al tejado

También existen otro tipo de paneles que se clasifican en función de la ubicación y que no se sitúan encima de los tejados:

- Estructura elevada: este soporte permite disponer de entre 1 y 12 paneles solares con una altura de 3 metros.



4x

Ilustración 30: Ilustración de una estructura solar elevada. Fuente: Autosolar

- Estructura suelo: estructura plana sobre la cual se pueden situar paneles solares.



Ilustración 31: Estructura suelo de la instalación. Fuente: Autosolar

- Estructura pared: solución para poner paneles en una estructura vertical y poder darles la inclinación deseada para aprovechar la radiación solar.

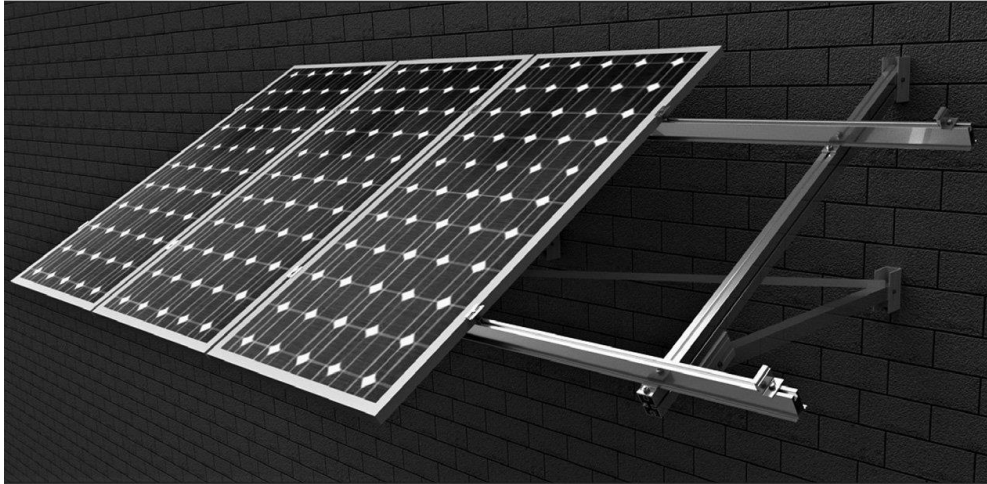


Ilustración 32: Esquema de la puesta a tierra de la placa solar. Fuente: Autosolar

Tipos de estructuras según la forma que tienen:

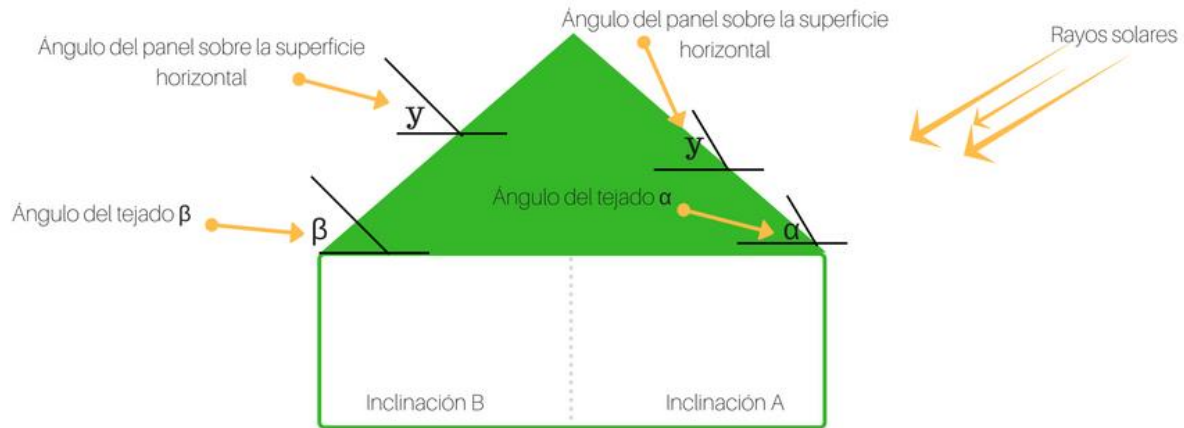
- Estructura tipo “B” y “H”: son aquellas que se sitúan en el aire, de manera que el panel queda suspendido en el aire
- Estructura tipo “V”: se sitúan en una terraza
- Estructura tipo “A”: para paneles entre 280 y 325W sobre el suelo.
- Estructura tipo “S”: donde el panel se apoya sobre la estructura, y a su vez con una inclinación sobre el suelo.

En cuanto al material de los soportes de las placas existen las siguientes variantes: aluminio (muy ligero, vida útil larga y material reciclable), hormigón (se elimina la fijación del propio soporte o el anclaje), acero galvanizado (su gran problema es que si se taladra pierde protección) e inoxidable.

Para este proyecto se optará por unas estructuras para cubierta metálica de aluminio que forme 5° con el tejado; es decir que forme 15° con la horizontal.

Inclinación de la estructura con respecto al tejado

A la hora de instalar los paneles solares hay que tener en cuenta que si se decide añadir una inclinación con las estructuras a las placas solares además de la propia inclinación del tejado, hay que tener cuidado con el efecto de las sombras que podrían provocar unas placas solares sobre otras. En nuestro caso, este problema no será tan grave debido a la poca inclinación que tienen las placas solares (15°).



Instrucciones:

Ángulos α y β : inclinación del tejado sobre la superficie horizontal

Ángulo del panel sobre la superficie horizontal: es el ángulo que forma el panel sobre la superficie horizontal, no sobre el tejado



Ilustración 33: Esquema de la incidencia de los rayos solares y de los ángulos de inclinación.

Fuente: Autosolar

Separación entre las filas de las placas solares

Otra cuestión a tener en cuenta en estas estructuras es la separación entre las filas de estructuras de placas solares. Según como coloquemos los paneles y de cuánto miden de largo y ancho, habrá que hacer un cálculo para que no interfieran las sombras de una placa en otra.

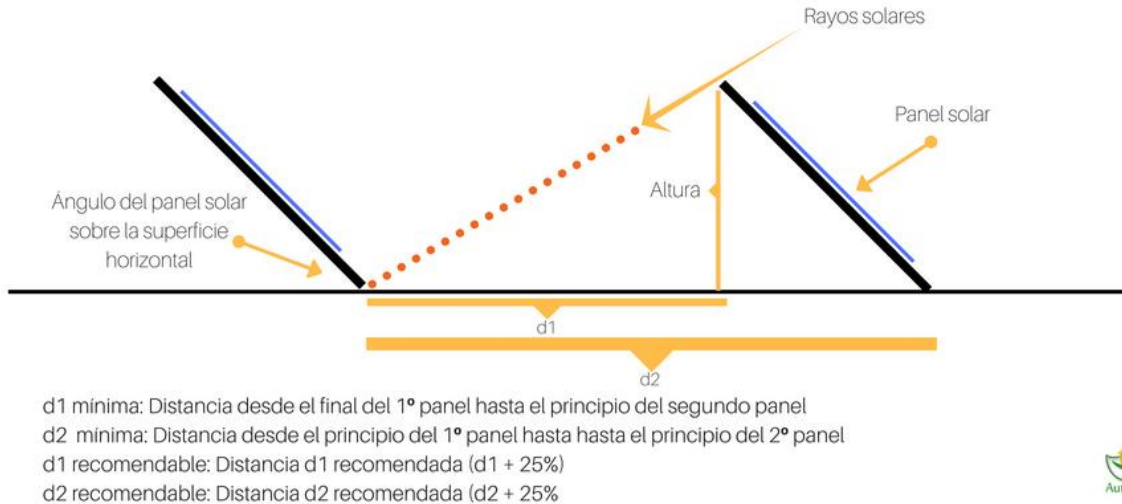


Ilustración 34: Esquema de las distancias recomendadas entre placas solares. Fuente: Autosolar

Para verificar que no se forman sombras entre placas hay que calcular la mínima separación entre ellas con las siguientes fórmulas:

$$d = \frac{h}{\tan(61 - \text{latitud})} = k * h = \frac{0,4}{\tan(61 - 16.55)} = 0,4 \text{ m}$$

Donde el coeficiente k resulta: $k = \frac{1}{\tan(61 - \text{latitud})} = 1$

El coeficiente “k” se puede hallar con esta fórmula o también se puede encontrar tabulado en función de la inclinación con la horizontal (15º) y la longitud de la placa solar (1,56 m).

Por lo tanto la separación mínima entre placas estimada resulta de 0,4 metros.

A continuación se muestra unas vistas de la estimación de la instalación de las placas solares en el tejado con el programa Autocad.

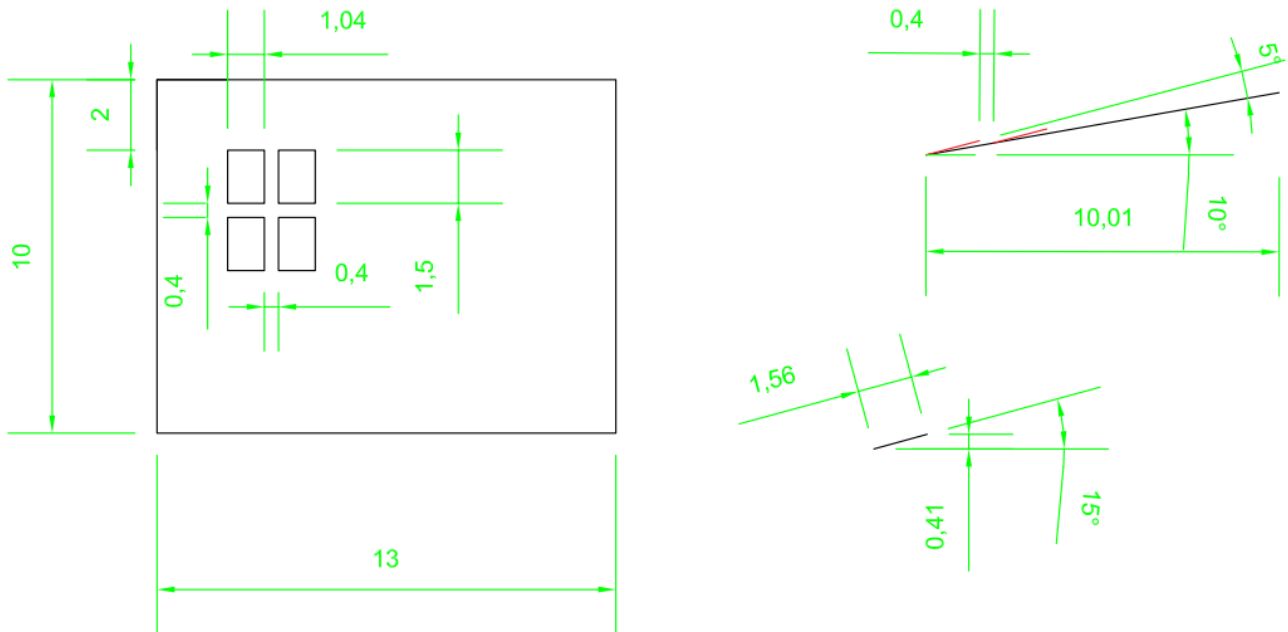


Ilustración 35: Vistas de alzado y planta de instalación en el tejado. Fuente: Autocad



UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS
Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)

3) MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

3.1) MANTENIMIENTO DE LOS MÓDULOS SOLARES

Los módulos solares fotovoltaicos están fabricados con silicio, el cual es un material muy resistente ante condiciones meteorológicas adversas. En la mayoría de los casos los módulos solares se limpian directamente con el agua de la lluvia. Sin embargo, en zonas con alta contaminación, suciedad, polvo o viento, el rendimiento puede bajar e incluso podría llegar a verse su producción afectada un 15%. Por ello conviene limpiar los paneles con una esponja y agua dos veces al año.

En el caso del granizo; como ya se ha dicho, las placas solares son muy resistentes a este tipo de daños meteorológicos, aunque en el caso de algún daño, las garantías lo cubrirían.

En el caso de la nieve es importante que para evitar su acumulación, el ángulo de dichas placas sea superior a 15°. Además, el rápido derretido favorece que no se acumule en las placas. Afortunadamente, este no será un gran problema en Mount Darwin.



Ilustración 36: Limpieza de la suciedad de los paneles solares. Fuente: Generatuluz

3.2) MANTENIMIENTO DE LA BATERÍA

Las baterías solares fotovoltaicas se ven gravemente dañadas si están expuestas de forma directa al Sol, hay una elevada temperatura y alta radiación solar sobre ella. Esto se debe a que la propia temperatura de la batería se calienta paulatinamente conforme se va descargando, por lo que el efecto de un calor añadido podría entorpecer su rendimiento.

Respetar los parámetros propios de la batería y sus aplicaciones de uso hacen que la propia batería alargue su vida útil. Si estos parámetros no se cumplen, su vida útil se podría ver gravemente afectada y reducirse.

Con el objetivo de que la batería no se vea afectada en la instalación se recomienda que esté siempre por encima del 70% de la carga.

También es muy importante la limpieza de los bornes. Estos se deben limpiar con un pañuelo limpio y seco, y antes de realizar las conexiones. Dichos bornes nunca se

deben juntar, porque daría lugar a un cortocircuito. Esta limpieza se hace principalmente para evitar la sulfatación en la capa exterior de los bornes, que perjudicaría al nivel de electrolito y dificultaría el paso de la corriente. Esto se debería de hacer con un cepillo con pelos de latón.

Por otro lado cabe señalar el importante mantenimiento del nivel de líquido de la batería, ya en su reacción química se evaporará agua con lo cual se deberá añadir para mantener el buen funcionamiento de la batería.



Ilustración 37: Acumulación de sulfato en los bornes de la batería. Fuente: Comercial Caravanning

3.3) MANTENIMIENTO DEL INVERSOR SOLAR

Para el correcto funcionamiento de un inversor es fundamental que las baterías estén en un buen estado. Los inversores solares no requieren de mantenimiento especial.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS
Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)

4) ESTUDIO ECONÓMICO

4.1) PRESUPUESTO

Este proyecto no tiene el objetivo de sacar la máxima rentabilidad a la instalación, ya que, como se ha explicado el presupuesto con el que se cuenta para la inversión es limitado. Sin embargo, sí que trata de satisfacer las necesidades básicas y derechos de una persona a trabajar con luz. A continuación se hablará sobre el presupuesto de los elementos más importantes de la instalación, para suministrar la energía solar suficiente para poder abastecer de electricidad al Colegio de Formación de Mount Darwin. Los elementos que no se tendrán en cuenta en esta tabla son el cableado, y los soportes donde se posicionarán los paneles solares, los cuales se tendrán en cuenta más adelante. Resulta obvio decir que algunos precios son una estimación porque no se sabe hasta qué punto pueden variar, como son por ejemplo la mano de obra, el mantenimiento... Estos dos costes son los más imprevisibles, aunque no suponen un coste grande en comparación con los costes de los equipos. Además se tendrá en cuenta que también los tornillos y material para los soportes constituyen un presupuesto adicional pero menor que el de estos elementos (aunque lo suele poner la comunidad) y que la mano de obra y el mantenimiento generalmente suele ser gratis en este tipo de proyectos salvo que hagan falta profesionales. Más adelante, en el apartado de “*Plan de ejecución*” se hablará sobre una estimación de cuando hará falta un profesional y cuando será suficiente con una persona de la comunidad.

4.1.1) ACTIVOS FIJOS:

Costes directos:

Estos costes están formados por aquellos costes que tienen que ver con la mano de obra, la compra de materiales, equipos de la instalación, y todo aquello que tenga que ver con la instalación permanentemente. Aproximadamente estos costes son un 90% de la instalación teniendo en cuenta que la comunidad pondrá muchas facilidades a la hora de la mano obra y herramienta. Estas personas voluntarias de la comunidad de Mount Darwin suponen un ahorro increíble a la hora de contratar a obreros.

ELEMENTO	MARCA	COSTE (€)	PORCENTAJE (%)
Módulos solares	AutoSolar	542,32	41
Inversor	Phoenix	175	13
Regulador	Must	27,23	2
Batería	Ultracell	275,38	21
Cableado	-	100	7
Mano de obra	-	70	5
Soporte de las placas	-	103	8
Excavación para el cableado	-	45	3
	TOTAL	1337,93	

Tabla 5: Análisis del presupuesto de la inversión de la instalación

Presupuesto de los costes directos de la instalación: 1337,93€

Como se ha dicho anteriormente, los costes de cableado, mano de obra, soporte de placas y excavación para el cableado, son una estimación.

A la vista de los resultados se puede observar que el coste de los paneles solares constituye el 53.17% del coste de los elementos eléctricos, y que sorprende que el coste de baterías sea tan bajo en una instalación fotovoltaica aislada, donde debería ser el principal coste de toda la instalación. Sin embargo, según los cálculos esa batería está correctamente dimensionada y elegida.

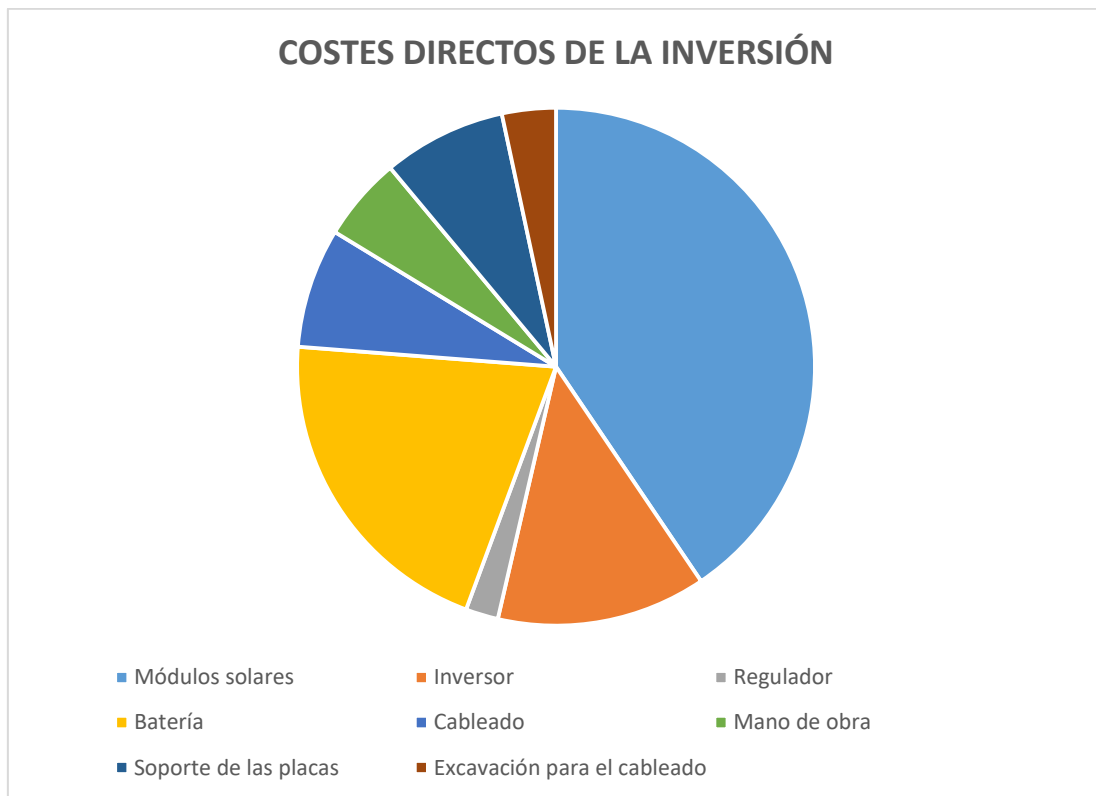


Ilustración 38: Costes directos de la inversión. Fuente: Propia

Costes indirectos:

Son aquellos gastos de la inversión que tienen que ver con la instalación pero no de forma permanente, como puede ser por ejemplo el almacenaje de los equipos, mantenimiento de la instalación, aprovisionamiento de los equipos... Estos costes consisten en aproximadamente un 10% del total de la inversión



UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS
Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICA I)

4.2) FINANCIACIÓN DEL PROYECTO

Dado que el proyecto se considera íntegramente benéfico, la inversión de la instalación no corre a cargo del orfanato, sino que se financia a través de crowfundings, donaciones externas... Con todas estas acciones benéficas se ha conseguido recaudar bastante dinero a través de la ONG de “Child Future Africa”, que ha colaborado con nosotros intentando participar en concursos donde se otorgaba a distintas ONG’s una financiación para este tipo de proyectos. Estas fiestas y torneos benéficos se han llevado a cabo gracias a “Project Zimbabwe”.

La primera fiesta benéfica que se organizó fue el 30 de enero, y supuso un gran impulso inicial. Se vendieron cerca de 300 entradas, lo que significó una ayuda de más de 3000€.



Ilustración 39: Fiesta benéfica del día 30 de enero. Fuente: Project Zimbabwe

Posteriormente, el día 27 de febrero se organizó un torneo de fútbol 7 solidario en el que se recaudó 140€ por cada equipo inscrito.



Ilustración 40: Torneo de futbol solidario del 29 de febrero. Fuente: Project Zimbabue

También, a principios de 2020 se contactó con una empresa que se dedica a fabricar pulseras y con otra para la fabricación de camisetas. Los diseños de ambas prendas las elaboramos entre todos los que hacíamos un proyecto en Zimbabue. Cada uno se encargaba de recaudar dinero de una forma. Había algunas personas que contactaron con su colegio para ver si nos podían financiar una parte del material

necesario para los proyectos, otros con una hucha en la consulta médica de su madre... En la siguiente fotografía se observa cómo son las camisetas y las pulseras que se encargaron.



Ilustración 41: Venta benéfica de camisetas y pulseras. Fuente: Project Zimbabue

Aparte de todas estas acciones benéficas, las empresas y particulares ejercieron un papel fundamental, ya que sin ellas estos proyectos no podrían haberse llevado a cabo. Sin embargo; debido al COVID19 no se ha podido recaudar dinero por parte de las empresas, aunque el año que viene se retomará el contacto con las empresas.

5) PLAN DE EJECUCIÓN

Para poner en marcha la instalación hay que tener en cuenta una serie de pasos antes del montaje:

1º) Estudio del tejado de la clínica:

Antes de realizar cualquier proceso de montaje de la instalación es importante señalar que habrá una persona encargada de supervisar que no hay ningún defecto que no tendrá que ser una persona especializada, por lo que puede ser una persona de la comunidad y así el precio resulta más económico, en este caso gratis.

2º) Estudio del soporte de las placas solares:

Posteriormente será necesario hacer un estudio detallado de los soportes de las placas para ver en qué posición colocarlas, cómo colocarlas, donde hacer los taladros para los tornillos... Esta tarea la debe de llevar a cabo una persona de la comunidad también, ya que a priori no parece una tarea muy elaborada.

3º) Estudio y preparación del terreno próximo:

El último estudio necesario consiste en verificar que aunque los caminos sean de ambiente rural y poco desarrollados, deberán cumplir con los requisitos mínimos para garantizar el correcto transporte del material comprado para la instalación eléctrica. También será necesario decidir un lugar adecuado para almacenar el material de la instalación hasta que sea necesario para la puesta a punto.

4º) Montaje de los soportes de los paneles:

En esta fase será necesario el montaje de los soportes sobre el tejado de la clínica donde se van a posicionar los paneles solares. Esta tarea la puede llevar a cabo una persona no especializada también. También se debe tener cuidado con la fragilidad de

los materiales más delicados a la hora de almacenarlos en alguna nave, para evitar daños mayores.

5º) Montaje de los paneles solares sobre los soportes:

El montaje de los paneles se realizará después de haber montado los soportes. Aquí será importante encajar de forma los tornillos correctamente con los soportes para que los paneles se queden completamente fijos y no se puedan ver dañados por algún fenómeno meteorológico extremo. Aquí será importantísimo tener cuidado con la inclinación de los paneles solares. Estos paneles deben de estar formando 15º con la horizontal, y consecuentemente 5º con el tejado, el cual ya forma 10º con la horizontal. Esto, como ya se comentó anteriormente, se realizará para aumentar el rendimiento de la instalación y la producción de electricidad. Los paneles quedarán orientados hacia el norte. Además también será vital medir las distancias entre placas para evitar las sombras con la distancia que se ha señalado anteriormente con las fórmulas empleadas. En este caso se podrían separar mucho las placas porque el tejado tiene mucha superficie, aunque se ha decidido optar por la opción de juntarlas lo máximo posible para una posible ampliación de la instalación futura donde se necesite un número de placas solares mayor.

6º) Montaje del resto de elementos eléctricos de la instalación:

Esta fase es la que más dificultades tiene, por lo que haría falta probablemente alguna persona especializada en instalaciones eléctricas. Se debe de encargar de instalar la batería, el inversor solar, y el regulador de carga.

7º) Colocación del cableado y su correspondiente conexionado:

Por último será imprescindible montar el cableado de la instalación correctamente. Para ello hará falta también una persona de la comunidad que tenga conocimientos avanzados en cableado de una instalación eléctrica.

5.1) MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN

A la hora de hacer el estudio previo del tejado, instalar los soportes y las placas, será necesario que las personas encargadas de subir al tejado lo hagan de forma cautelosa. También deben de tener cuidado con los aparatos eléctricos y se recomienda llevar guantes de protección, casco y arnés a la hora de subirse al tejado para evitar cortocircuitos y caídas dolorosas. Por ello todos los individuos encargados de la instalación deben de cumplir con las normas de seguridad.

Por otro lado, para evitar posibles daños futuros se decidirá prestar especial atención a cada uno de los elementos de la instalación y guardarlos en algún rincón encerrados para evitar robos o descargas eléctricas.

5.6) CONCLUSIONES

Antes de empezar a realizar el proyecto se ha realizado un estudio sobre lo importante que sería una mejora en la energía eléctrica y el desarrollo en la zona de Mount Darwin. La irradiancia solar en el país de Zimbabue en los próximos años se espera que juegue el papel más importante en este proyecto.

Este proyecto se realizará para que las personas del centro de formación puedan trabajar con luz y por lo tanto con más comodidad. Se espera recibir una respuesta de gran relevancia para la zona por la inversión planteada. Con esta electrificación se conseguirá también que los estudiantes puedan estar en el centro durante más horas y puedan conseguir una mejor formación. También se conseguirá mejorar la calidad de vida y se espera conseguir lograr los objetivos ODS tanto de repercusión directa como inversa señalados anteriormente.

Por otro lado, la ventaja de la red aislada propuesta en este proyecto permitiría a la instalación almacenar electricidad en la batería para los casos en los que hay más producción que demanda y serviría de gran utilidad para los días en los que por condiciones meteorológicas no se puede conseguir la electricidad prevista.

También se ha pensado en una posible ampliación futura de la instalación para el caso de que resulte una buena inversión en función de las necesidades de carga del centro de formación.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS
Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)

7) FICHAS TÉCNICAS

Inversores Phoenix

250VA – 1200VA 230V y 120V, 50Hz o 60Hz

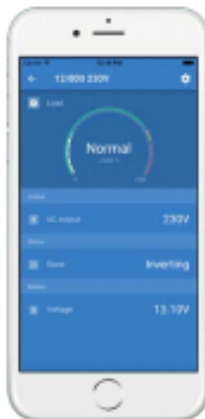
www.victronenergy.com



Phoenix 12/375 VE.Direct



Phoenix 12/375 VE.Direct



Puerto de comunicación VE.Direct

El puerto VE.Direct puede conectarse a:

- Un ordenador (se necesita un cable de interfaz VE.Direct a USB)
- Smartphones Apple y Android, tabletas, mackbooks y demás dispositivos (se necesita una mochila VE.Direct a Bluetooth Smart)

Totalmente configurable:

- Niveles de disparo de la alarma y restablecimiento por tensión baja de la batería.
- Niveles de desconexión y reinicio por tensión baja de la batería.
- Desconexión dinámica: nivel de desconexión dependiente de la carga
- Tensión de salida 210 - 245V
- Frecuencia 50 Hz o 60 Hz
- On/off del modo ECO y sensor de nivel del modo ECO

Seguimiento:

- Tensión y corriente de entrada/salida, % de carga y alarmas

Fiabilidad probada

La topología de puente completo más transformador toroidal ha demostrado su fiabilidad a lo largo de muchos años.

Los inversores están a prueba de cortocircuitos y protegidos contra el sobrecalentamiento, ya sea debido a una sobrecarga o a una temperatura ambiente elevada.

Alta potencia de arranque

Necesaria para arrancar cargas como convertidores para lámparas LED, halógenas o herramientas eléctricas.

Modo ECO

En modo ECO, el inversor se pondrá en espera cuando la carga descienda por debajo de un valor predeterminado (carga mínima: 15W). Una vez en espera, el inversor se activará brevemente (ajustable; por defecto: cada 2,5 segundos). Si la carga excede el nivel predeterminado, el inversor permanecerá encendido.

Interruptor on/off remoto

Se puede conectar un interruptor On/Off remoto a un conector bifásico o entre el positivo de la batería y el contacto de la izquierda del conector bifásico.

Diagnóstico LED

Por favor, consulte el manual para obtener su descripción.

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

Para nuestros inversores de menor potencia recomendamos nuestro conmutador de transferencia automático Filax. El tiempo de conmutación del "Filax" es muy corto (menos de 20 milisegundos), de manera que los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción.

Disponible con tres tomas de corriente distintas



Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont. a 25°C (1)		250VA	375VA	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C		200 / 175W	300 / 260W	400 / 350W	650 / 560W	1000 / 850W
Pico de potencia		400W	700W	900W	1500W	2200W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)		230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%				
Rango de tensión de entrada		9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V				
Desconexión por CC baja (ajustable)		9,3 / 18,6 / 37,2V				
Dinámica (dependiente de la carga)		Desconexión dinámica, ver				
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)		https://www.victronenergy.com/live/ve-direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff				
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)		10,9 / 21,8 / 43,6V				
Detector de batería cargada (ajustable)		14,0 / 28,0 / 56,0V				
Eficacia máx.		87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%
Consumo en vacío		4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)		0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO		Ajustable				
Protección (2)		a - f				
Rango de temperatura de trabajo		-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)				
Humedad (sin condensación)		máx. 95%				
CARCASA						
Material y color		Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)				
Conexión de la batería		Bornes de tornillo				
Sección de cable máxima:		10mm ² / AWG8	10mm ² / AWG8	10mm ² / AWG8	25/10/10mm ² / AWG4/B/B	35/25/25 mm ² / AWG 2/4/4
Tomas de corriente CA estándar		230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R				
Tipo de protección		IP 21				
Peso		2,4kg / 5,3lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8,5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)		86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4.1 x 8.5 x 12.1 (12V modelo: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4.6 x 9.1 x 12.9 (12V modelo: 117 x 232 x 362)
ACCESORIOS						
On/Off remoto		Sí				
Conmutador de transferencia automático		Filax				
ESTÁNDARES						
Seguridad		EN-IEC 60335-1 / EN-IEC 62109-1				
EMC		EN 55014-1 / EN 55014-2 / IEC 61000-6-1 / IEC 61000-6-2 / IEC 61000-6-3				
Directiva de automoción		ECE R10-4				
1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1						
2) Claves de protección:						
a) cortocircuito de salida						
b) sobrecarga						
c) tensión de la batería demasiado alta						
d) tensión de la batería demasiado baja						
h) temperatura demasiado alta						
f) ondulación CC demasiado alta						

PANEL SOLAR 200W 72 CÉLULAS POLICRISTALINO

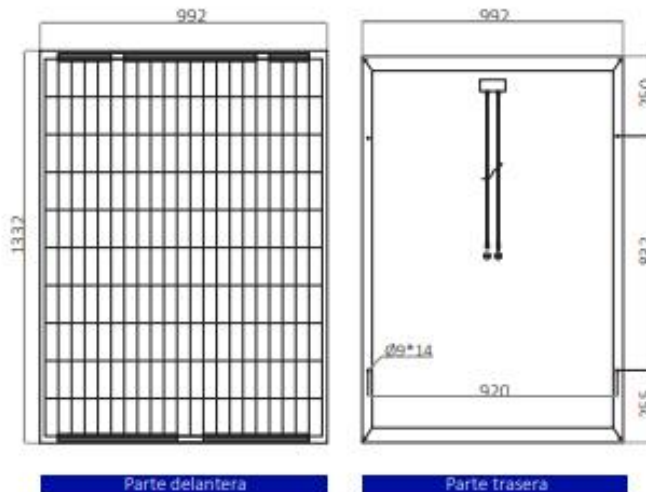
BSP200P

Características

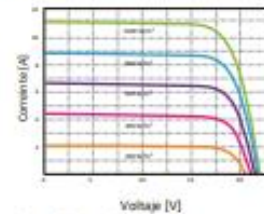
Tamaño del módulo	1332 x 992 x 35 mm
Células	72 piezas policristalinas (104 x 156 mm)
Potencia máxima (Wp)	200W
Cable	90cm, 4mm ²
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.7V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	11.86A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	18.2V
Intensidad a máxima potencia (Im)	11A
Condiciones del test	1000W/m ² , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura - Isc	+0.08558%
Coefficiente temperatura - Uoc	-0.29506%
Coefficiente temperatura - Pmpp	-0.38001%
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	15.1%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	14.2Kg
Garantía del producto	10 años
Garantía de potencia	25 años



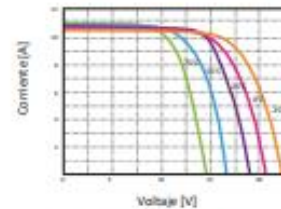
Esquemas



Curvas



Características de los módulos a temperaturas constantes de 25°C y niveles variables de irradiación



Características de los módulos a temperaturas variables e irradiación constante de 1000W/m²

Solar System



Modelo: PC1500B-60DU

PC1500B Series PWM - Regulador carga solar

Características:

- En intensidades 10A 20A 30A 40A 50A 60A.
- Pantalla LCD de fácil lectura.
- Operación sencilla por botones.
- Detección automática de voltaje del sistema.
- Algoritmo carga inteligente PWM.
- Protección ajustable carga-descarga.
- Compensación automática por temperatura.
- Selección de tecnología de batería.
- Protección de corriente inversa de batería.
- Desconexión de batería por bajo voltaje (LVD).
- Protección polaridad invertida en batería.
- Protección por sobre-voltaje.
- Puertos para carga USB en modelos hasta 40A.

Introducción:

Este regulador solar de carga y descarga inteligente tiene una interfaz sencilla y visual gracias a su pantalla LCD de grandes dimensiones. Muchos parámetros de control se pueden ajustar con gran flexibilidad en función de nuestros requisitos.

LCD Información Display



1. Terminal positivo fotovoltaico
- Terminal negativo fotovoltaico
- Terminal positivo batería
- Terminal negativo batería
- Terminal carga CC positivo
- Terminal carga CC negativo
4. Pantalla LCD

Nº	Pulsación	Función
5	Corta	Seguiente visualización, Incremento mientras está en ajustes
	Larga (>3 s)	Incremento continuo mientras está en ajustes
6	Coma	Visualización previo, Decremento mientras está en ajustes
	Larga (>3 s)	Decremento continuo mientras está en ajustes
7	Corta	Interruptor consumo C.C. Entre configuración / guardar
	Larga (>3 s)	Entrar al menú secundario

Detalles internos



Estabilidad, gran eficiencia, Integración



Diseño de circuitería optimizado

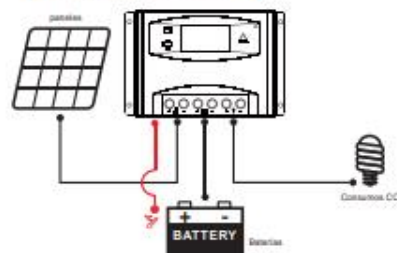


SCM Diseño robusto y fiable



Monitor de gran calidad

Conexión al sistema solar:



Funciones:

- LED pantalla LCD
- 12V/24V Autodetección
- PWM
- Configuración
- Protecciones
- Carga USB

PWM Solar Charge Controller

PC1500B SERIES Controladores



Modelos: PC1500B-10 y 20A



Voltage trabajo: 12-24V Auto-detección
Corriente carga: 10A y 20A
Puertas USB: 5V, 1A x 2
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-30 y 40A



Voltage trabajo: 12-24V Auto-detección
Corriente carga: 30A y 40A
Puertas USB: 5V, 1A x 2
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-60D / 604RD

Voltage: 12-24V Auto-detección y modo 48V
Corriente carga: 60A
Tamaño LCD: 2.4"



Modelos: PC1500B-60D / 604RD

Voltage: 12-24V Auto-detección y modo 48V
Corriente carga: 60A
Tamaño LCD: 2.4"

Aplicación



Sistemas portátiles, embarcaciones & motor



Alimentación sistema solar casero



Granja solar de generación

Modelo	PC1500B-10-20	PC1500B-30-40	PC1500B-60-60D	PC1500B-60-604RD	
Entrada	Voltage Fv				±55V
	Intensidad nominal				10A 20A 30A 40A 50A 60A 60A 60A
	Voltage sistema				12/24V Auto
	Descarga por alto voltage				16.60V x 1 x 1 x 3 x 4 (0.5V)
	Intensidad descarga nominal				10A 20A 30A 40A 50A 60A 60A 60A
	Autocorriente				±13mA ±25mA
	Caída de tensión circuito carga				±0.24V ±0.25V
	Caída de tensión circuito descarga				±0.10V ±0.10V
	Modo de carga				PWM 4 etapas carga, absorción, flotación, recarga
	Voltage Carga Flotación				13.8V (13V-15V) 1 x 1 x 2 x 3 x 4
Salida	Voltage Carga Absorción				14.4V (13V-15V) 1 x 1 x 2 x 3 x 4
	Voltage Carga Esculización				14.8V (13V-15.5V) 1 x 1 x 2 x 3 x 4
	Protección Bajo Voltage				10.7V (10V-14V) 1 x 1 x 2 x 3 x 4
	Reconstrucción Bajo Voltage				12.8V (10V-14V) 1 x 1 x 2 x 3 x 4
	Salida USB				5V, 1A x2 No tiene ±1500mA
	Sección cableado				±60mm ² ±100mm ² ±100mm ² ±100mm ²
	Temperatura trabajo				-20°C-60°C
Características físicas	Tamaño (L x W x H)				188 x 56 x 46.5mm 196 x 111 x 54mm
	Peso neta				355g 407g



UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS
Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)

8) BIBLIOGRAFÍA

[1] *Sfe-solar.com*. 2020. *Tipos De Placas Solares | Según Tecnología Y Aplicaciones*. [online] Available at: <<https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/tipos/>>

[2] *Zimbabwe*. (2020). Zimbabwe.< <https://es.wikipedia.org/wiki/Zimbabwe>>

[3] *Autosolar*. (2020). Autosolar. < <https://autosolar.es/>>

[4] *EU Science Hub - European Commission*. 2020. *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - EU Science Hub - European Commission*. [online] Available at: <<https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>>

[5] *EU Science Hub - European Commission*. 2020. *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - EU Science Hub - European Commission*. [online] Available at: <<https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>>

[6] *Ingelibre*. 2020. *Inclinación Óptima De Placas Fotovoltaicas*. [online] Available at: <<https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/01/09/inclinacion-optima-de-placas-fotovoltaicas/>>

[7] *Energética XXI, revista de noticias de energía, biomasa, eólica, fotovoltaica, solar, autoconsumo*. 2020. *Axpo Abastece De Electricidad A Un Colegio En Camerún -*

RSC. [online] Available at: <<http://energetica21.com/noticia/axpo-abastece-de-electricidad-a-un-colegio-en-camerun>>

[8] *Kurioso. 2020. El Niño Africano Que Construía Molinos De Viento.* [online] Available at: <<https://kurioso.es/2009/07/29/el-nino-africano-que-construyo-su-molino-de-viento/>>

[9] *Energy News. 2020. La ONG Energía Sin Fronteras Instala Paneles Fotovoltaicos En Una Ecoaldea En Kenia, Para Huérfanos Del SIDA - Energy News.* [online] Available at: <<https://www.energynews.es/la-ong-energia-sin-fronteras-instala-paneles-fotovoltaicos-en-una-ecoaldea-en-kenia-para-huerfanos-del-sida/>>

[10] *Google Maps. 2020. 16°33'00.0"S 31°31'29.1"E. 2020. 16°33'00.0"S 31°31'29.1"E.* [online] Available at: <<https://www.google.es/maps/place/16%C2%B033'00.0%22S+31%C2%B031'29.1%22E/@-16.5573789,31.469417,22259m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-16.550002!4d31.52476?hl=es>>

[11] *Sfe-solar.com. 2020. Puesta A Tierra De Instalaciones Fotovoltaicas.* [online] Available at: <<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/puesta-a-tierra-de-instalaciones-con-placas-solares/>>

[12] *Hogarsense.es*. 2020. *Mantenimiento Placas Solares*. [online] Available at:

<<https://www.hogarsense.es/energia-solar/mantenimiento-placas-solares>>

[13] *Autosolar.es*. 2020. *Diferencias Entre Monocristalino Y Policristalino*. [online]

Available at: <<https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/diferencias-entre-silicio-monocristalino-y-multicristalino-o-policristalino>>

[14] BLOG *Tecnosol*. 2020. *Distancia Entre Filas De Paneles Solares. Cómo Evitar El Sombreado | Tecnosol Tienda Online De Energía Solar*. [online] Available at:

<<https://tecnosolab.com/noticias/distancia-entre-filas-de-paneles-solares/#:~:text=Si%20observamos%20la%20tabla%201,un%20coeficiente%20k%20de%20%2C475.&text=Por%20tanto%20necesitamos%20una%20distancia,de%20paneles%20de%201%2C40m.>>