



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Análisis de la viabilidad y dimensionado de
instalaciones de electrificación rural aislada por medio
de energías renovables en poblados de Filipinas

Autor: IGNACIO IBÁÑEZ ARANGUREN

Director: SANTIAGO MIRABAL MONTERO

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Análisis de la viabilidad y dimensionado de

instalaciones de electrificación rural aislada por medio de energías renovables en

poblados de Filipinas

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2020/2021 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.: Ignacio Ibáñez Aranguren

Fecha: 18/07/2021

Autorizada la entrega del proyecto



EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Santiago Mirabal Montero

Fecha: 18/07/2021



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Análisis de la viabilidad y dimensionado de
instalaciones de electrificación rural aislada por medio
de energías renovables en poblados de Filipinas

Autor: IGNACIO IBÁÑEZ ARANGUREN

Director: SANTIAGO MIRABAL MONTERO

Madrid

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD Y DIMENSIONADO DE INSTALACIONES DE ELECTRIFICACIÓN RURAL AISLADA POR MEDIO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN POBLADOS DE FILIPINAS

Autor: Ibáñez Aranguren, Ignacio

Director: Mirabal Montero, Santiago.

Entidad Colaboradora: MRC-Consultants and Transaction Advisers

RESUMEN DEL PROYECTO

En el mundo que nos rodea, el acceso a la energía es una cuestión vital para satisfacer las necesidades propias de cualquier comunidad. Es por eso por lo que no se trata de un bien exclusivo para los países ricos sino de un recurso que debería de estar al alcance de todos para incrementar la productividad, la economía, y a su vez reducir la pobreza y mejorar la salud.

El objetivo de este proyecto es terminar con la pobreza energética que tienen en Filipinas para así poder ayudar en el cumplimiento de los desarrollos sostenibles de la OMS[1]. Una de las formas de conseguirlo es por medio de las energías renovables, en concreto en este proyecto nos centramos en la posibilidad de la implantación de instalaciones fotovoltaicas en los poblados de Pulang Bato y Gilutongan.

Para llevar a cabo el estudio, hemos necesitado de la inestimable ayuda de personas en Filipinas que nos proporcionaban la información que requeríamos de las zonas de trabajo.

Definición del proyecto:

Este proyecto se ha dividido en dos partes. La primera parte se ha basado en la búsqueda de la localización donde hacer la instalación, realizar un estudio actual de los poblados y a su vez obtener los datos de consumo de las zonas de estudio, así como la radiación solar que llega a la zona.

La segunda parte hemos desarrollado un estudio de las posibilidades de hacer una instalación conectada a red o realizar una instalación aislada asistida por baterías. También en este punto hemos definido los componentes que vamos a utilizar.

Descripción del modelo y componentes

En este TFG el modelo a utilizar será el modelo Off-Grid, es decir, una instalación aislada por medio de baterías.

Nuestra instalación será la mostrada en la siguiente figura: obtenida por medio de la página web *suriaenergy* [2].

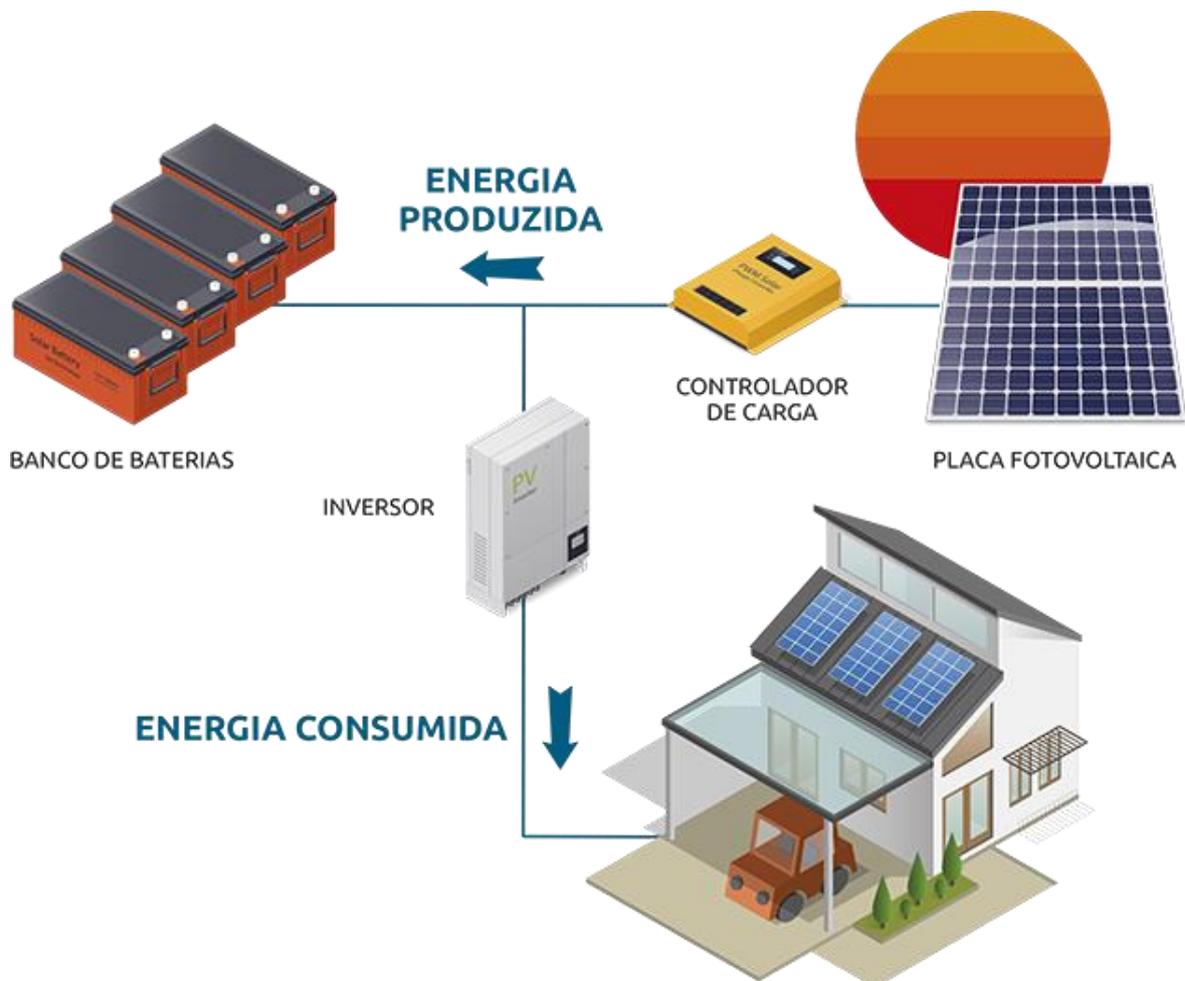


Figura 1: Instalación Off-Grid

Nuestro proyecto constara de 4 elementos fundamentales: módulos fotovoltaicos, baterías, reguladores de carga e inversores.

Para saber con exactitud el número de elementos que necesitamos de cada dispositivo, es necesario haber realizado antes el estudio de consumo de los hogares y la radiación procedente del sol, estos datos serán imprescindibles para saber con exactitud el número de módulos fotovoltaicos, este elemento es imprescindible en la instalación ya que es el captador de la radiación solar y encargado de transformarla en electricidad gracias al efecto fotoeléctrico [3].

Una vez conocido el número de módulos que vamos a necesitar hemos realizado el dimensionado nuestras baterías, es decir, asignamos la tensión a la instalación. Al ser un dimensionado muy amplio era conveniente que la tensión fuese de como mínimo de 48V.

Para la realización del estudio del regulador de carga e inversor hemos necesitado la información ya obtenida con anterioridad para ir al mercado y seleccionar el más conveniente para nuestros datos.

Referencias

- [1]. www.undp.org último acceso 21/07/2021
- [2]. www.suriaenergy.com/instalaciones-solares/ último acceso: 22/07/2021
- [3]. www.sfe-solar.com último acceso: 22/07/2021

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY AND SIZING OF ISOLATED RURAL ELECTRIFICATION INSTALLATIONS USING RENEWABLE ENERGIES IN VILLAGES IN THE PHILIPPINES.

Author: Ibáñez Aranguren, Ignacio

Director: Mirabal Montero, Santiago.

Collaborating Entity: MRC-Consultants and Transaction Advisers

PROJECT SUMMARY

In today's world, access to energy is a vital issue to satisfy the needs of any community. That is why it is not an exclusive good for rich countries but a resource that should be available to everyone to increase productivity, economy, and to reduce poverty and improve health.

The objective of this project is to help end energy poverty in the Philippines in order to cooperate in the fulfillment of the OMS sustainable development goals [1]. This will be achieved through renewable energy as alternative. Specifically in this project we focus on the possibility of implementing photovoltaic installations in the villages of Pulang, Bato, and Gilutongan.

In order to carry out the study, we have needed the appreciated help of local people in the Philippines who provided us with the information we required from the work areas.

Project definition:

This project has been divided into two parts. The first part has been based on the search of the location where to make the installation, to carry out a current study of the villages and, at the same time, to obtain the consumption data of the study areas as well as the solar radiation that reaches the area.

In the second part we have developed a study of the possibilities of making the installation connected to the grid or to make an off-grid installation supported by batteries. Furthermore,

we have defined the components that we are going to use, as their study and number of units to be used.

Description of the model and components

In this study the model to used was the *Off-Grid model*, that is, an isolated installation by means of batteries.

Our installation will be the one shown in the following figure: obtained from the website *suriaenergy* [2].

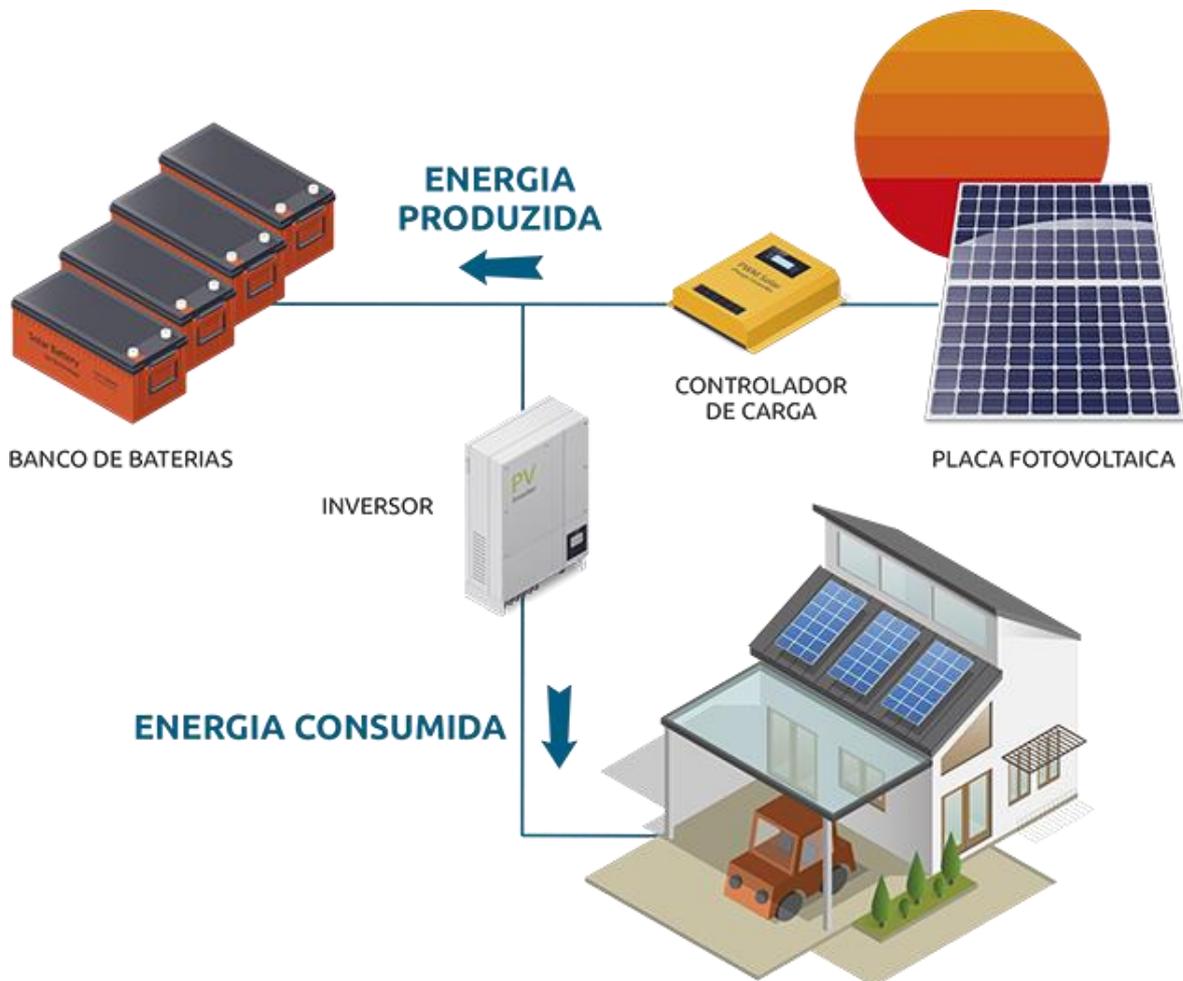


Figura 2: Installation Off-Grid

Our project consists of four fundamental elements: photovoltaic modules, batteries, charge controllers and inverters.

To know exactly the number of elements we need of each device, it is necessary to have previously made the study of household consumption and radiation from the sun. These data will be essential to know exactly the number of photovoltaic modules. The photovoltaic module is vital in the installation as it is the collector of solar radiation, responsible for transforming it into electricity through the photoelectric effect [3]

Once known the number of modules that we are going to need, we have made the dimensioning our batteries we have decided the voltage of the installation. Being a very large dimensioning, it was convenient that the voltage was at least 48V.

To carry out the study of the charge regulator and inverter we have needed the information already obtained previously to search through the market the most suitable one for our data.

References

- [1]. www.undp.org último acceso 21/07/2021
- [2]. www.suriaenergy.com/instalaciones-solares/ último acceso: 22/07/2021
- [3]. www.sfe-solar.com último acceso: 22/07/2021

Índice de la memoria

Capítulo 1. Justificación.....	16
Capítulo 2. Motivación y Objetivos del Proyecto.....	18
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	20
Capítulo 4. Situación de los Barangay	21
4.1 Pulang Bato	21
4.1.1 Demanda Eléctrica.....	23
4.1.2 Recurso Solar	26
4.2 Gilutongan.....	30
4.2.1 Demanda Eléctrica.....	32
4.2.2 Recurso Solar	33
Capítulo 5. Elementos en una planta solar fotovoltaica	37
5.1 Elementos comunes.....	37
5.2 Elementos no comunes.....	38
5.3 Elección Modulo Fotovoltaico	39
Capítulo 6. Dimensionado de la instalación.....	49
6.1 HORA SOLAR PICO	49
6.2 CALCULO DE LOS MODULOS SOLARES.....	49
6.2.1 PULANG BATO.....	49
6.2.2 GIULUTONGAN.....	51
6.3 ELECCIÓN DE EQUIPOS	52
6.3.1 Baterías	55
6.3.2 Regulador de Carga.....	61

6.3.3 Inversores	65
Capítulo 7. Bibliografía.....	71
ANEXO I METAS DESARROLLO SOSTENIBLE	72
ANEXO II: MODULO SOLAR	75
ANEXO III: BATERÍA UZS600-6.....	76

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Distribución de las energías utilizadas en Filipinas	20
Ilustración 2: Grupos de edad agregados	22
Ilustración 3: Vista aérea de Pulang Bato I	22
Ilustración 4: Vista aérea de Pulang Bato II	23
Ilustración 5: Clases del colegio Pulang Bato	24
Ilustración 6: Entorno de trabajo del proyecto POWER de la NASA	26
Ilustración 7: Tipos de radiación solar	27
Ilustración 8: Radiación solar directa en Pulang Bato	28
Ilustración 9: Radiación solar difusa Pulang Bato	29
Ilustración 10: Situación geográfica de Gilutongan I	31
Ilustración 11: Situación geográfica de Gilutongan II	31
Ilustración 12: Área de Gilutongan	32
Ilustración 13: Entorno de trabajo para Gilutongan	34
Ilustración 14: Radiación solar directa Gilutongan	34
Ilustración 15: Radiación solar difusa Gilutongan	35
Ilustración 16: Modulo fotovoltaico e inversor	37
Ilustración 17: Controlador de carga y batería	38
Ilustración 18: Ejemplo de panel solar monocristalino	40
Ilustración 19: Estructura interna de una célula monocristalina	40
Ilustración 20: Ejemplo de panel solar policristalino	41
Ilustración 21: Estructura interna de una célula policristalina	42
Ilustración 22: Mejores paneles de 2019 según su eficiencia	44
Ilustración 23: Resultado de los test realizados	47
Ilustración 24: Instalación On-Grid	53
Ilustración 25: Instalación Off-Grid	54

Ilustración 26: Vida útil de una batería solar.....	56
Ilustración 27: Energía suministrada según la velocidad de descarga.....	57
Ilustración 28: Nivel de carga para baterías de 12 V.....	58
Ilustración 29: Nivel de carga para baterías de 24 V.....	58
Ilustración 30: Nivel de carga para baterías de 48 V.....	59
Ilustración 31: Etapas del regulador de carga en función del tiempo y el estado.....	63
Ilustración 32: Modelo de inversores según su instalación.....	66
Ilustración 33: Marcas de inversores.....	68

Índice de tablas

Tabla 1: Demanda eléctrica por hogar en Pulang Bato	24
Tabla 2: Demanda total en los hogares de Pulang Bato	24
Tabla 3: Demanda eléctrica por clase en Pulang Bato	25
Tabla 4: Demanda total en el colegio de Pulang Bato.....	25
Tabla 5: Demanda total en Pulang Bato	25
Tabla 6: Distribución mensual de la radiación solar directa en Pulang Bato	28
Tabla 7: Distribución mensual de la radiación difusa en Pulang Bato	29
Tabla 8: Distribución mensual de la radiación total en Pulang Bato	30
Tabla 9: Demanda eléctrica por hogar y mensual en Gilutongan.....	33
Tabla 10: Demanda total por hogar en Gilutongan	33
Tabla 11: Distribución mensual de la radiación solar directa en Gilutongan.....	35
Tabla 12: Distribución mensual de la radiación solar difusa en Gilutongan.....	35
Tabla 13: Distribución mensual de la radiación total en Gilutongan	36
Tabla 14: Potencia simultanea por hogar en Pulang Bato	69
Tabla 15: Potencia simultanea por clase en Pulang Bato	69
Tabla 16: Potencia simultanea por hogar en Gilutongan.....	70

Capítulo 1. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, en el mundo tan dinámico en el que vivimos, existe una gran desinformación sobre la verdadera importancia de la energía, tanto en el ámbito económico como en el social. Muchos conocen el significado práctico de los términos “electricidad”, “luz”, “corriente”, Pero pocos conocen el de “pobreza energética”. Y es que la carencia de energía es una de las principales formas de pobreza del siglo XXI.

La historia de la humanidad nunca ha necesitado de energía eléctrica para avanzar, nos bastaba con la fuerza y el fuego; hasta que se descubrió. Desde entonces y hasta ahora, la humanidad ha evolucionado a pasos agigantados gracias a este gran avance. Así, poco a poco, la energía eléctrica ha pasado de ser un bien dispensable a ser uno necesario.

Sin embargo, no todos los países se encuentran en el mismo nivel en cuanto a abastecimiento de energía. La inminente necesidad de energía eléctrica ha creado una nueva forma de pobreza: la pobreza eléctrica. Mientras estos países carentes sigan sin recibir la energía adecuada y suficiente, serán incapaces de “despegar” económicamente. Todos los países necesitan de una energía moderna, confiable y a precios competitivos. Actualmente, muchos países que cuentan con acceso a electricidad siguen sin tener un servicio fiable. Un ejemplo claro de estos países es Filipinas.

Filipinas es un país que mezcla culturas asiáticas y occidentales geográficamente ubicadas en un archipiélago del océano Pacífico en el sureste de Asia. En él habitan alrededor de 105 millones de personas, repartidas entre sus 7700 islas.

Sin siquiera entrar en detalles, se podría considerar que Filipinas es un país afortunado ya que cuenta con oportunidades de abastecimiento energético. Sin embargo, se estima que 30 millones de filipinos viven con cortes frecuentes en la red eléctrica. Es decir; este abastecimiento sigue dejando mucho que desear.

Tengo la suerte de conocer de primera mano el gran problema que tiene este país con el abastecimiento eléctrico. Durante dos veranos consecutivos, 2018 y 2019, he podido disfrutar durante dos meses, de la mano de la ONG Misión Cebú, este maravilloso país. Fue entonces cuando pude constatar y observar de forma reiterada el mismo problema: numerosos apagones de luz y electricidad durante largos períodos de tiempo. Para los habitantes del país, estos apagones ya forman parte de su día a día, de sus rutinas y de lo que ellos ya consideran normal. Pero no debería ser así, no es lo “normal”.

Animado por este impulso de aportar mi granito de arena para que Filipinas pueda mejorar su calidad de vida, he decidido que el estudio de mi trabajo de fin de grado se centre en Filipinas. Concretamente, este trabajo de investigación se basará en dos localidades: la isla de Gilutongan y una parte de la isla de Biliran llamada la localidad de Pulang Bato.

Capítulo 2. MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Como comenté con anterioridad, he podido vivir de primera mano el problema de los apagones en Filipinas. Durante mi experiencia en el 2019 llevamos a cabo un “mini-proyecto” de energías renovables; transportamos desde Madrid dos paneles solares y adquirimos dos pequeños generadores eólicos que mandamos desde un proveedor en Malasia. Una vez en Filipinas y con la necesidad de encontrar el resto de los productos que necesitábamos encontramos un proveedor en la ciudad de Taclobán (a 4 horas de la aldea Pulang Bato en Bilirán) para conseguir inversores, baterías y controladores solares y eólicos. Este año contamos con este proveedor para todos los equipos pudiendo así acceder a diferentes ofertas y abaratar los costes totales del proyecto.

El objetivo de este proyecto es crear sistemas independientes híbridos de energía solar y eólica. Estos sistemas serán independientes de la red eléctrica pública del gobierno y permitirá a distintas familias tener acceso a electricidad de forma sencilla, barata y segura.

Este proyecto y las ganas de seguir ayudando a la gente local me proporcionaron la motivación suficiente para iniciar este estudio que, ojalá, puede servir para proporcionar una electrificación correcta a diferentes poblados de Filipinas.

El objetivo general de mi proyecto es acercar cada vez más la realidad de una distribución equitativa de la energía, es decir, que la electricidad que llegue a todos sea la adecuada y suficiente para poder elaborar sus actividades cotidianas sin ningún contratiempo, es decir proporcionarles una estabilidad para poder ejecutar su vida sin la preocupación de si van a tener electricidad para cocinar por la noche entre otras labores habituales.

Otra finalidad clara es el empoderamiento de los filipinos. Por mi experiencia personal, he observado una mediocridad en ellos que están acostumbrados a una vida cotidiana con una pobreza energética. Un fin evidente de este proyecto es enseñarles que pueden tener mejores condiciones de vida y que no sean conformistas.

Por último, me gustaría que este proyecto sirviese como guía para futuros avances en la electrificación en poblados rurales y en áreas remotas.

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Las energías renovables son y serán la mayor fuente de energía del futuro. Además, tienen otras ventajas como su localización dónde va a requerirse su uso. En el caso de la energía solar FV, además, son de bajo mantenimiento y fácil uso. Es por esto por lo que considero que nuestro deber como ingenieros es difundir toda la información posible, sobre todo, a aquellos países menos evolucionados y avanzados en esta materia.

Tras la búsqueda de estudios sobre el uso de energías renovables en Filipinas he hallado un artículo publicado por el departamento de energía del gobierno de Filipinas [1], en el que se redacta un informe sobre la situación energética de Filipinas en 2016.

Un dato que me ha llamado mucho la atención es que en 2016 se generó un total de 90.797.891 MW de los cuales aproximadamente el 24% de ésta provino de instalaciones de generación basadas en energía renovable (ER).

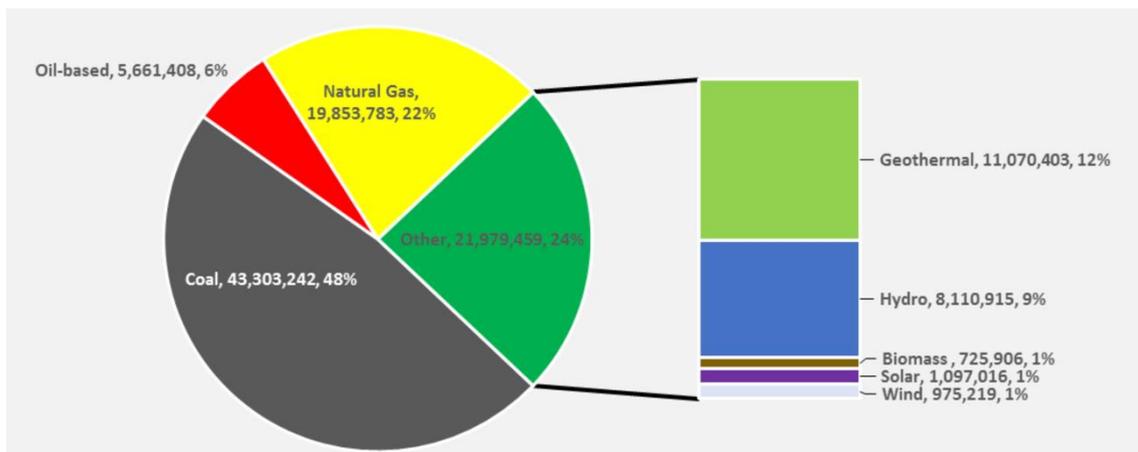


Ilustración 1: Distribución de las energías utilizadas en Filipinas

Capítulo 4. SITUACIÓN DE LOS BARANGAY

En este capítulo analizaremos la actualidad de los Barangay (poblado en filipino). Necesitaremos saber toda la información sobre ellos, es decir, número de habitantes, situación geográfica, situación económica, demanda eléctrica, recursos solares... todo esto se estudiará en este capítulo, así como una breve descripción de cada poblado.

Cabe destacar que este proyecto podría haberse realizado en cualquier parte de filipinas ya que los apagones son constantes en todo el país. La elección de Pulang Bato como de Gilutongan se deben a un tema personal, ya que son ciudades en las que he vivido. Esto me dará una gran facilidad a la hora de encontrar información ya que sigo manteniendo el contacto con los habitantes.

4.1 PULANG BATO

Gracias a la información obtenida por *Philatlas* [2], sabemos que Pulang Bato es un barangay del municipio de Almería, en la provincia de Bilirán. Su población determinada por el Censo de 2015 era de 971. Esto representaba el 5,73% de la población total de Almería. El grupo de edad con mayor población en Pulang Bato es de 5 a 9, con 109 individuos. Por el contrario, el grupo de edad con menor población es de 75 a 79, con 6 individuos. En la siguiente Ilustración 2 podemos observar un gráfico de la división edades dependiendo sus años.

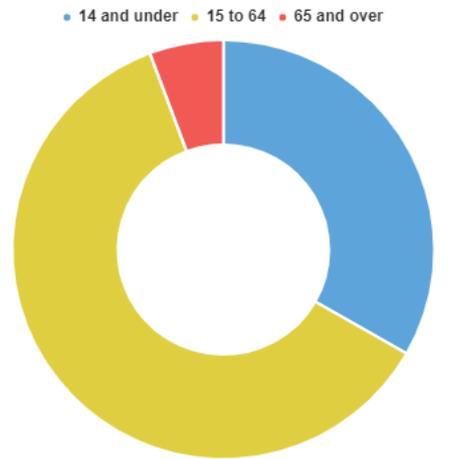


Ilustración 2: Grupos de edad agregados

A continuación, gracias a *Google maps* y *Google earth*, mostraremos la situación geográfica y área de Pulang Bato.

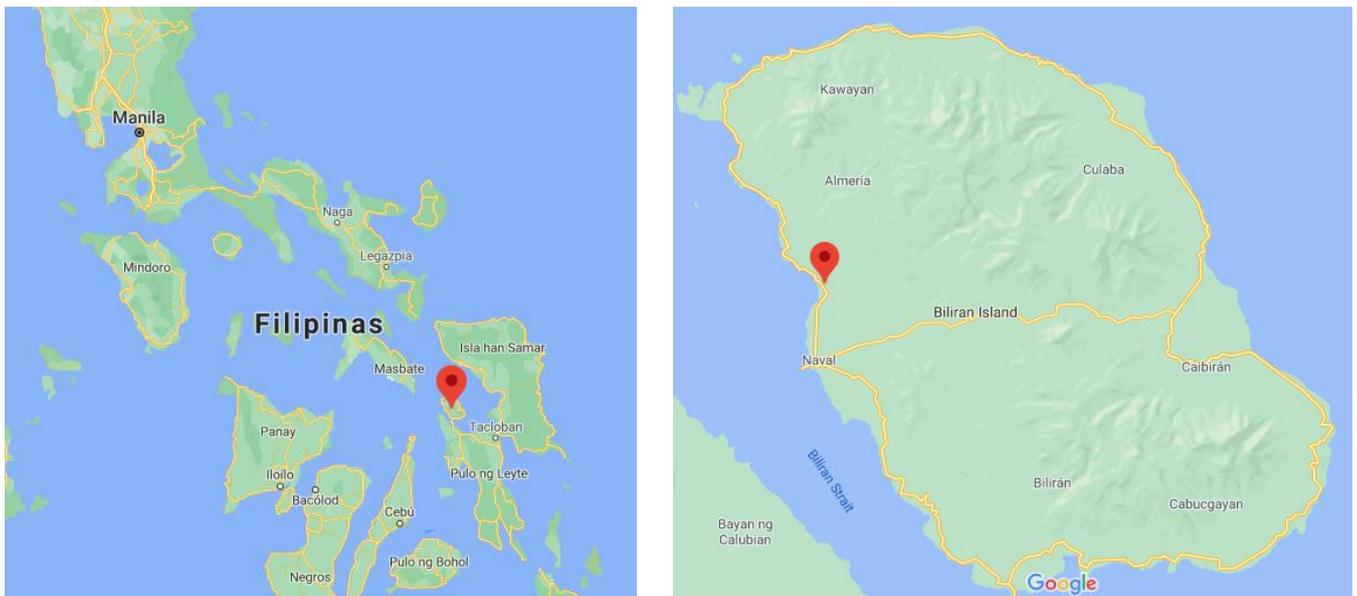


Ilustración 3: Vista aérea de Pulang Bato I



Ilustración 4: Vista aérea de Pulang Bato II

Como podemos observar en la Ilustración 4: Vista aérea de Pulang Bato I, las viviendas de Pulang Bato están muy dispersas entre sí, por lo que a la hora del análisis vamos a estudiar el “centro” del poblado. Donde nos encontramos el colegio y la mayoría de las viviendas

4.1.1 DEMANDA ELÉCTRICA

Para el estudio de la demanda eléctrica de Pulang Bato, hemos necesitado de la ayuda de Dianne V. Bernardes, Dianne es concejala de la isla de Bilirán. Además, es la encargada de dar alojamiento a los misioneros en Filipinas.

Dianne nos ha informado que en la zona de estudio hay aproximadamente 50 casas. Además, nos ha facilitado los aparatos que hay de media en cada casa y son los siguientes: Bombillas, TV, ventilador de techo y portátil, equipo de música, cargadores de móviles y nevera.

Gracias a la página web *electrocalculator* [3], sacamos los kW que consumen nuestros aparatos, suponemos aproximadamente un horario de uso y sacamos nuestra demanda diaria y mensual en kW·h:

DEMANDA ELÉCTRICA EN PULANG BATO POR HOGAR					
APARATO/CONSUMO	Potencia (kW)	Horas de uso al día	Cantidad	kW·h/día	kW·h/mes (31días)
Bombilla	0,011	8	5	0,44	13,64
Tv CRT color 21 pulgadas	0,2	4	1	0,8	24,8
Ventilador techo	0,06	14	1	0,84	26,04
Ventilador portátil Cata	0,0351	8	2	0,5616	17,4096
Equipo de música	0,04	4	1	0,16	4,96
Cargador de móvil	0,00483	4	3	0,05796	1,79676
Mini nevera genérica	0,063	24	1	1,512	46,872
Total				4,372	135,518

Tabla 1: Demanda eléctrica por hogar en Pulang Bato

Si tenemos en cuenta que de media una casa consume 135,52 kW·h al mes y según Dianne tenemos alrededor de 50 casas, la demanda eléctrica que tendremos que abordar será de:

kW·h	Demanda Diaria	Demanda Mensual
Casa	4,372	135,518
Poblado	218,578	6775,918

Tabla 2: Demanda total en los hogares de Pulang Bato

Asimismo, Dianne nos facilitó la información de la escuela. *Pulang Bato Primary School*, es un colegio que consta de 7 clases y cada clase se compone de los siguientes aparatos: Ordenador, proyector, bombillas y ventiladores.

A continuación, se muestran diversas fotos del interior de las clases donde se puede retratar la información obtenida por Dianne.



Ilustración 5: Clases del colegio Pulang Bato

Del mismo modo que para el estudio de la demanda en los hogares, utilizaremos la web *electrocalculator* [3]:

Demanda eléctrica en Pulang Bato por clase						
APARATO	Potencia (kW)	Horas uso diarias	Cantida d	kW·h/día	kW·h/sem (5 días)	kW·h/mes (5 semanas)
Bombilla	0,011	2	2	0,044	0,22	1,1
Ordenador	0,2	5	1	1	5	25
Ventilador portátil Cata	0,06	5	2	0,6	3	15
Ventilador techo	0,048	5	1	0,24	1,2	6
Proyector ISE 2015	0,2	3	1	0,6	3	15
Total				2,484	12,42	62,1

Tabla 3: Demanda eléctrica por clase en Pulang Bato

Si tenemos en cuenta que de media una clase consume 62,1 kW·h al mes y según Dianne tenemos 7 clases, la demanda eléctrica que tendremos que abordar será de:

kW·h	Demanda Diaria	Demanda Semanal	Demanda Mensual
Clase	2,484	12,42	62,1
Colegio	17,388	86,94	434,7

Tabla 4: Demanda total en el colegio de Pulang Bato

De manera que, sumando la demanda total del colegio con la de los hogares, tenemos el siguiente consumo total que abordar:

kW·h	Demanda Diaria	Demanda Mensual
Colegio	17,388	434,7
Poblado	218,578	6775,918
TOTAL	235,966	7210,618

Tabla 5: Demanda total en Pulang Bato

4.1.2 RECURSO SOLAR

Cabe destacar la importancia de conocer con exactitud los vatios que llegan a nuestra región de estudio. Hoy en día, podemos calcular con precisión nuestra radiación en cualquier punto del mundo gracias a la NASA, esto se debe al proyecto POWER (*Prediction Of Worldwide Energy Resources*) [4]. Este proyecto proporciona conjuntos de datos solares y meteorológicos de la investigación de la NASA para respaldar la energía renovable, la eficiencia energética de los edificios y las necesidades agrícolas.

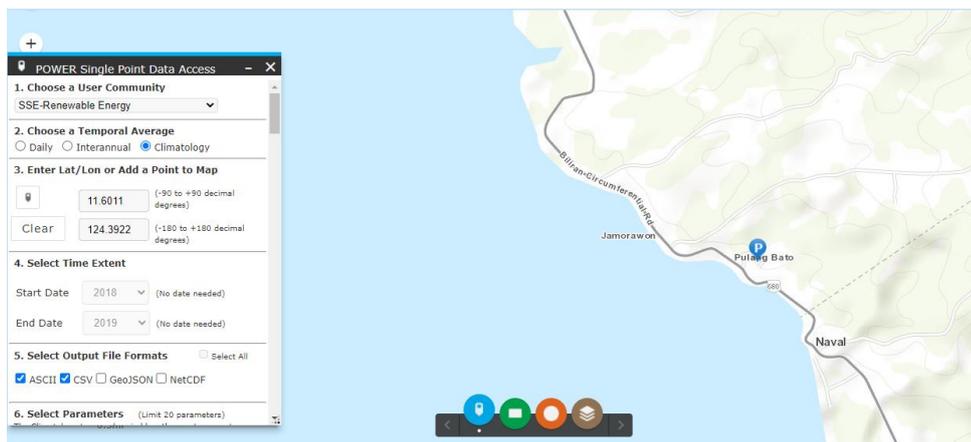


Ilustración 6: Entorno de trabajo del proyecto POWER de la NASA

La radiación solar es generada por una serie de reacciones de fusión nuclear que se producen en el Sol y que, como consecuencia, emiten radiaciones electromagnéticas que llegan a la tierra. Esta radiación que recibe la superficie terrestre se mide en W/m^2 (vatios por unidad de superficie) y se le denomina también “irradiancia”.

Esta radiación al llegar a la atmósfera sufre una serie de alteraciones y se divide en:

- Radiación solar directa: es aquella que llega a la superficie sin haber sufrido dispersión en su trayectoria.
- Radiación solar difusa: es causada por sufrir múltiples desviaciones en su trayectoria al atravesar la atmósfera, o después de ser reflejada en múltiples direcciones por las superficies donde previamente haya incidido.

- Radiación solar reflejada: es la fracción de la irradiancia solar que es reflejada por la superficie.



Ilustración 7: Tipos de radiación solar

Toda esta información sobre la radiación solar ha sido obtenida gracias al artículo: Radiación Solar | Tipos, conceptos y aplicaciones de la página web *Sunfields* [5].

La NASA nos proporciona una multitud de información acerca de la climatología de una localización. Gracias a toda la información, somos capaces de adquirir los datos de radiación directa y difusa. Estas cifras son facilitadas en un promedio mensual con unidades de kWh/m^2 . A continuación, se muestran los datos para Pulang Bato:

Radiación solar directa:

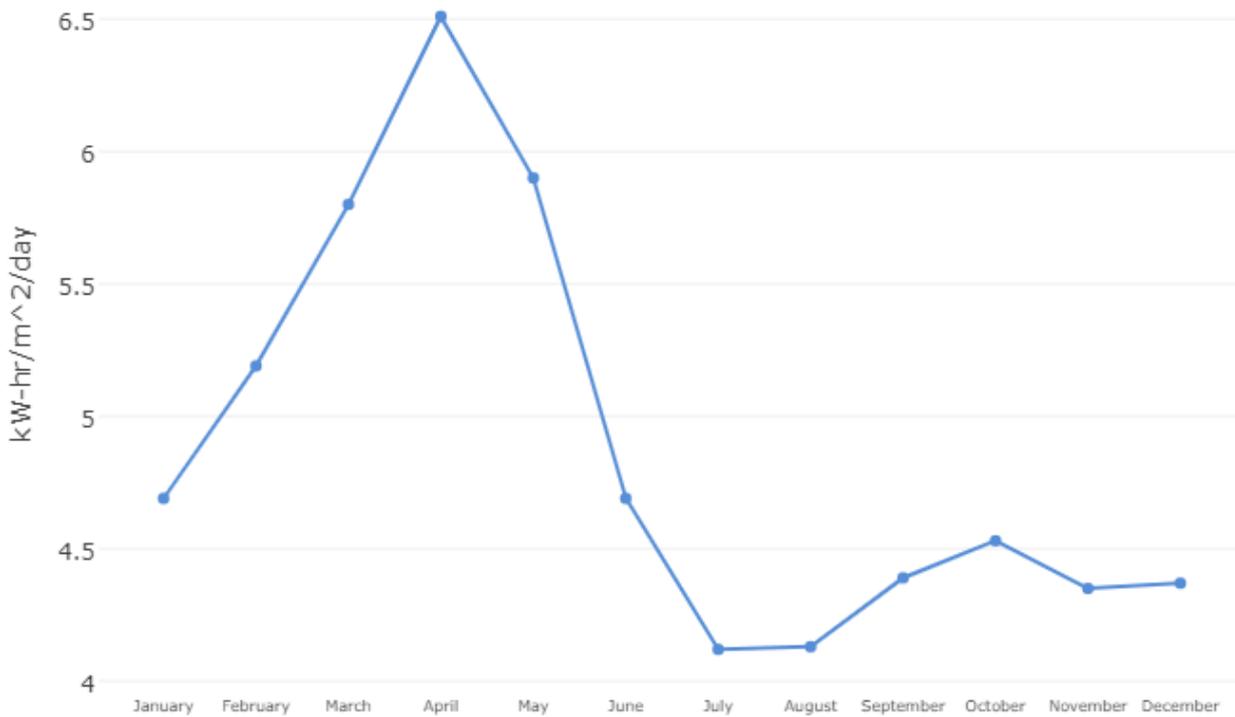


Ilustración 8: Radiación solar directa en Pulang Bato

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
4,69	5,19	5,8	6,51	5,9	4,69	4,12
AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEIMBRE	MEDIA	
4,13	4,39	4,53	4,35	4,37	4,89	

Tabla 6: Distribución mensual de la radiación solar directa en Pulang Bato

- Media anual = 4,89 kW·h/m²/día
- Peor mes (julio) = 4,12 kW·h/m²/día.

Radiación solar difusa:

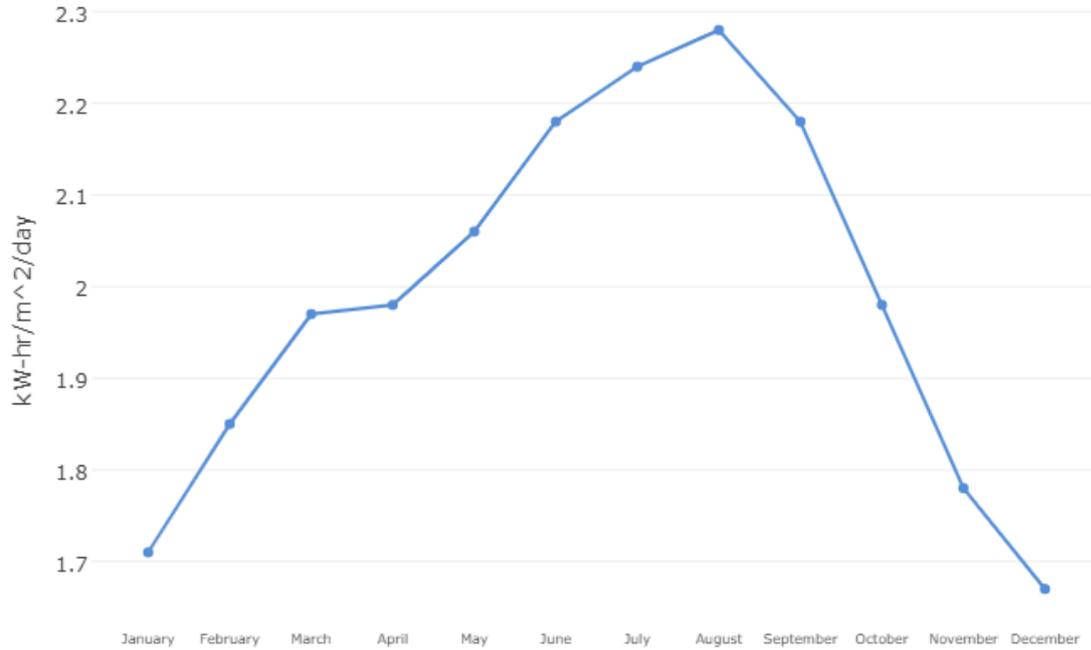


Ilustración 9: Radiación solar difusa Pulang Bato

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
1,71	1,85	1,97	1,98	2,06	2,18	2,24
AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEIMBRE	MEDIA	
2,28	2,18	1,98	1,78	1,67	1,99	

Tabla 7: Distribución mensual de la radiación difusa en Pulang Bato

- Media anual = 1,99 kW·h/m²/día.
- Peor mes (diciembre) = 1,67 kW·h/m²/día.

Radiación difusa+directa:

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
6,4	7,04	7,77	8,49	7,96	6,87	6,36
AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEIMBRE	MEDIA	
6,41	6,57	6,51	6,13	6,04	6,88	

Tabla 8: Distribución mensual de la radiación total en Pulang Bato

- Media anual = 6,88 kW·h/m²/día.
- Peor mes (diciembre) = 6,04 kW·h/m²/día.

4.2 GILUTONGAN

Gilutongan es un Barangay perteneciente al municipio de Córdova en la ciudad de Cebú. Gracias a la página web municipal de Córdova [6], hemos encontrado datos provenientes de las autoridades estadísticas de Filipinas en 2015. Para ese entonces la población de Gilutongan era de 1640 personas y con un número de 345 casas.

A continuación, gracias a *Google maps* y *Google earth*, mostraremos la situación geográfica de Gilutongan:

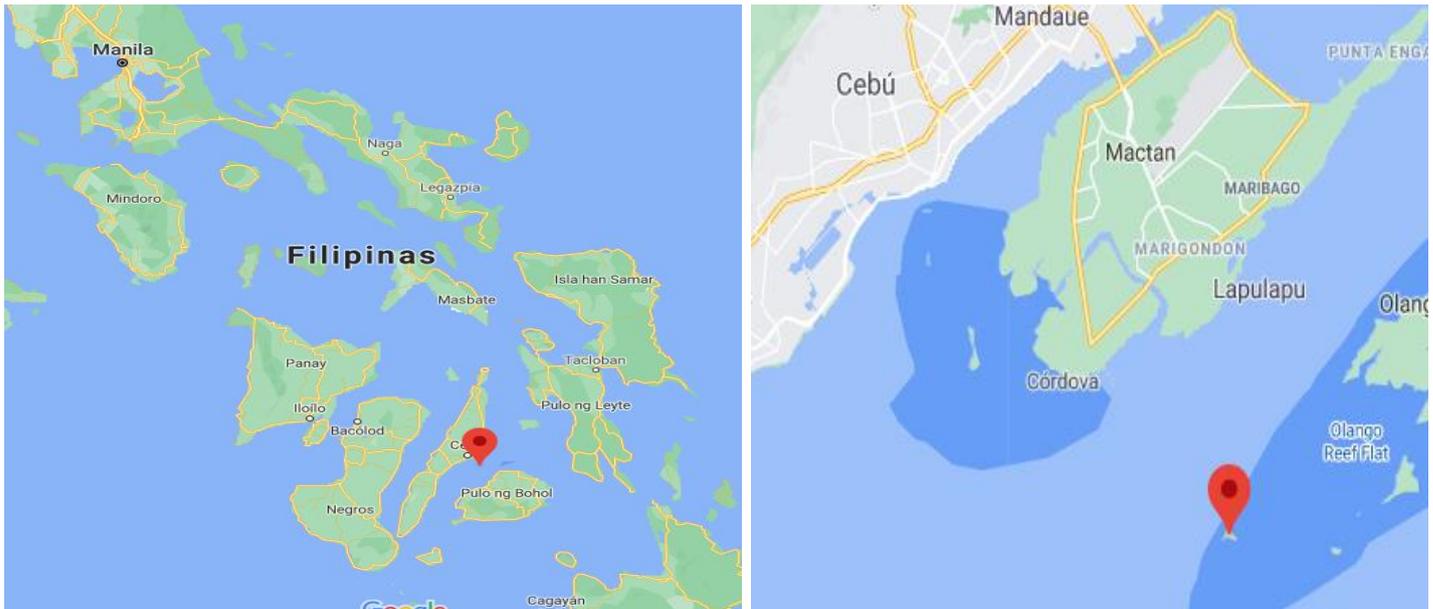


Ilustración 10: Situación geográfica de Gilutongan I

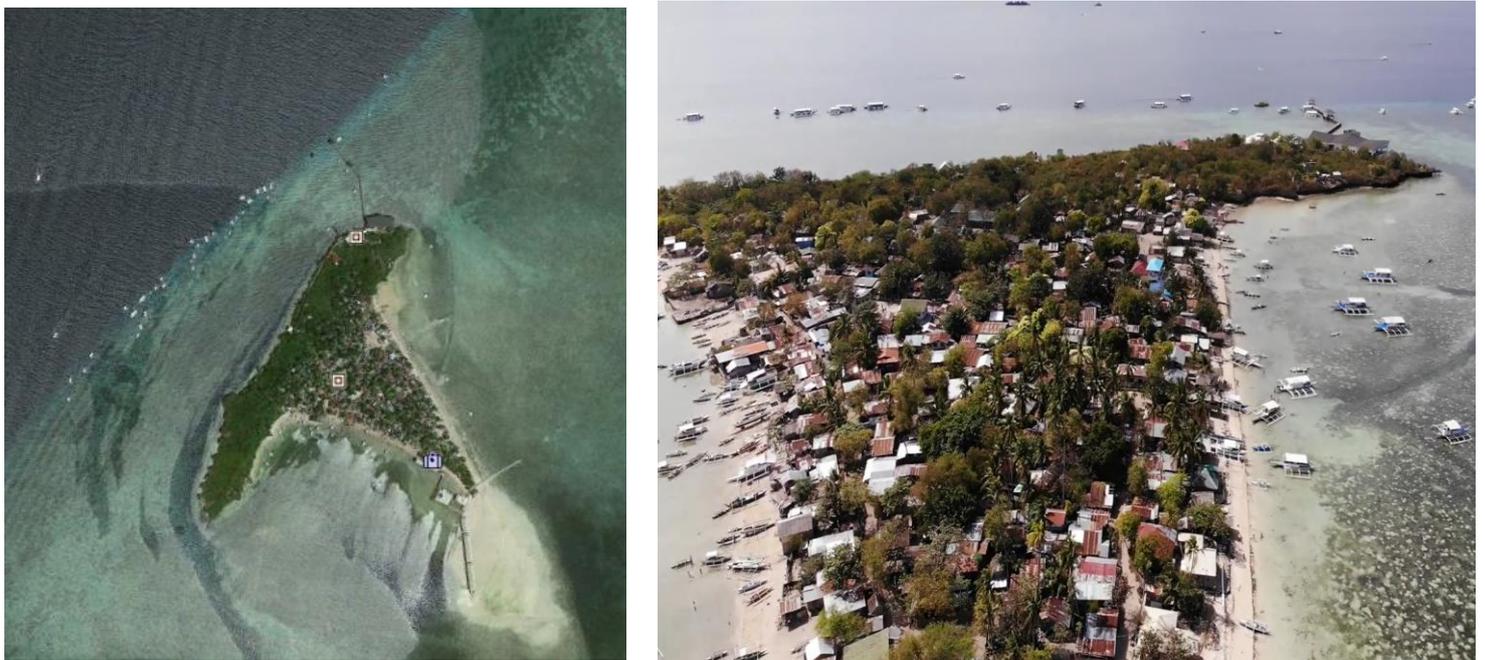


Ilustración 11: Situación geográfica de Gilutongan II

Como podemos observar en la ilustración de arriba, Gilutongan es una Isla muy pequeña, como dato curioso y gracias a *Google earth* podemos obtener las dimensiones de la isla.

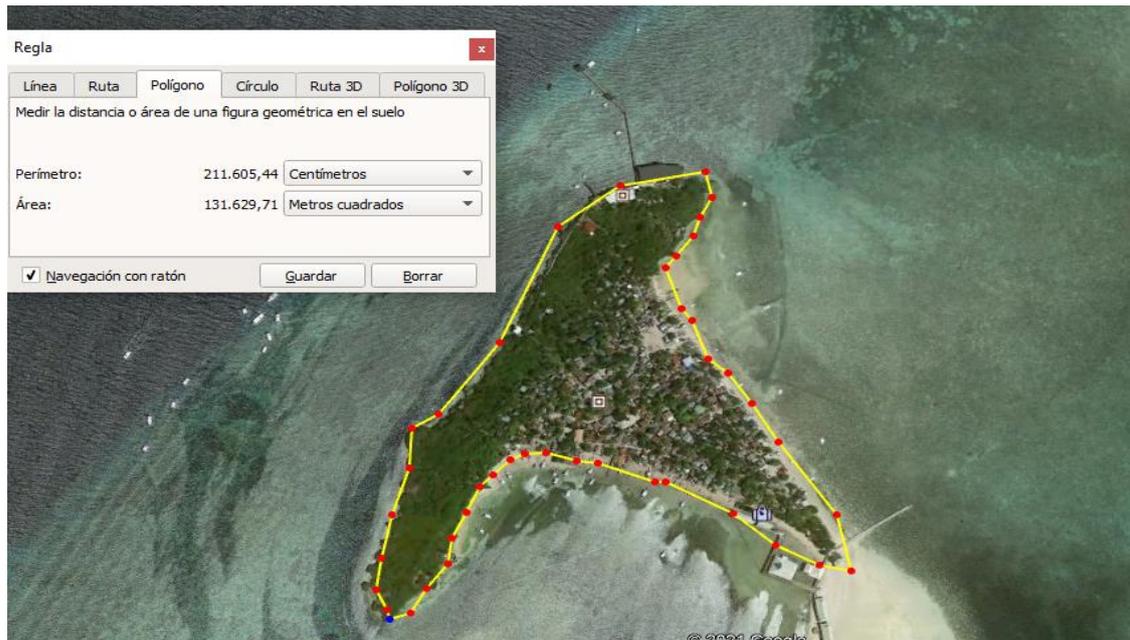


Ilustración 12: Área de Gilutongan

Gilutongan tiene un área de 131.629,71 m², es decir 0,13 km².

4.2.1 DEMANDA ELÉCTRICA

Para el estudio de la demanda eléctrica en hemos necesitado de la ayuda en este caso de Mark Wilson A Lapinig y su padre Wilson E Lapinig, Wilson es el pastor de la isla, además de ser el encargado de la acogida de los misioneros y Mark su hijo.

Mark nos ha informado que en la zona de estudio hay aproximadamente 500 casas. De las cuales cuentan con electricidad aproximadamente 400, pero el resto (100 casas) no tienen ninguna fuente de electricidad.

A la hora de hacer el estudio, nos centraremos en las casas que no tienen acceso a la electricidad. Además, Mark nos ha facilitado los aparatos que hay de media en cada casa y

son aproximadamente los siguientes: Bombillas, Tv, ventilador de techo y portátil, equipo de música.

Gracias a la página web *electrocalculator* [3], sacamos los kW que consumen nuestros aparatos, suponemos aproximadamente un horario de uso y sacamos nuestra demanda diaria y mensual en kW·h:

DEMANDA ELÉCTRICA EN GILUTONGAN POR HOGAR					
APARATO/CONSUMO	Potencia (kW)	Horas de uso al día	Cantidad	kW·h/día	kW·h/mes (31 días)
Bombilla fluorescente compacto	0,011	8	2	0,176	5,456
Tv CRT color 21 pulgadas	0,2	4	1	0,8	24,8
Ventilador techo	0,06	14	1	0,84	26,04
Ventilador portátil Cata	0,0351	8	1	0,2808	8,7048
Equipo de música	0,04	4	1	0,16	4,96
Cargador de móvil	0,00483	4	1	0,01932	0,59892
Total				2,27612	70,55972

Tabla 9: Demanda eléctrica por hogar y mensual en Gilutongan

Si tenemos en cuenta la información obtenida gracias a Mark, tendremos que hacer el estudio en un total de 100 casas. Por lo que tendremos que abordar el siguiente consumo:

kW·h	Consumo Diario	Consumo mensual
Casa	2,27612	70,55972
Poblado	227,612	7055,972

Tabla 10: Demanda total por hogar en Gilutongan

4.2.2 RECURSO SOLAR

Como se hizo en el apartado 2.1.2, el estudio del recurso solar se hace gracias al proyecto de la NASA. En la siguiente ilustración mostramos el entorno de trabajo y el punto exacto de donde se casa la información.

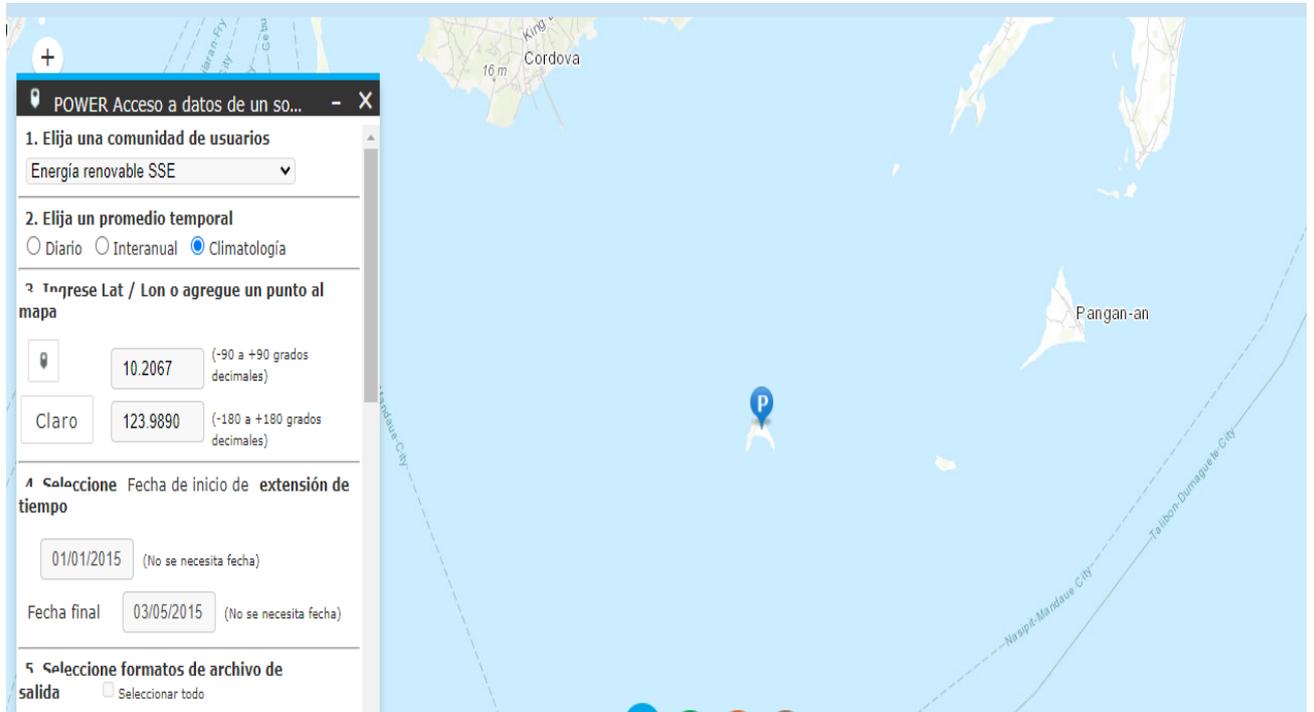


Ilustración 13: Entorno de trabajo para Gilutongan

Se obtienen los siguientes datos:

- Radiación solar directa

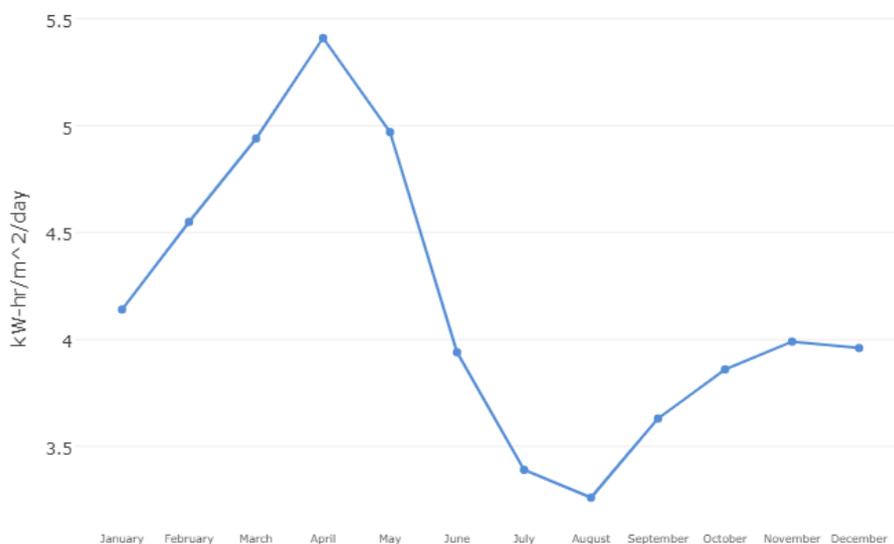


Ilustración 14: Radiación solar directa Gilutongan

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
4,14	4,55	4,94	5,41	4,97	3,94	3,39
AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEIMBRE	MEDIA	
3,26	3,63	3,86	3,99	3,96	4,17	

Tabla 11: Distribución mensual de la radiación solar directa en Gilutongan

- Media anual = 4,17 kW·h/m²/día.
- Peor mes (agosto) = 3,26 kW·h/m²/día.

Radiación Solar Difusa:

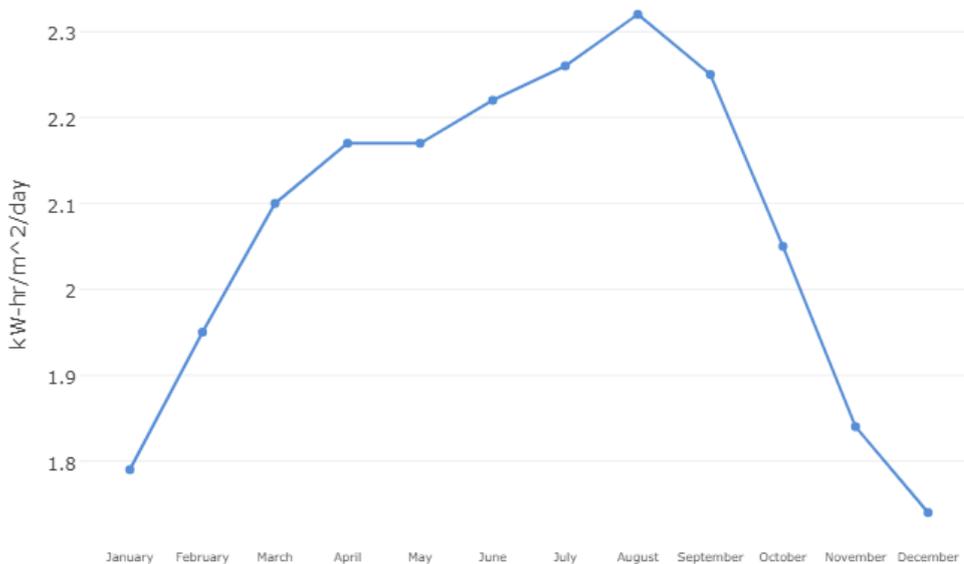


Ilustración 15: Radiación solar difusa Gilutongan

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
1,79	1,95	2,1	2,17	2,17	2,22	2,26
AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEIMBRE	MEDIA	
2,32	2,25	2,05	1,84	1,74	2,07	

Tabla 12: Distribución mensual de la radiación solar difusa en Gilutongan

- Media anual = 2,07 kW·h/m²/día.
- Peor mes (diciembre) = 1,74 kW·h/m²/día.

Radiación difusa+directa

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
5,93	6,5	7,04	7,58	7,14	6,16	5,65
AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEIMBRE	MEDIA	
5,58	5,88	5,91	5,83	5,7	6,24	

Tabla 13: Distribución mensual de la radiación total en Gilutongan

- Media anual = 6,24 kW·h/m²/día.
- Peor mes (diciembre) = 5,7 kW·h/m²/día.

Capítulo 5. ELEMENTOS EN UNA PLANTA SOLAR

FOTOVOLTAICA

Durante este capítulo abordaremos brevemente los elementos a tener en cuenta en una instalación fotovoltaica. Destacaremos los elementos comunes que debe tener una instalación y aquellos optativos que van a depender de si se trata de una planta solar conectada a la red eléctrica o es una instalación solar aislada.

5.1 ELEMENTOS COMUNES

Para cualquier tipo de instalación vamos a necesitar los siguientes aparatos:

- **Modulo Fotovoltaiico:** Elemento fundamental en la instalación; es el captador de la radiación solar y encargado de transformarla en electricidad gracias al efecto fotoeléctrico.
- **Inversor:** Un inversor solar es un convertidor que transforma la corriente continua que recibe de los paneles fotovoltaicos en corriente alterna, que es la que puedes usar en tu hogar, almacenar en baterías o verter a la red.



Ilustración 16: Modulo fotovoltaico e inversor

5.2 ELEMENTOS NO COMUNES

En este apartado veremos los elementos que pueden no ser necesarios en las instalaciones conectadas a la red, pero deberán ser instalados para aquellas que sean de autoconsumo (OFF GRID).

- **Controlador de carga:** tiene la función de proteger a las baterías, es decir, evita que se descargue excesivamente además de impedir sobrecargas. Por lo que los reguladores tendrán dos áreas de funcionamiento: relacionado con la carga o descarga.
- **Baterías:** Las baterías son acumuladores de energía que nos permiten almacenar la energía solar producida por nuestros paneles fotovoltaicos. Esta energía puede ser utilizada en cualquier momento del día.



Ilustración 17: Controlador de carga y batería

5.3 ELECCIÓN MÓDULO FOTOVOLTAICO

Antes de la elección de nuestro módulo fotovoltaico tendremos que definir y seleccionar el material que vamos a utilizar la estructura interna de este. Toda esta información la hemos sacado gracias a la página web *SUNFIELDS* [5]. Hoy en día hay una gran variedad de materiales que se utilizan para la fabricación de células fotovoltaicas.

Es por eso el módulo fotovoltaico se tiene que clasificar por el tipo de material y por la estructura interna de estos.

Según el tipo de material, destacamos los tres siguientes tipos:

De material simple: el material más utilizado es el silicio (Si), aunque también se utilizan el germanio (Ge) y selenio (Se).

De compuestos binarios: los compuestos binarios que se han investigado han sido muchos, aunque lo más habituales han sido: CdTe, AsGa, InP, CdS, ...

De compuestos ternarios: entre otros cabe destacar algunos compuestos como AlGaAs, y los compuestos de estructura calcopirita basados en el Cu, como CuInSe₂, ...

En cuanto a la estructura interna del material se puede realizar la siguiente clasificación: monocristalinos, multicristalinos, policristalinos, dispositivos Híbridos y, por último, amorfos. De los cuales definiremos solo 2, que son:

Monocristalinos: Como su propio nombre dice, las placas solares monocristalinas están compuestas por células monocristalinas. La célula es crecida o procesada como un único cristal. Las más típicas son Si, AsGa, CdTe... Las células con esta estructura cristalina suelen mostrar buenas eficiencias, pero con elevados costes de fabricación. Estas células se pueden

diferenciar a simple vista por su color “negro” y con las esquinas recortadas con un chaflán (resultado del corte de la célula).



Ilustración 18: Ejemplo de panel solar monocristalino

La estructura interna de una célula solar fotovoltaica monocristalina sería como la mostrada en la siguiente ilustración:

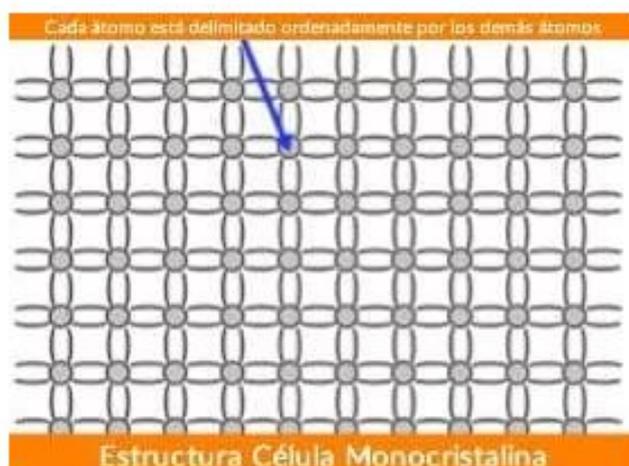


Ilustración 19: Estructura interna de una célula monocristalina

La principal ventaja es que son los módulos fotovoltaicos de más eficiencia que podemos encontrar, siempre superan en eficiencia y rendimiento a los policristalinos. Aunque su principal desventaja a corto plazo sea la inversión inicial que hay que pagar por ellos, pero si lo miramos a medio-largo plazo, son los más rentables por su gran rendimiento.

Policristalinos: Tienen una estructura basada en pequeños cristales o granos, el tamaño de grano en estos materiales es muy inferior al de los materiales monocristalinos. Estos paneles se pueden diferenciar por su color “azulado” y en comparación con los monocristalinos no poseen el chaflán en las esquinas.



Ilustración 20: Ejemplo de panel solar policristalino

La estructura interna de una célula solar fotovoltaica policristalina sería como la mostrada en la siguiente ilustración:



Ilustración 21: Estructura interna de una célula policristalina

A diferencia de los paneles monocristalinos, la principal ventaja es su coste reducido, eso sí a costa de una considerable pérdida de la eficiencia de las células y su rendimiento.

Una vez definido las diferentes estructuras internas de nuestra célula solar, he decidido que los módulos fotovoltaicos que usaremos en nuestra instalación serán los monocristalinos.

Para la elección de que módulos fotovoltaicos monocristalinos vamos a usar, nos basaremos en la información obtenida en la página web *SUNFIELDS [8]*, los cuales se han basado en el DNVGL, el estudio realizado por la OCU 2019 y el PV+Test realizado por la prestigiosa certificadora alemana TÜV Rheinland y en la lista de los paneles solares más eficientes en 2019-2020.

Para la elección de los paneles fotovoltaicos, es necesario tener en cuenta varios aspectos, como, por ejemplo; la calidad, la garantía, el origen del producto, el tipo de tecnología, la eficiencia, etc.

Como hemos comentado anteriormente, hemos decidido seleccionar un panel monocristalino ya que son los que dan mayor eficiencia y rendimiento.

Hoy en día, hablamos de alta eficiencia cuando supera el 19%, es decir, 190W por cada metro cuadrado instalado. Es posible encontrarnos con ofertas de placas solares que nos hablen de alta eficiencia, pero luego en realidad nos den un 16 o 17%, lo cual es un error y estas ofertas son anticuadas. Un truco sencillo para saber identificar paneles solares eficientes sería fijarnos en la potencia y los metros cuadrados del panel solar, para así calcular su eficiencia de la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Wattios del panel}}{\text{superficie}}$$

Una vez aclarado el tema de las eficiencias de cada tecnología, mostramos la lista de las placas solares que poseen mayor eficiencia en el sector fotovoltaico actual.

En la siguiente tabla tendríamos los mejores paneles solares de 2019 según su eficiencia.

Marca del Panel	Modelo	Eficiencia mínima	Potencia Unitaria	Tamaño (largo x ancho)
<u>SunPower</u>	SPR-X22-370	22.7%	370W	1.559 x 1.046 mm
<u>SunPower</u>	SPR-X22-360	22.1%	360W	1.559 x 1.046 mm
<u>SunPower</u>	SPR-X21-345	21.2%	345W	1.559 x 1.046 mm
<u>LG Neon</u>	LG360Q1C-A5	20.8%	360W	1.700 x 1.016 mm
<u>LG Neon</u>	LG355Q1C-A5	20.6%	355W	1.700 x 1.016 mm
AUO	SunForte PM096B00	20.6%	335W	1.559 x 1.046 mm
AUO	SunForte PM096B00	20.3%	330W	1.559 x 1.046 mm
<u>SunPower</u>	E20-327	20.1%	327W	1.559 x 1.046 mm
SHARP	NQ-R256A	19.8%	256W	1.318 x 980 mm
<u>Panasonic</u>	VBHN330SJ53	19.7%	330W	1.590 x 1.053 mm
<u>Panasonic</u>	VBHN325SJ53	19.4%	325W	1.590 x 1.053 mm
<u>SunPower</u>	SPR-P19-400	19.4%	400W	2.067 x 998 mm

Ilustración 22: Mejores paneles de 2019 según su eficiencia

Por lo que para nuestra instalación fotovoltaica nos podría vale con cualquier placa solar de las mostrada en Ilustración 222.

Pero si indagamos un poco más en la información referida anteriormente [8], encontramos una serie de prueba realizados a los diferentes fabricantes que nos servirán para decidirnos.

Exactamente se realizan 4 test, las pruebas son los siguientes: Test de Ciclos térmicos, de calor húmedo, carga mecánica + ciclo térmico + congelación de humedad y por último la prueba de degradación por potencial inducido o PID.

Ciclo Térmico: Según la norma IEC que suele usarse para certificar un panel solar, una placa solar debe soportar 200 ciclos de variación de temperatura desde los -40°C hasta los 85°C sin verse afectado su rendimiento significativamente.

Sin embargo, en este caso se han realizado 800 ciclos, es decir 4 veces más que lo exigido por la IEC, y cada ciclo tarda entre 3 y 5 horas en completarse.

Calor Húmedo: En la norma IEC 61215, los módulos se mantienen a una temperatura constante de 85°C y una humedad relativa del 85%. durante 1.000 horas (aproximadamente 42 días).

En la prueba se han realizado cientos de pruebas de Calor Húmedo con diferentes duraciones, evaluando la resistencia de los módulos y descubrió que 2.000 horas es mucho más efectivo para decidir la calidad y rendimiento de un buen panel solar.

Carga Mecánica + Ciclos Térmicos + Congelación de Humedad: Para la secuencia de prueba DML (Carga Dinámica Mecánica), el módulo se instala de acuerdo con el montaje recomendado por el fabricante y se somete a 1.000 ciclos de carga alterna a 1.000 Pa.

Después de un tiempo el módulo se somete a esfuerzos en una cámara durante 50 ciclos térmicos para causar la propagación de microfisuras pasando previamente por 10 ciclos de congelación de humedad para darse cuenta completamente de la pérdida potencial de energía.

Una auténtica tortura para un panel solar y que solo los mejores fabricantes de paneles solares superan.

Degradación por potencial inducido o PID: Durante la prueba, se aplica un sesgo de tensión igual a la tensión nominal del sistema del módulo (-1 kV o -1,5 kV). bajo condiciones de 85°C y 85% de humedad relativa durante dos sesiones de 96 horas. Este entorno acelerado proporciona las condiciones de temperatura, humedad y sesgo de tensión necesarias para evaluar la degradación relacionada con el aumento de las fugas actual.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos en los diferentes pruebas:

Test Ciclos Térmicos	Test Temperatura Húmeda	Test de Carga Mecánica + Ciclos Térmicos + Frío Húmedo	Test de degradación por Potencial Inducido PID
Fabricantes con Menos del 2% de Degradación	Fabricantes con menos del 2% de degradación	Fabricantes con menos del 2% de degradación	Fabricantes con menos del 2% de degradación
SunPower	SunPower	SunPower	SunPower
Panasonic		Panasonic	Panasonic
LG		LG	LG
LONGI	LONGI	LONGI	LONGI
Astroenergy	Astroenergy	Astroenergy	Astroenergy
Adani		Adani	
BYD	BYD	BYD	BYD
Flex	Flex	Flex	Flex
GCL	GCL	GCL	GCL
HT-SAAE		HT-SAAE	HT-SAAE
JA Solar		JA Solar	JA Solar
Jinko	Jinko	Jinko	Jinko

Ilustración 23: Resultado de los test realizados

En la Ilustración 233 se muestran los 4 test realizados y la lista de los fabricantes que mejores resultados obtuvieron. Todos ellos por debajo del 2% de pérdidas de potencia. De la ilustración se saca la información de que las casillas en gris son el significado de que no todos los fabricantes superaron con éxito alguna de las 4 pruebas de extrema dureza realizadas.

Gracias a la información obtenida en las Ilustración 22: Mejores paneles de 2019 según su eficiencia e Ilustración 23: Resultado de los test realizados, he decidió seleccionar la placa solar *SunPower X-Series: X22-370* para la realización del proyecto.

Todos los datos sobre la placa solar *SunPower X-Series: X22-370* la podemos ver en el ANEXO II ANEXO II.

Capítulo 6. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

6.1 HORA SOLAR PICO

HSP (*hora solar pico*). Según la Real Academia de Ingeniería [7]. En aplicaciones fotovoltaicas, es la unidad de irradiación correspondiente a una irradiancia solar de 1000 W m² durante una hora.

Una vez conocemos la radiación solar incidente en la zona de estudio, la dividiremos entre la radiación solar calculada que utilizaremos para calibrar los módulos (1 kW/m²), y obtendremos la cantidad de horas sol pico (HSP).

$$HSP = \frac{\text{Radiación solar}}{1000 \text{ W/m}^2}$$

Exactamente HSP sirve para saber cuánto genera nuestra placa solar al día.

A la hora del dimensionado, lo utilizaremos para saber el consumo de nuestra placa, el cual lo detallaremos a continuación.

6.2 CALCULO DE LOS MODULOS SOLARES

6.2.1 PULANG BATO

Para este apartado necesitaremos los datos de radiación solar y demanda eléctrica. Estos datos los podemos encontrar en el capítulo: 4.1 *Pulang Bato*. Concretamente en la *Tabla 5: Demanda total en Pulang Bato* y en la *Tabla 8: Distribución mensual de la radiación total en Pulang Bato*. Según estos datos, la estimación de consumo de energía para el barangay en un día es de: 236 kW·h/día. En el caso de la radiación solar tendremos que coger el valor más crítico, esto se debe para que en cualquier mes del año las placas solares nos

proporcionen la energía demandada. Este se corresponde con el mes de diciembre y en concreto un total de 6,04 kW·h/m²/día. Con este dato calcularemos nuestro HSP:

La fórmula del cálculo es explicada en el apartado HORA SOLAR PICO:

$$HSP = \frac{6040}{1000} \approx 6$$

A continuación, pasaremos a calcular el número de módulos que necesitaremos para nuestra instalación, este cálculo lo haremos por medio de la siguiente formula:

$$\text{Numero de módulos} = \frac{\text{Energía necesaria}}{HSP * \text{rendimiento de trabajo} * \text{potencia pico del módulo}}$$

- Energía necesaria 236 kW·h/día
- HSP= 6
- Rendimiento de trabajo= 1-eficiencia= 1-0.227
- Potencia pico=370 W.

Tanto la eficiencia como la potencia de pico son datos procedentes del ANEXO II de nuestra placa solar definida anteriormente.

Una vez introducido nuestros datos, observamos que para nuestra instalación en Pulang bato necesitaremos un total de **137 módulos**.

6.2.2 GIULUTONGAN

Para este apartado necesitaremos los datos de radiación solar y demanda eléctrica. Estos datos los podemos encontrar en el capítulo: 4.2 Gilutongan. Concretamente en la Tabla 10: Demanda total por hogar en Gilutongan y en la

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
5,93	6,5	7,04	7,58	7,14	6,16	5,65
AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEIMBRE	MEDIA	
5,58	5,88	5,91	5,83	5,7	6,24	

Tabla 13: Distribución mensual de la radiación total en Gilutongan.

Según estos datos, la estimación de consumo de energía para el barangay en un día es de: 227,612 kW·h/día. En el caso de la radiación solar tendremos que coger el valor más crítico, esto se debe para que en cualquier mes del año las placas solares nos proporcionen la energía demandada. Este se corresponde con el mes de diciembre y en concreto un total de 5,7 kW·h/m²/día. Con este dato calcularemos nuestro HSP:

La fórmula del cálculo es explicada en el apartado HORA SOLAR PICO:

$$HSP = \frac{5700}{1000} \simeq 6$$

A continuación, pasaremos a calcular el número de módulos que necesitaremos para nuestra instalación, este cálculo lo haremos por medio de la siguiente formula:

$$\text{Numero de módulos} = \frac{\text{Energía necesaria}}{HSP * \text{rendimiento de trabajo} * \text{potencia pico del módulo}}$$

- Energía necesaria 227.612 kW·h/día
- HSP= 6
- Rendimiento de trabajo= 1-eficiencia= 1-0.227
- Potencia pico=370 W.

Tanto la eficiencia como la potencia de pico son datos procedentes del ANEXO II de nuestra placa solar definida anteriormente.

Una vez introducido nuestros datos, observamos que para nuestra instalación en Gilutongan necesitaremos un total de **133 módulos**.

6.3 ELECCIÓN DE EQUIPOS

Como hemos mencionado anteriormente en el Capítulo 5. Elementos en una planta solar fotovoltaica, tenemos diferentes equipos; elementos que son comunes y siempre estarán en nuestra instalación y viceversa, esto se debe si nuestra instalación será con un sistema Off-Grid u On-Grid.

On-Grid: Este tipo de sistemas utilizan paneles solares e inversores que están montados sobre la red eléctrica existente aportando su producción.

De esta forma se logra un ahorro sustancial en el costo y en los casos donde la producción eléctrica excede lo consumido lo entregan a la red para ser utilizado. Estos sistemas que están conectados a la red no tienen necesidad de baterías, ya que se utiliza la red en los momentos donde los paneles no producen energía.

Ventaja: El costo del sistema y su instalación es mucho más económico que en el caso de los sistemas *Off-Grid* al no tener baterías que agregar. También permiten que el sistema se haga en etapas, al tener la red como proveedor adicional.

Desventaja: Estos sistemas no funcionan ante un corte de energía, ya que por su naturaleza aportan electricidad en sincronía con la red eléctrica existente. Si detecta un corte de electricidad, por seguridad, el sistema deja de aportar.



Ilustración 24: Instalación On-Grid

Off-Grid: Son los sistemas de instalaciones solares que están completamente desconectados de la red eléctrica.

Estos sistemas son completamente independientes y se utilizan a menudo en áreas aisladas sin acceso a la red o en los casos donde se desea una completa independencia.

Al estar completamente aislados requieren acumular la energía para que pueda ser utilizada en los momentos en los que no hay sol, como los horarios nocturnos o casos de días nublados.

Se compone de paneles solares, controladores, inversores y baterías con la capacidad suficiente para cubrir un tiempo calculado de consumos.

Ventaja: Provee independencia energética, energía limpia y de largo plazo.

Desventaja: El costo es más alto por la integración de baterías. Generalmente tienen un dimensionamiento más grande para cubrir varios días sin generación.

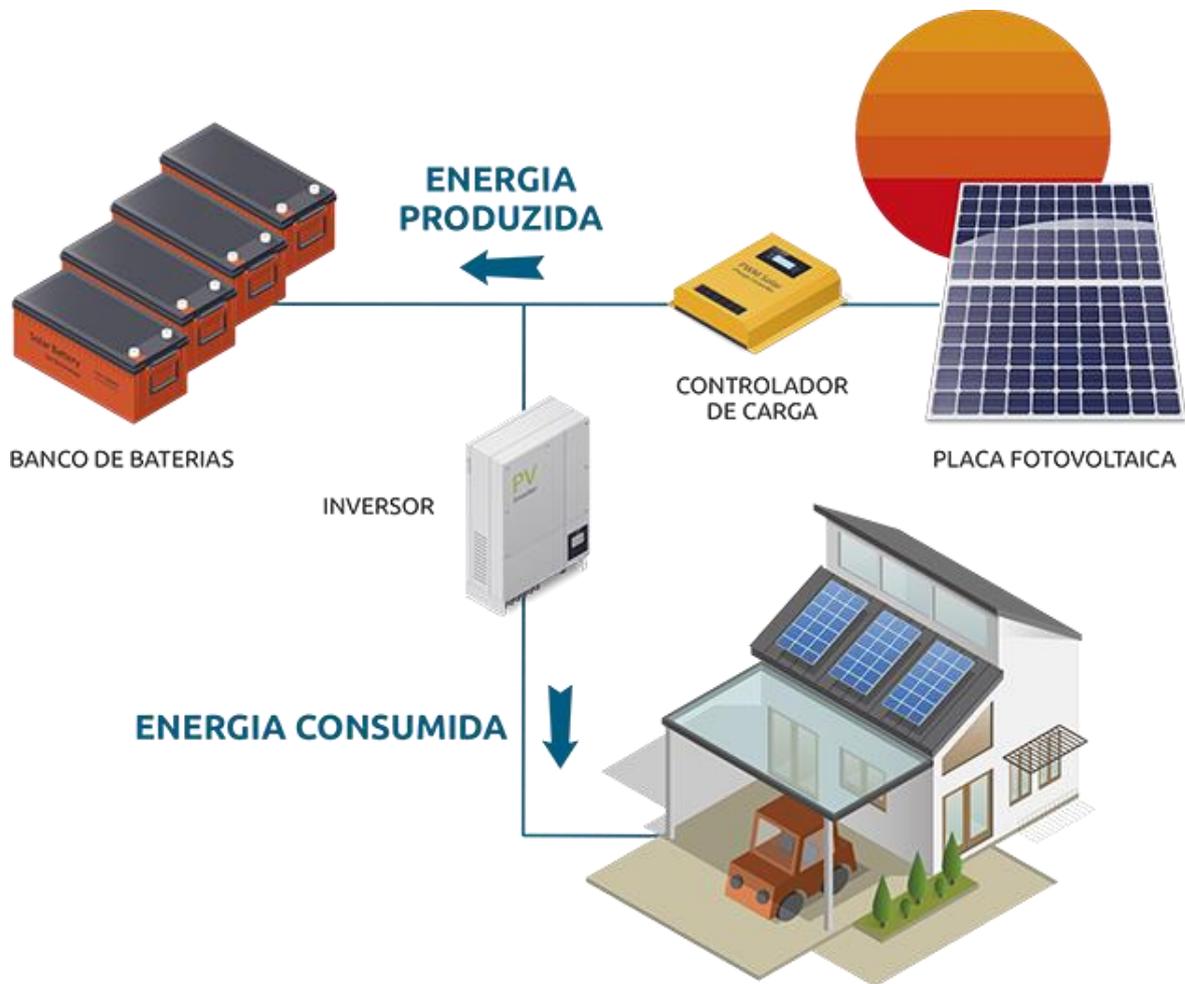


Ilustración 25: Instalación Off-Grid

Una vez definidos las dos posibilidades, nos decidimos a usar una instalación Off-Grid, para así abarcar el funcionamiento de las baterías y el controlador de cargas.

Toda esta información ha sido recopilada en la página web Suria Energy [10].

6.3.1 BATERÍAS

Para entender el correcto funcionamiento de las baterías hemos utilizado la información ofrecida por la página web Selectra [11].

Las baterías para placas solares permiten almacenar la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos. Los acumuladores fotovoltaicos tienen la finalidad de poder utilizar la energía en cualquier momento del día, fundamentalmente cuando las instalaciones fotovoltaicas no están en funcionamiento (por ejemplo, durante la noche).

Instalar baterías solares permite desconectarse completamente de la red eléctrica. Por tanto, este componente fotovoltaico es imprescindible en las instalaciones fotovoltaicas aisladas. De este modo, toda la energía consumida será completamente gratuita y renovable.

6.3.1.1 FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento de las baterías fotovoltaicas se basa en un proceso de reducción - oxidación. Los acumuladores solares están formados por un polo positivo y otro negativo, así como electrolitos que son los que permiten el flujo de corriente eléctrica al exterior de la batería. Gracias a esto, la electricidad generada en los momentos de baja demanda podrá ser almacenada para suministrarla cuando sea necesaria.

La capacidad de acumular energía y generar corriente eléctrica se determina por los siguientes parámetros:

- **Velocidad de carga/descarga:** mide la velocidad con la que se llena y se vacía el acumulador. A mayor cantidad de ciclos de descarga, menor será la vida útil de la batería.
- **Profundidad de carga:** mide la cantidad de energía eléctrica que se puede introducir en la batería solar en cada carga. A mayor profundidad, menor será la vida útil del acumulador. Por este motivo, es recomendable no descargarlas más de un 50%.

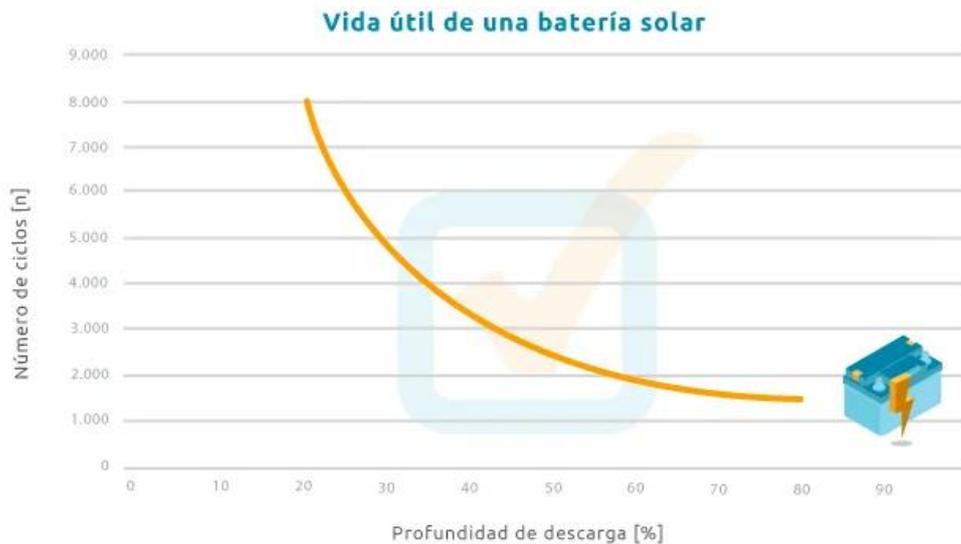


Ilustración 26: Vida útil de una batería solar

6.3.1.2 CAPACIDAD DE UNA BATERÍA SOLAR

La capacidad de una batería solar para autoconsumo fotovoltaico es la cantidad de energía que puede acumular el dispositivo y se mide en Amperios-hora (Ah). Se calcula multiplicando el voltaje por el amperaje de los acumuladores, no obstante, la energía suministrada también dependerá de la velocidad de descarga. Los factores que influyen en la capacidad son:

- 1. Amperaje:** representa la intensidad de corriente eléctrica o el caudal que suministra la batería solar.
- 2. Voltaje:** es la diferencia de potencial (o la fuerza) con la que circula la corriente proporcionada por la batería.
- 3. Velocidad de descarga de la batería:** a mayor velocidad de descarga, menor potencia suministrada por la batería. La cantidad de amperios que puede suministrar el acumulador viene en la descripción con el formato CX que indica las horas de descarga.

A continuación, os mostramos un ejemplo de energía suministrada según la velocidad de descarga:

Indicación	Tiempo de descarga	Amperaje/hora
C120	120 horas	1.300 Ah
C100	100 horas	950 Ah
C10	10 horas	620 Ah
C5	5 horas	550 Ah

Ilustración 27: Energía suministrada según la velocidad de descarga

6.3.1.3 TIPOS DE BATERÍAS

Existen múltiples tipos de baterías solares que se clasifican según la tecnología de fabricación, entre ellos, distinguimos:

Baterías solares AGM: indicadas para pequeñas instalaciones (por ejemplo, autoconsumo en autocaravanas) y no requieren mantenimiento. Son muy versátiles y aunque se sometan a ciclos de descarga profunda, presentan muy buen funcionamiento y se pueden recargar. Los acumuladores AGM cuentan con una vida útil que oscila entre los 5 y 10 años.

Baterías fotovoltaicas Monoblock: se suelen utilizar en instalaciones aisladas de bajo consumo o uso esporádico (como, por ejemplo, iluminación). Su vida útil es de aproximadamente entre 4 y 5 años.

Baterías solares estacionarias: cuentan con una excelente calidad- precio en el sector fotovoltaico. Este tipo de acumuladores está diseñado para viviendas, ya que se indican en instalaciones con altos y continuos consumos además de estar preparadas para sufrir descargas profundas.

Batería de litio para placas solares: ligeras, compactas y con rápidos tiempos de carga. Este tipo de acumuladores se pueden utilizar en cualquier instalación y no requieren ningún

mantenimiento. Además, no emiten ningún tipo de gases contaminantes, por lo que son muy sostenibles. Como desventaja, es el acumulador que presenta un precio más elevado.

Según el nivel de carga podemos obtener los siguientes tipos de baterías:

- Baterías solares 12V: indicadas para consumos mensuales inferiores a 100 kW·h y potencias de 1 kW. En estos casos, es aconsejable utilizar baterías monoblock ya que están diseñadas para segundas residencias en las que el consumo es ocasional y bajo (ejemplo, casas de campo).

Nivel de carga	Voltios
Total (100%)	12,7V
75%	12,5V
50%	12,2V
30%	12V
Descargada	11,6V

Ilustración 28: Nivel de carga para baterías de 12 V

- Baterías solares 24V: indicada para consumos que oscilan entre los 100 y los 150 kW·h y con potencias de entre 1 y 5 kW. Se recomienda utilizar baterías estacionarias en este tipo de sistemas de autoconsumo.

Nivel de carga	Voltios
Total (100%)	25,4V
75%	25V
50%	24,4V
30%	24V
Descargada	23,2V

Ilustración 29: Nivel de carga para baterías de 24 V

- Baterías solares 48V: indicadas para consumos por encima de los 150 kW·h mensuales y con potencias superiores a los 5 kW. En estas instalaciones se aconseja utilizar baterías estacionarias o baterías de litio.

Nivel de carga	Voltios
Total (100%)	50,8V
75%	50V
50%	48,8V
30%	48V
Descargada	46,4V

Ilustración 30: Nivel de carga para baterías de 48 V

Como para nuestro estudio queremos obtener descargas profundas y los consumos son superiores a los 150kW·h utilizaremos baterías estacionarias de 48V, en concreto, la *Batería Estacionaria 600Ah 48V Ultracell UZS600*. La Batería Estacionaria 600Ah 48V Ultracell UZS600 se compone de 8 unidades del modelo UZS600-6, tenemos la ficha técnica del modelo UZS600-6 en el

ANEXO III: BATERÍA UZS600-6

6.3.1.4 CÁLCULO DEL BANCO DE BATERÍAS

6.3.1.4.1 Pulang Bato

Para realizar el cálculo del banco de baterías vamos a necesitar información que ya hemos definido anteriormente. Necesitaremos el valor de las horas de sol pico (HSP=6), el consumo diario (CD=236 kW·h), baterías de 48V(Vu), una autonomía (AU=2 días) y una profundidad de descarga (DOD= 50%). Con toda esta información podremos calcular la capacidad del banco de baterías: este cálculo se realizará por medio de la siguiente formula:

$$Cap = \frac{CD * AU}{DOD} = \frac{236000 * 2}{0.5} = 944 \text{ kW} \cdot h$$

Pero este dato lo necesitamos pasar amperios hora, ya que es la forma en que viene expresadas las baterías.

$$Cap(A \cdot h) = \frac{Cap}{Vu} = \frac{944000}{48} \simeq 20 \text{ kA} \cdot h$$

Para mi instalación en Pulang Bato necesitaríamos un total 20 kA·h.

Como para nuestra instalación hemos decidió tener una tensión de 48V, y nuestras baterías se componen de células de 6V, tendremos que colocar 8 células de 6V en serie para conseguir nuestra tensión de 48V y a continuación empezaremos a colocar en paralelo.

Si observamos en el ANEXO II: MODULO SOLAR, nuestra célula tiene una capacidad nominal de 600 A·h.

$$N = \frac{20000}{600} = 33$$

Siendo N el número de baterías que habría que colocar en paralelo en la instalación.

6.3.1.4.2 Gilutongan

Para realizar el cálculo del banco de baterías vamos a realizar los mismos pasos que para el apartado de Pulang Bato, es decir, vamos a necesitar el valor de las horas de sol pico (HSP=6), el consumo diario (CD=227.612 W·h), baterías de 48V (Vu), una autonomía (AU=2 días) y una profundidad de descarga (DOD= 50%). Con toda esta información podremos calcular la capacidad del banco de baterías: este cálculo se realizará por medio de la siguiente fórmula:

$$Cap = \frac{CD * AU}{DOD} = \frac{227612 * 2}{0.5} = 910448 W \cdot h$$

Pero este dato lo necesitamos pasar amperios hora, ya que es la forma en que viene expresadas las baterías.

$$Cap(A \cdot h) = \frac{Cap}{Vu} = \frac{910448}{48} \simeq 18968 A \cdot h$$

Para mi instalación en Gilutongan necesitaríamos un total 18968 A·h.

Como para nuestra instalación hemos decidió tener una tensión de 48V, y nuestras baterías se componen de células de 6V, tendremos que colocar 8 células de 6V en serie para conseguir nuestra tensión de 48V y a continuación empezaremos a colocar en paralelo.

Si observamos en el anexo X, nuestra célula tiene una capacidad nominal de 600 A·h.

$$N = \frac{18968}{600} = 32$$

Siendo N el número de baterías que habría que colocar en paralelo en la instalación.

6.3.2 REGULADOR DE CARGA

Al igual que para el entendimiento de las baterías nos guiamos en la página web *Selectra*, para comprender el funcionamiento de los reguladores de carga nos basaremos en la siguiente información [12].

El regulador solar es un elemento imprescindible en las instalaciones aisladas y en las conectadas a red que cuenten con baterías solares. Esto se debe a que tienen la función de

proteger a los acumuladores de energía evitando descargas profundas y/o sobrecargas excesivas, asegurando su correcto funcionamiento y alargando su vida útil.

En el regulador de carga, distinguimos dos áreas de funcionamiento:

1. Área relacionada con la carga, que tiene doble función: por una parte, asegurar la carga de la batería y, por otra parte, evitar las sobrecargas de esta.
2. Área relacionada con la descarga: garantizar que la batería cuenta con suficiente suministro diario para evitar que esta se descargue excesivamente.

Por tanto, el regulador solar, tiene como función principal asegurar el proceso óptimo de carga de la batería fotovoltaica, que consta de tres etapas: bulk, absorción y flotación.

- **Fase bulk:** en este punto, la batería se encuentra prácticamente descargada. Por tanto, comienza el proceso de carga y se inyecta la energía captada por las placas solares en forma de corriente continua. Mientras se está cargando, aumenta la tensión del acumulador progresivamente hasta llegar a la etapa de absorción.
- **Fase absorción:** en esta etapa, la corriente de la carga se reduce poco a poco hasta que la carga de la batería se completa y llega a su etapa de flotación.
- **Fase de flotación:** cuando la batería está completa, la tensión se reduce a la tensión de flotación (un poco más bajo que la de absorción), con la finalidad de evitar posibles descargas no deseadas. Esto se debe a que en este punto las baterías están cargadas y lo que se pretende es mantenerlas así.

A continuación, mostraremos una ilustración donde se podrán observar el funcionamiento de las diferentes etapas con respecto al tiempo y estado de carga:

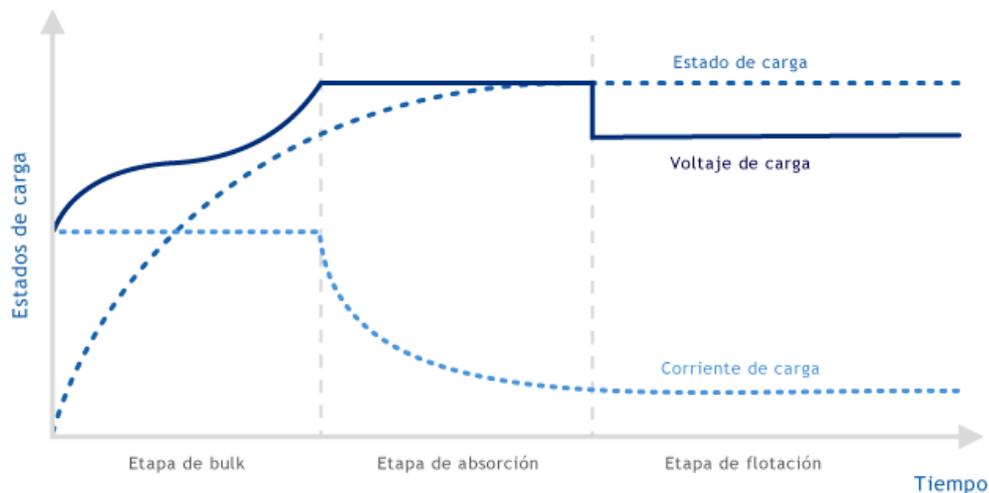


Ilustración 31: Etapas del regulador de carga en función del tiempo y el estado

Existen dos tipos de reguladores de carga según su tecnología. Los reguladores PWM y los MPPT.

Los reguladores PWM (*Pulse-width modulation*) son los reguladores de carga tradicionales. Estos reguladores hacen que las placas solares funcionen a la misma tensión que la de los acumuladores solares (si la batería es de 24V, los paneles la cargan con una tensión de 24V). Estos reguladores se caracterizan por ser sencillos, económicos y ligeros. No obstante, son menos eficientes que los MPPT.

Los reguladores MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) tal y como indica su nombre, son maximizadores de potencia, ya que adaptan la captación de energía solar a la tensión de las baterías, obteniendo de este modo la máxima eficiencia de producción en cada instante.

Los reguladores MPPT son capaces de trabajar a distintas tensiones ya que cuentan con convertidor de tensión CC-CC (de alta tensión en las placas a baja tensión en los

acumuladores). Por tanto, estos reguladores aumentan el rendimiento en torno a un 30% más que los PWM.

A la hora de decidir entre un regulador solar PWM o MPPT, debemos tener en cuenta ciertos aspectos. En primer lugar, la placa solar que se vaya a utilizar determinará el regulador a utilizar. Por otra parte, se puede decir que cuanto mayor es la instalación fotovoltaica más recomendable es la elección de un regulador MPPT. Si lo aplicamos a nuestro proyecto al ser estudios de poblaciones usaremos reguladores MPPT.

Para nuestra instalación usaremos el siguiente regulador MPPT: *El Regulador 12V / 24V / 48V 80A MPPT Must Solar* es un avanzado controlador de carga solar con maximizador MPPT. Permite conectar cualquier tipo de panel solar para realizar la carga de nuestra batería de 12, 24, 48V a un máximo de 80A de intensidad.

6.3.3 INVERSORES

El inversor solar es un convertidor de corriente que se encarga de transformar la energía producida por las placas solares en energía útil para el consumo diario. Además, el inversor fotovoltaico también optimizará la producción fotovoltaica de la instalación solar, permitiendo obtener el máximo rendimiento de cada uno de los paneles solares del sistema de autoconsumo fotovoltaico.

Los paneles solares transforman la energía solar en corriente continua. Es aquí donde entra en juego el papel del inversor fotovoltaico ya que la corriente continua no es válida para el consumo eléctrico. Por ello, el convertidor de corriente adecua su onda y la frecuencia transformándola en alterna y habilitando su uso.

Los tipos de inversor de corriente solar se clasifican generalmente atendiendo a dos criterios: su aplicación y su forma de onda. Y más ampliamente, podemos hablar de esta clasificación de inversores solares:

Inversores monofásicos: para instalaciones con tipo de red monofásica. Más habituales en viviendas para autoconsumo con balance neto.

Inversores trifásicos: para instalaciones con red trifásica. Más habituales en instalaciones de autoconsumo de tamaño medio y grande.

Los inversores solares deben cumplir las siguientes características:

1. **Potencia máxima de transformación:** es la cantidad de energía máxima que nuestro inversor puede transformar, puede venir expresada tanto en W como en VA. A pesar de que los inversores tienen unos márgenes de seguridad mayores a la capacidad marcada, es conveniente elegir un modelo de inversor adecuado para la instalación.

2. Sistemas de protección: los inversores solares deben ser capaces de detener la producción en caso de corto circuito, caída de la red o fallo de algún componente. Si no es posible, debemos instalar un sistema de apagado por separado.

3. Optimización: El inversor debe optimizar la producción solar independientemente de las sombras o el tipo de panel instalado. Por ello, debemos evaluar qué inversor es más apropiado para nuestra vivienda.

4. Registro de los datos: la recopilación de los datos de producción nos permitirá verificar el correcto funcionamiento de nuestra instalación y, en el caso de que lo hubiera, solucionar el problema.

A la hora de la elección de del tipo de inversor debemos tener en cuenta si nuestra instalación está conectada a red o es aislada. En la siguiente ilustración podemos ver los modelos que se usarían dependiendo de la instalación.

Tipo de instalación	Modelo inversor
Con conexión a red	Inversores tipo cadena (<i>string</i>)
	Microinversores
	Optimizadores de potencia
Instalaciones con baterías y aisladas	Aisalda
	Inversor-cargador
	Inversores híbridos

Ilustración 32: Modelo de inversores según su instalación

Para nuestro proyecto hemos decidido hacer una instalación aislada por lo que deberemos tener en cuenta que los inversores para instalaciones aisladas elevan la potencia de las baterías desde 12, 24 o 48V hasta la potencia nominal que utilizamos en nuestra vivienda o negocio 220V. Estos inversores tienen medidas de seguridad frente a la sobretensión, exceso

de temperatura y cortocircuito de salida. Además, evitan la sobre descarga de baterías cortando el consumo si la tensión de descarga de las baterías es muy baja. En función de su la onda, encontramos los siguientes tipos de inversores fotovoltaicos:

Onda modificada: es más económico, pero se pueden dar interferencias con algunos electrodomésticos.

Onda pura: la energía transformada es igual a la energía de la red y evita todo tipo de interferencias. Su precio es más elevado.

Inversor cargador: estos inversores funcionan de manera muy similar a los inversores para instalaciones aisladas con baterías, pero incorporan un sistema de carga conectado a la red para poder cargar los acumuladores en los días nublados o de mucha demanda. Estos inversores permiten poder contar siempre con energía y evitar grandes descargas de las baterías, lo cual perjudica su funcionamiento.

Inversor híbrido: los convertidores híbridos permiten gestionar la energía solar a través de las baterías, así como la inyección de los excedentes de energía en la red eléctrica.

El inversor solar es una pieza clave en la instalación fotovoltaica, por tanto, no es recomendable invertir en unos paneles solares de la máxima eficiencia si el inversor no tiene buen rendimiento. A continuación, podemos observar en la siguiente ilustración las marcas de inversores con mejor calidad y más conocidas del mercado:

Marca del inversor
ABB
ABB posee uno de los catálogos más amplios de inversores además de ser uno de los líderes en fotovoltaica a nivel mundial. Podemos encontrar todos los modelos de inversores para vivienda así como inversores de varios megavatios para grandes instalaciones industriales.
APsystems
Especializada en los microinversores solares, APSystems ofrece uno de los mejores productos relación calidad precio. Sus microinversores de última tecnología optimizan y monitorean nuestros paneles.
Fronius
Caracterizados por su eficiencia, seguridad y polivalencia, pueden abarcar desde los 1,5 kW hasta los 27 kW de potencia. Son una elección segura tanto para viviendas como medianas empresas.
Huawei
Huawei es la marca de inversores más vendida y nos ofrece uno de los mejores productos en cuanto a optimizadores de potencia se refiere. Sus productos presentan las últimas tecnologías del mercado así como un diseño moderno que encaja en cualquier hogar. Los inversores Huawei permiten monitorear nuestras placas en nuestro smartphone así como proporcionar unos niveles máximos de seguridad.
Kaco New Energy
Kaco es una compañía alemana dedicada al mundo de la energía solar. Sus inversores son muy polivalentes, vienen totalmente equipados y nos permiten abarcar potencias de viviendas y medianas instalaciones.
Kostal Solar Electric
Esta empresa con sede en Alemania, cuenta con más de 100 años de experiencia y proporciona inversores híbridos y de cadena con las tecnologías más modernas del mercado.
SMA Solar Technology
SMA es una de las marcas más prestigiosas dentro del mercado de la industria fotovoltaica. Entre sus productos encontramos desde los inversores más sencillos hasta módulos inteligentes. Es la tercera marca más vendida a nivel mundial.
Solaredge
Los inversores Solaredge poseen una de las mejores relaciones calidad precio del mercado además de otorgar al cliente hasta 25 años de garantía. Sus productos tienen rendimientos constantes cercanos al 97%, siendo uno de los más altos del mercado.
Solax Power
Esta empresa de origen chino, está presente en casi 50 países y proporciona productos muy competitivos. Además, esta empresa invierte muchos recursos en I+D, consiguiendo inversores con las tecnologías más avanzadas.

Ilustración 33: Marcas de inversores

Toda esta información ha sido recopilada gracias a la página web Selectra [13].

6.3.3.1 Cálculo del Inversor

6.3.3.1.1 Pulang Bato

Para realizar el cálculo del inversor vamos a necesitar los datos de consume de poblado en el día, en concreto la potencia de los aparatos, en la siguiente tabla mostraremos la potencia de los aparatos tanto del colegio como del poblado.

Potencia simultánea en Pulang Bato por hogar			
APARATO	W	Cantidad	Potencia simultanea
Bombilla fluorescente compacto	11	5	55
Tv CRT color 21 pulgadas	200	1	200
Ventilador techo	60	1	60
Ventilador portátil Cata	35	2	70
Equipo de música	40	1	40
Cargador de móvil	5	3	15
Nevera genérica	63	1	63
Total			503

Tabla 14: Potencia simultanea por hogar en Pulang Bato

Como en Pulang Bato tenemos alrededor de 50 casas, nuestra potencia simultánea con respecto a las casas seria de 25150 W.

Potencia simultánea en Pulang Bato por clase			
APARATO	W	Cantidad	Potencia simultanea
Bombilla fluorescente compacto	11	2	22
Ordenador Portátil	200	1	200
Ventilador portátil Cata	60	2	120
Ventilador de techo	48	1	48
Proyector ISE 2015	200	1	200
Total			590

Tabla 15: Potencia simultanea por clase en Pulang Bato

A su vez, tenemos un total de 7 clases, por lo que nuestra potencia simultánea en el colegio seria de 4130W.

Si aplicamos un margen de seguridad de un 10% obtendríamos un total de potencia simultanea de:

$$Pot\ sim = (4130 + 25150) * 1.1 = 32208\ W$$

Para la instalación de Pulang Bato necesitaremos un inversor de tensión 48 V y potencia 33kW.

6.3.3.1.2 Gilutongan

Al igual que para el cálculo de Pulang bato, necesitaremos los datos de las potencias de los aparatos:

Potencia simultanea por hogar en Gilutongan			
APARATO	W	Cantidad	Potencia simultanea
Bombilla fluorescente compacto	11	2	22
Tv CRT color 21 pulgadas	200	1	200
Ventilador techo	60	1	60
Ventilador portátil Cata	35	1	35
Equipo de música	40	1	40
Cargador de móvil	5	1	5
Total			362

Tabla 16: Potencia simultanea por hogar en Gilutongan

Como en Gilutongan tenemos alrededor de 100 casas, nuestra potencia simultánea con respecto a las casas seria de 36200 W.

Si aplicamos un margen de seguridad de un 10% obtendríamos un total de potencia simultanea de:

$$Pot\ sim = (36200) * 1.1 = 39820\ W$$

Para la instalación de Pulang Bato necesitaremos un inversor de tensión 48 V y potencia 40kW.

Capítulo 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. www.doe.gov.ph último acceso: 09/02/2021
- [2]. www.philatlas.com último acceso: 15/02/09
- [3]. <https://www.electrocalculator.com> último acceso: 18/05/2021
- [4]. power.larc.nasa.gov último acceso: 27/05/2021
- [5]. www.sfe-solar.com último acceso: 21/04/2021
- [6]. www.cordova.gov.ph último acceso 29/04/2021
- [7]. [Real Academia de Ingeniería](#) último acceso: 09/05/2021
- [8]. www.sfe-solar.com/celula-fotovoltaica/ último acceso: 16/05/2021
- [9]. www.sfe-solar.com/paneles-solares/ último acceso: 25/05/2021
- [10]. www.suriaenergy.com/instalaciones-solares/ último acceso: 02/06/2021
- [11]. selectra.es/componentes/baterías-solares último acceso: 13/06/2021
- [12]. selectra.es/componentes/regulador-solar último acceso: 20/06/2021
- [13]. selectra.es/componentes/inversor-solar último acceso: 29/06/2021
- [14]. www.undp.org último acceso 21/07/2021

ANEXO I METAS DESARROLLO SOSTENIBLE

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, también conocidos como Objetivos Mundiales, se adoptaron por todos los Estados Miembros en 2015 como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030. Se aprobaron un total de 17 ODS para los próximos 15 años [14].

Durante este proyecto nos hemos centrado en los siguientes ODS 1,7y 13.

1.Fin de la pobreza:

Erradicar la pobreza en todas sus formas sigue siendo uno de los principales desafíos que enfrenta la humanidad. Si bien la cantidad de personas que viven en la extrema pobreza disminuyó en más de la mitad entre 1990 y 2015, aún demasiadas luchan por satisfacer las necesidades más básicas.

A nivel mundial, alrededor de 736 millones de personas aún viven con menos de US\$1,90 al día (2015) y muchos carecen de acceso a alimentos, agua potable y saneamiento adecuados. El crecimiento económico acelerado de países como China e India ha sacado a millones de personas de la pobreza, pero el progreso ha sido dispar. La posibilidad de que las mujeres vivan en situación de pobreza es desproporcionadamente alta en relación con los hombres, debido al acceso desigual al trabajo remunerado, la educación y la propiedad.

En relación con nuestro proyecto, pondremos fin a la pobreza energética en los diferentes poblados de estudio, con la intención de hacer un crecimiento económico para así las familias pueden gastar el dinero en alimentación y no en energía.

7. Energía asequible y no contaminante:

Entre 2000 y 2016, la cantidad de personas con acceso a energía eléctrica aumentó de 78 a 87 por ciento, y el número de personas sin energía bajó a poco menos de mil millones.

Sin embargo, a la par con el crecimiento de la población mundial, también lo hará la demanda de energía accesible, y una economía global dependiente de los combustibles fósiles está generando cambios drásticos en nuestro clima.

Para alcanzar el ODS7 para 2030, es necesario invertir en fuentes de energía limpia, como la solar, eólica y termal y mejorar la productividad energética.

Expandir la infraestructura y mejorar la tecnología para contar con energía limpia en todos los países en desarrollo, es un objetivo crucial que puede estimular el crecimiento y a la vez ayudar al medio ambiente.

En nuestro proyecto este es el ODS principal para seguir, una energía limpia formada por energía solar.

13. Acción por el clima:

No hay país en el mundo que no haya experimentado los dramáticos efectos del cambio climático. Las emisiones de gases de efecto invernadero continúan aumentando y hoy son un 50% superior al nivel de 1990. Además, el calentamiento global está provocando cambios permanentes en el sistema climático, cuyas consecuencias pueden ser irreversibles si no se toman medidas urgentes ahora.

Las pérdidas anuales promedio causadas solo por catástrofes relacionadas al clima alcanzan los cientos de miles de millones de dólares, sin mencionar el impacto humano de las catástrofes geofísicas, el 91 por ciento de las cuales son relacionadas al clima, y que entre 1998 y 2017 tomaron la vida de 1,3 millones de personas, y dejaron a 4.400 millones heridas. El objetivo busca movilizar US\$ 100.000 millones anualmente hasta 2020, con el fin de

abordar las necesidades de los países en desarrollo en cuanto a adaptación al cambio climático e inversión en el desarrollo bajo en carbono.

Apoyar a las regiones más vulnerables contribuirá directamente no solo al Objetivo 13 sino también a otros Objetivos de Desarrollo Sostenible. Estas acciones deben ir de la mano con los esfuerzos destinados a integrar las medidas de reducción del riesgo de desastres en las políticas y estrategias nacionales. Con voluntad política y un amplio abanico de medidas tecnológicas, aún es posible limitar el aumento de la temperatura media global a dos grados Celsius por encima de los niveles pre-industriales, apuntando a 1,5°C. Para lograrlo, se requieren acciones colectivas urgentes.

Este proyecto ha ayudado en este objetivo proponiendo una electrificación por medio de energías renovables, en concreto, la solar.

ANEXO II: MODULO SOLAR







SunPower X-Series: X22-370

SunPower® Residential DC Panel

SunPower X-Series panels combine the top efficiency, durability and warranty available in the market today, resulting in more long-term energy and savings. ^{1,2}



Maximum Power. Minimalist Design.

Industry-leading efficiency means more power and savings per available space. With fewer panels required, less is truly more.



Highest Lifetime Energy and Savings

Designed to deliver 60% more energy in the same space over 25 years in real-world conditions like partial shade and high temperatures. ²

Fundamentally Different. And Better.



The SunPower Maxeon® SolarCell

- Enables highest efficiency panels available ³
- Unmatched reliability ³
- Patented solid metal foundation prevents breakage and corrosion




As Sustainable As Its Energy

- Ranked #1 in Silicon Valley Toxics Coalition 2015 Solar Scorecard ⁴
- First solar panels to achieve Cradle to Cradle Certified™ Silver recognition ¹
- Contributes to more LEED categories than conventional panels ⁵

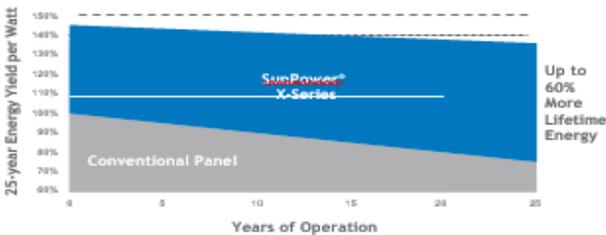


Best Reliability, Best Warranty

With more than 25 million panels deployed around the world, SunPower technology is proven to last. That's why we stand behind our panel with the industry's best 25-year Combined Power and Product Warranty, including the highest Power Warranty in solar.

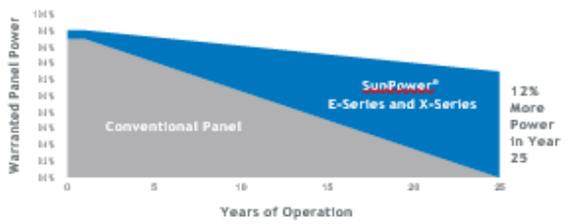


25-year Energy Yield per Watt



Up to 60% More Lifetime Energy

Warranted Panel Power



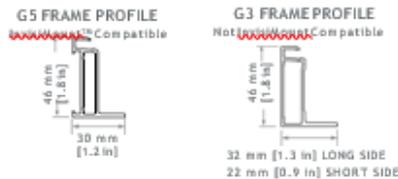
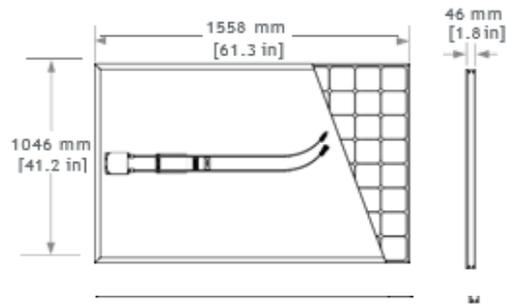
12% More Power In Year 25

X-Series: X22-370 SunPower® Residential DC Panel

Electrical Data	
SPR-X22-370	
Nominal Power (P_{max}) ⁷	370 W
Power Tolerance	+5/0%
Panel Efficiency	22.7%
Rated Voltage (V_{mp})	59.1 V
Rated Current (I_{mp})	6.26 A
Open-Circuit Voltage (V_{oc})	69.5 V
Short-Circuit Current (I_{sc})	6.66 A
Max. System Voltage	600 V UL & 1000 V IEC
Maximum Series Fuse	15 A
Power Temp Coef.	-0.29% / °C
Voltage Temp Coef.	-167.4 mV / °C
Current Temp Coef.	2.9 mA / °C

Operating Condition And Mechanical Data	
Temperature	-40° F to +185° F (-40° C to +85° C)
Impact Resistance	1 inch (25 mm) diameter hail at 52 mph (23 m/s)
Appearance	Class A+
Solar Cells	96 Monocrystalline Monocrystalline Gen III
Tempered Glass	High-transmission tempered anti-reflective
Junction Box	IP-65, MC4 compatible
Weight	41 lbs (18.6 kg)
Max. Load	G5 Frame: Wind: 62 psf, 3000 Pa front & back Snow: 125 psf, 6000 Pa front
	G3 Frame: Wind: 50 psf, 2400 Pa front & back Snow: 112 psf, 5400 Pa front
Frame	Class 1 black anodized (highest AAMA rating)

Tests And Certifications	
Standard Tests ⁸	UL1703 (Type 2 Fire Rating), IEC 61215, IEC 61730
Quality Management Certs	ISO 9001:2015, ISO 14001:2015
EHS Compliance	RoHS, OHSAS 18001:2007, lead free, Recycle Scheme, REACH SVHC-163
Sustainability	Cradle to Cradle Certified ⁵ Silver. "Declare." listed.
Ammonia Test	IEC 62716
Desert Test	10.1109/PVSC.2013.6744437
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
PID Test	1000V: IEC 62804, PVEL 600 hr duration
Available Listings	UL, TUV, MCS, FSEC, CEC



G5 frames have no mounting holes. Please read the safety and installation guide.

1 SunPower 360 W compared to a Conventional Panel on same-sized arrays (260 W, 16% efficient, approx. 1.6 m²), 4% more energy per watt (based on ~~50~~ panel files), 0.75%/yr slower degradation (Compass, Z. et al. "SunPower Module Degradation Rate," ~~White~~ white paper, 2013).
 2 Based on search of datasheet values from websites of top 10 manufacturers per IHS, as of January 2017.
 3 #1 rank in "SunPower PV Durability Initiative for Solar Modules: Part 3", ~~ENR~~ Power Magazine, 2015. Compass, Z. et al. "SunPower Module Degradation Rate," ~~White~~ white paper, 2013.
 4 SunPower ~~is~~ #1 on Silicon Valley Toxics Coalition's Solar Scorecard.
 5 Cradle to Cradle Certified is a multi-attribute certification program that assesses products and materials for safety to human and environmental health, design for future use cycles, and sustainable manufacturing.
 6 X-Series and E-Series panels additionally contribute to LEED Materials and Resources credit categories.
 7 Standard Test Conditions (1000 W/m² irradiance, AM 1.5, 25° C). NREL calibration Standard: SCMS current, LACCs FF and Voltage.
 8 Type 2 fire rating per UL1703:2013, Class C fire rating per UL1703:2002.

See www.sunpower.com/company for more reference information. For more details, see extended datasheet: www.sunpower.com/solar-resources. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

©2018 SunPower Corporation. All rights reserved. SUNPOWER, the SUNPOWER logo, MAXEON and ~~MAXEON~~ are trademarks or registered trademarks of SunPower Corporation.

1-800-SUNPOWER

SUNPOWER®

527787 Rev A / LTR_US

ANEXO III: BATERÍA UZS600-6

UZS600-6



Physical Specification

Part Number	UZS600-6
Length	295 ± 2 mm
Width	178 ± 2 mm
Container Height	405 ± 2 mm
Total Height (with terminal)	408 ± 2 mm
Without Electrolyte	34.5 kg
With Electrolyte	52.0 kg

Specifications

	Nominal Voltage	6V	
	Nominal Capacity (120HR)	600AH	
Terminal Type	Standard Terminal	F22	
Container Material	Standard Option	ABS	
Rated Capacity	120hr, 1.80V/cell, 25°C	600.0 AH/ 5.00A	
	100hr, 1.80V/cell, 25°C	550.0 AH/ 5.50A	
	10hr, 1.80V/cell, 25°C	360.0 AH/ 36.0A	
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	324.0 AH/ 64.8A	
	1hr, 1.60V/cell, 25°C	202.0 AH/ 202A	
Max Discharge Current	1300A (5s)		
Internal Resistance	Approx 2.5m Ω		
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15°C~50°C(5°F~122°F)	
		Charge: -10°C~50°C(14°F~122°F)	
		Storage: -20°C~50°C(-4°F~122°F)	
	Nominal Operating Temp. Range	25±3°C	
	Float Charging Voltage (25°C)	6.60 ~ 6.72V at 25°C Temp. Coefficient -18mV/°C	
	Cycle Charging Voltage (25°C)	7.05 ~ 7.20V at 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C	
	Capacity affect by Temperature (10HR)	40°C	102%
		25°C	100%
0°C		85%	
-15°C		65%	
Design Floating Life at 20°C	20 Years		
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.		

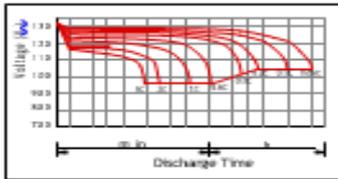
Constant Current Discharge (Amperes) at 25°C

F.V/TIME	30min	60min	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h	24h	48h	100h	120h
1.60V	328	202	128	94.7	79.1	66.6	56.6	43.3	36.6	19.8	17.2	9.12	5.64	5.11
1.65V	321	199	127	94.1	78.7	66.2	56.2	43.0	36.6	19.8	17.2	9.10	5.61	5.10
1.70V	311	194	126	92.8	77.6	65.3	55.5	42.4	36.5	19.7	17.1	9.06	5.60	5.07
1.75V	304	190	124	92.2	77.0	64.8	55.1	42.1	36.3	19.6	17.0	9.03	5.56	5.04
1.80V	293	184	121	89.4	74.7	62.9	53.4	40.9	36.0	19.4	16.9	8.86	5.50	5.00

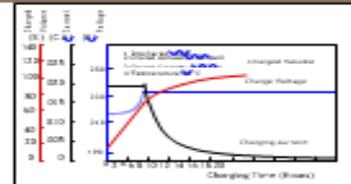
Constant Power Discharge (Watts) at 25°C

F.V/TIME	30min	60min	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h	2h	48h	100h	120h
1.60V	647	404	247	186	155	131	111	85.7	72.9	39.6	247	18.4	11.6	10.5
1.65V	634	398	245	184	154	130	111	85.2	72.8	39.5	245	18.4	11.5	10.5
1.70V	614	388	243	182	152	129	109	84.0	72.6	39.4	243	18.3	11.5	10.4
1.75V	599	380	240	181	151	128	109	83.4	72.1	39.2	240	18.2	11.4	10.3
1.80V	577	369	233	175	146	124	105	80.9	71.6	38.9	233	17.8	11.1	10.0

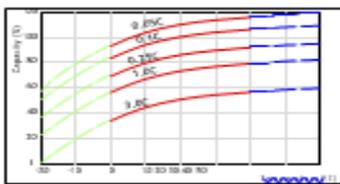
Discharge Characteristics



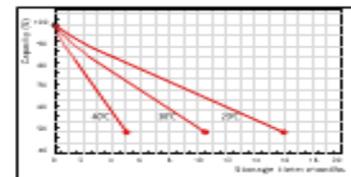
Float Charging Characteristics



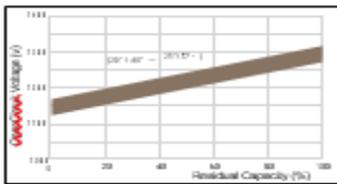
Effect of Temperature on Capacity



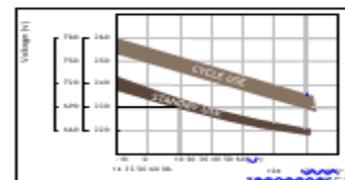
Self Discharge Characteristics



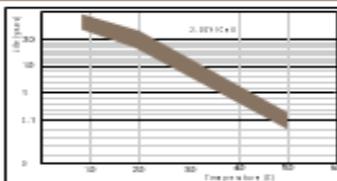
Relationship for Open Circuit Voltage & Residual Capacity



Relationship for Charging Voltage & Temperature



Floating Life on Temperature



Cycle Life on D.O.D

