



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Facultad de Ciencia y Tecnología

Tecnología Superior en Electricidad

Diseño e instalación de sistema fotovoltaico para carga de dispositivos móviles de bajo consumo.

Trabajo previo a la obtención del título de Tecnólogo/a Superior en Electricidad

Julio Cesar García Jiménez

Evaristo Ramon Mariscal Torres

Director: Ing. Diego Mogrovejo Narváz

Galápagos - Ecuador

2026

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de investigación en primer lugar a Dios, por la oportunidad de formarme en esta bonita especialidad de electricidad, por las herramientas necesarias brindadas en cada proceso por más difíciles que hayan sido. A mi esposa, Melissa Briones, por el apoyo incondicional, comprensión y constante motivación, pilares fundamentales para la culminación de esta etapa académica. A mis hijas, Violeta y Brigitte, quienes constituyen la razón más grande de mi esfuerzo y superación, siendo fuente permanente de inspiración para alcanzar cada uno de mis objetivos. A mis tías, Mariana Torres y Magdalena, por su valioso respaldo, sabios consejos y acompañamiento brindado a lo largo de este proceso.

Finalmente, a mi familia, por su confianza, apoyo inquebrantable y por estar siempre presentes en cada logro alcanzado.

Evaristo Mariscal

Dedico este trabajo de titulación a mi familia por ser el motor que me impulsa a seguir, a no rendirme a estar con paso firme, gracias por motivarme para lograr un gran objetivo para nuestras vidas. con todo mi amor y gratitud gracias familia.

Julio Cesar

Agradecimientos

Agradezco profundamente a Dios en todo momento, por guiar cada camino de mi vida, permitirme disfrutar de los momentos más valiosos junto a mi familia. Agradezco a mi esposa Melissa Briones e hijas Violeta y Brigette que han sido mi motivación de superación y apoyo.

A la Universidad del Azuay por darme la oportunidad de formarme, a todos los docentes por la paciencia y catedra que han plasmado en mí, de manera especial al Ingeniero Diego Mogrovejo, tutor de mi tesis por su acompañamiento, guía y paciencia en este proceso de titulación.

Agradezco profundamente a ELECGALAPAGOS S.A. por brindarme la oportunidad de estudiar un tercer nivel y realizar las prácticas preprofesionales en sus instalaciones. A la Magister Diana Chavez por permitirme realizar mis prácticas de vinculación en la Escuela Educativa Básica Carlos Darwin de la parroquia El Progreso.

Evaristo Mariscal

Se agradece al Municipio de San Cristóbal por haber permitido la instalación de los paneles solares para la carga de dispositivos móviles en espacios públicos.

Se agradece así mismo al local comercial de bebidas y comida Chiringuito ubicado en playa Mann y al restaurante Green Coffee por ser parte del proyecto colaborando con su auspicio.

También se agradece al Ingeniero Diego Mogrovejo por ser el pilar fundamental en todo este proceso del proyecto presentado gracias por guiarnos en este gran camino.

Julio Cesar

Resumen

El presente trabajo constituye una memoria técnica sobre el diseño e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo destinado a la carga de dispositivos móviles de bajo consumo en el archipiélago de Galápagos. El objetivo del estudio fue diseñar e implementar un sistema fotovoltaico autónomo que cubra la demanda energética de dispositivos móviles, considerando las condiciones operativas y ambientales del sitio de instalación.

Se determinó la demanda energética diaria a partir de perfiles de consumo obtenidos en campo, expresados en Wh/día. Se caracterizó el recurso solar mediante datos de irradiación obtenidos con la herramienta PVGIS, a partir de los cuales se calcularon las Horas Sol Pico (HSP), adoptando el valor mínimo anual como condición de diseño.

Con base en estos parámetros, se calculó la potencia requerida del generador fotovoltaico y se determinó el número de módulos necesarios. Se dimensionó el sistema de almacenamiento considerando una autonomía de un día y una profundidad de descarga conforme a especificaciones del fabricante. Se seleccionaron y verificaron los componentes del sistema en función de sus parámetros eléctricos y rangos de operación.

Se dimensionaron conductores y dispositivos de protección aplicando criterios de capacidad de corriente, caída de tensión y factores de corrección. Se definió la configuración del sistema y el diseño de la estructura de soporte para la estación de carga, considerando condiciones de instalación, protección mecánica y acceso para mantenimiento.

El diseño desarrollado constituye la base técnica para la implementación del sistema, permitiendo su construcción, instalación y puesta en operación conforme a los parámetros definidos. El sistema satisface la demanda energética establecida y garantiza la operación bajo condiciones correspondientes a la HSP mínima del sitio.

Palabras clave: Sistema fotovoltaico autónomo, Carga de dispositivos móviles, Demanda energética, Horas sol pico (HSP), Dimensionamiento fotovoltaico, Sistema de almacenamiento, Diseño eléctrico.

Abstract

This work constitutes a technical report on the design and installation of an autonomous photovoltaic system intended for charging low-power mobile devices in the Galápagos archipelago. The objective of the study was to design and implement an autonomous photovoltaic system capable of meeting the energy demand of mobile devices, considering the operational and environmental conditions of the installation site.

The daily energy demand was determined based on consumption profiles obtained from field data, expressed in Wh/day. The solar resource was characterized using irradiation data obtained from the PVGIS tool, from which Peak Sun Hours (PSH) were calculated, adopting the minimum annual value as the design condition.

Based on these parameters, the required power of the photovoltaic generator was calculated and the number of modules was determined. The storage system was sized considering one day of autonomy and a depth of discharge according to manufacturer specifications. System components (photovoltaic module, battery, charge controller, and inverter) were selected and verified according to their electrical parameters and operating ranges.

Conductors and protection devices were sized using current-carrying capacity, voltage drop, and correction factors. The system configuration and structural design of the charging station were defined considering installation conditions, mechanical protection, and maintenance access.

The developed design establishes the technical basis for system implementation, enabling construction, installation, and commissioning according to the defined parameters. The system meets the established energy demand and ensures operation under minimum site irradiation conditions.

Keywords: Autonomous photovoltaic system, Mobile device charging, Energy demand, Peak sun hours (PSH), Photovoltaic sizing, Energy storage system, Electrical design.

Índice de Contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Introducción	1
Problemática	3
Justificación	3
Marco teórico	4
Energía Solar fotovoltaica	4
Figura 1 Granja Solar.	6
Sistemas fotovoltaicos Off-Grid.....	6
Figura 2 Componentes de un sistema fotovoltaico Off-grid.	7
Recurso solar y parámetros de diseño.	8
Componentes de un sistema fotovoltaico.	10
Figura 3 Tipos de paneles solares.	12
Figura 4 Tipos de acumuladores	13
Figura 5 Controlador de carga con tecnología MPPT (Maximum Power Point Tracking)	14
Figura 6 Inversores fotovoltaicos.	15
Figura 7 Protecciones eléctricas DC-AC.	16
Figura 8 Conductores eléctricos AC-DC.	17
Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.	17
1. Determinación de la demanda energética y potencia máxima.....	17
2. Definición de la tensión nominal del sistema	18
3. Dimensionamiento del banco de baterías.....	18
4. Selección del regulador de carga	19
5. Selección del inversor	19
Estaciones de carga para dispositivos móviles	20
Figura 9 Estación de carga solar para dispositivos móviles en campus universitario.	21
Objetivos	22

General.....	22
Específicos	22
Materiales y Métodos.....	22
Materiales.....	22
Metodología	25
Procedimiento.....	26
Figura 10 Mapa satelital de la Isla San Cristóbal, Galápagos.	28
Tabla 1 HSP Y TEMPERATURA DEL EMPLAZAMIENTO.	28
Tabla 2 Potencia y Tiempo de Carga.....	29
Figura 11 Ficha técnica-Panel solar monocristal 60w powest.....	31
Figura 12 Características técnicas de la batería.	34
Figura 13 Especificaciones técnicas del regulador de carga solar serie CP.....	36
Figura 14 Especificaciones del inversor.....	37
Tabla 3 Resumen de selección de conductores.....	38
Inversión requerida para la implementación del sistema	39
Análisis de costos del sistema fotovoltaico	39
Tabla 4 Componentes y costos	40
Análisis de la inversión.....	40
Resultados.....	41
Conclusiones.....	42
Referencias.....	43
Trabajos citados	43
Anexos.....	45

Índice de Tablas

Tabla 1 HSP Y TEMPERATURA DEL EMPLAZAMIENTO.....	28
Tabla 2 Potencia y Tiempo de Carga.	29
Tabla 3 Resumen de selección de conductores.....	38
Tabla 4 Componentes y costos	40

Índice de Figuras

Figura 1 Granja Solar.....	6
Figura 2 Componentes de un sistema fotovoltaico Off-grid.	7
Figura 3 Tipos de paneles solares.....	12
Figura 4 Tipos de acumuladores.....	13
Figura 5 Controlador de carga con tecnología MPPT (Maximum Power Point Tracking). 14	
Figura 6 Inversores fotovoltaicos.	15
Figura 7 Protecciones eléctricas DC-AC.....	16
Figura 8 Conductores eléctricos AC-DC.....	17
Figura 9 Estación de carga solar para dispositivos móviles en campus universitario.	21
Figura 10 Mapa satelital de la Isla San Cristóbal, Galápagos.	28
Figura 11 Ficha técnica-Panel solar monocristal 60w powest.....	31
Figura 12 Características técnicas de la batería.....	34
Figura 13 Especificaciones técnicas del regulador de carga solar serie CP.....	36
Figura 14 Especificaciones del inversor.....	37

Índice de Anexos

Anexo 1: Ficha técnica del panel solar.....	45
Anexo 2: Ficha técnica de la batería.....	47
Anexo 3: Ficha técnica del regulador de carga.....	49
Anexo 4: Ficha técnica de los cables.....	50
Anexo 5: Cotización ecotech solutions	51

Introducción

El acceso a energía eléctrica para la carga de dispositivos móviles constituye una necesidad cada vez más frecuente en espacios públicos, especialmente en zonas donde la disponibilidad de infraestructura eléctrica es limitada o inexistente. En la actualidad, estos dispositivos cumplen funciones que van más allá de la comunicación personal, ya que facilitan el acceso a información, la orientación, la conectividad y la atención de situaciones de emergencia. Por ello, disponer de puntos de carga en áreas de uso común representa un requerimiento funcional que incide en la comodidad y operatividad de los usuarios.

En territorios insulares y ambientalmente sensibles como el archipiélago de Galápagos, la implementación de soluciones energéticas debe considerar no solo la necesidad de suministro, sino también criterios de sostenibilidad, autonomía y bajo impacto ambiental. En este contexto, los sistemas fotovoltaicos autónomos constituyen una alternativa técnicamente viable, al permitir la generación de energía eléctrica a partir de la radiación solar sin depender de la red de distribución. Esta característica los hace especialmente adecuados para aplicaciones de baja potencia en espacios abiertos o de difícil acceso a infraestructura convencional.

El diseño de sistemas fotovoltaicos destinados a la carga de dispositivos móviles requiere un proceso técnico fundamentado en la determinación de la demanda energética, la caracterización del recurso solar disponible y el dimensionamiento de los componentes que integran el sistema. Este procedimiento permite establecer la capacidad de generación, almacenamiento y conversión de energía en función de condiciones reales de operación, garantizando que la solución propuesta responda adecuadamente a los requerimientos del servicio.

Diversos estudios han abordado el diseño de sistemas fotovoltaicos para aplicaciones de baja potencia. En este sentido, se ha desarrollado el diseño de sistemas eléctricos para la carga de baterías de celulares mediante paneles fotovoltaicos, considerando parámetros de generación y almacenamiento en función de la demanda (Machado Herrera, 2019). De manera

complementaria, se ha evaluado el desempeño de estaciones fotovoltaicas para carga de dispositivos móviles en entornos reales, analizando su comportamiento energético y condiciones de operación (Martin Araújo & Contreras Barrera, s.f.). Estos antecedentes evidencian que existe interés técnico en el desarrollo de soluciones energéticas autónomas; sin embargo, su aplicación debe adaptarse a las condiciones particulares del lugar de instalación, al perfil de consumo y a los criterios de seguridad eléctrica requeridos.

En este marco, el presente trabajo aborda el diseño e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo para la carga de dispositivos móviles de bajo consumo en el archipiélago de Galápagos. El estudio considera la determinación de la demanda energética mediante datos de consumo, la evaluación del recurso solar a partir de información de irradiación y el dimensionamiento de los componentes del sistema bajo criterios eléctricos, operativos y de seguridad. De este modo, se busca establecer una propuesta técnicamente sustentada que pueda servir como base para la implementación de estaciones de carga sostenibles en espacios de uso público.

El documento se estructura a partir de la identificación del problema, la fundamentación teórica de los sistemas fotovoltaicos autónomos, el desarrollo metodológico aplicado al caso de estudio, el dimensionamiento de los componentes principales y la definición de la instalación eléctrica propuesta. En conjunto, estos elementos permiten consolidar una solución técnicamente viable y acorde con las condiciones del entorno en el que se pretende implementar.

En consecuencia, el estudio no solo responde a una necesidad puntual de suministro energético, sino que también aporta un criterio técnico aplicable al desarrollo de soluciones fotovoltaicas autónomas de pequeña escala en contextos insulares.

Problemática

En los espacios públicos del archipiélago de Galápagos se evidencia una limitada disponibilidad de puntos de suministro eléctrico destinados a la carga de dispositivos móviles, particularmente en sectores de alta afluencia de personas, actividad turística y permanencia al aire libre. Esta condición restringe el uso continuo de dichos equipos, los cuales cumplen funciones cada vez más relevantes en comunicación, acceso a información, orientación y atención de emergencias.

La problemática se acentúa en zonas alejadas de la red de distribución o en espacios donde la ampliación de infraestructura eléctrica convencional resulta limitada por condiciones técnicas, económicas o ambientales propias del territorio insular y protegido. En consecuencia, los usuarios recurren a instalaciones privadas o a soluciones no diseñadas para atender esta demanda en espacios abiertos, lo que pone en evidencia la ausencia de infraestructura específica y la necesidad de implementar alternativas energéticas autónomas, seguras y adaptadas al contexto local.

Justificación

La limitada disponibilidad de puntos de suministro eléctrico en espacios públicos del archipiélago de Galápagos restringe el acceso a energía para la carga de dispositivos móviles, particularmente en zonas de alta concurrencia y permanencia de usuarios. Esta situación evidencia la necesidad de contar con soluciones energéticas que permitan atender dicha demanda de manera segura, autónoma y compatible con las condiciones territoriales y ambientales del entorno insular.

En este contexto, el desarrollo de un sistema fotovoltaico autónomo se justifica como una alternativa técnicamente viable para generar energía en el punto de consumo sin depender de la red eléctrica convencional. Su implementación permite aprovechar el recurso solar disponible en el sitio, reducir la necesidad de infraestructura adicional y establecer una solución orientada al suministro de cargas de baja potencia en espacios abiertos.

Desde el punto de vista técnico, el estudio permite definir criterios para la determinación de la demanda energética, la caracterización del recurso solar y el dimensionamiento de los componentes principales del sistema, tales como módulos fotovoltaicos, baterías, regulador de carga, inversor, conductores y protecciones eléctricas. De esta manera, se establece una base de diseño que puede servir como referencia para futuras aplicaciones similares en contextos con condiciones operativas comparables.

Asimismo, la propuesta adquiere relevancia práctica y ambiental, ya que promueve el uso de energías renovables en un territorio de alta sensibilidad ecológica, aportando a la incorporación de soluciones sostenibles para necesidades energéticas puntuales. En consecuencia, el presente trabajo no solo responde a una necesidad funcional de suministro eléctrico para dispositivos móviles, sino que también contribuye al desarrollo de alternativas de abastecimiento energético de pequeña escala adaptadas al contexto de Galápagos.

Marco teórico

Energía Solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica corresponde a la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Este proceso ocurre en materiales semiconductores que, al absorber la energía de los fotones incidentes, liberan electrones y permiten la circulación de corriente eléctrica. En términos prácticos, la celda fotovoltaica constituye la unidad básica de conversión; sin embargo, debido a que su potencia individual es reducida, varias celdas se interconectan para formar módulos, y varios módulos a su vez pueden agruparse en arreglos capaces de abastecer distintas demandas eléctricas. (NREL, 1997)

Desde el punto de vista tecnológico, la energía fotovoltaica ha experimentado una evolución significativa y actualmente constituye una de las alternativas más relevantes dentro de la transición energética global. Reportes internacionales recientes la describen como un componente estratégico de los sistemas energéticos sostenibles, mientras que la literatura científica especializada señala que las tecnologías basadas en silicio continúan ocupando una

posición dominante en la industria fotovoltaica, debido a su madurez tecnológica, confiabilidad y amplia adopción comercial.

El desempeño de los módulos fotovoltaicos suele expresarse bajo condiciones estándar de prueba o STC (Standard Test Conditions), que establecen una irradiancia de 1000 W/m^2 , una temperatura de celda de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y un espectro solar de masa de aire 1.5. Estas condiciones permiten comparar módulos bajo una referencia común; no obstante, no representan el comportamiento real en campo, ya que la producción efectiva del sistema depende de factores como la irradiación disponible, la temperatura de operación, la orientación e inclinación de los módulos y las pérdidas asociadas al sistema. Por ello, el análisis técnico de un sistema fotovoltaico debe considerar no solo la potencia nominal del módulo, sino también las condiciones reales del sitio de instalación.

Asimismo, es importante señalar que un sistema fotovoltaico no está conformado únicamente por módulos solares. Para su funcionamiento integral se requieren componentes de balance del sistema, entre ellos reguladores de carga, baterías, inversores, cableado, dispositivos de protección, sistemas de puesta a tierra y estructuras de soporte. La selección y compatibilidad de estos elementos determinan la seguridad, confiabilidad y eficiencia del sistema, especialmente en aplicaciones autónomas o aisladas, donde la continuidad del suministro depende del adecuado equilibrio entre generación, almacenamiento y consumo.

Para efectos de comparación y especificación técnica, el rendimiento de los módulos se evalúa bajo condiciones estándar de prueba (STC), definidas por valores de irradiancia, temperatura y espectro solar, que establecen un marco de referencia para el análisis de desempeño (Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, 2007).

Figura 1 Granja Solar.



Fuente: Adaptado de Energía solar fotovoltaica: qué es y cómo funciona, por P. Seguí, 2025, OVACEN (<https://ovacen.com/energias-renovables/solar/fotovoltaica/>).

Sistemas fotovoltaicos Off-Grid.

Los sistemas fotovoltaicos autónomos, también denominados sistemas aislados u off-grid, corresponden a sistemas de generación eléctrica que operan sin conexión a la red, suministrando energía directamente a las cargas mediante la conversión de la radiación solar. Este tipo de configuración se emplea cuando no existe disponibilidad de red eléctrica o cuando se requiere independencia operativa del sistema, siendo necesario garantizar el suministro energético mediante el uso de almacenamiento (Abella, 2005).

Desde el punto de vista funcional, un sistema fotovoltaico autónomo está compuesto por un generador fotovoltaico encargado de la conversión de energía, un sistema de regulación que controla el flujo de energía hacia el almacenamiento, un banco de baterías que permite acumular energía para su uso en ausencia de radiación solar y, en caso de requerir alimentación en corriente alterna, un inversor que realiza la conversión de corriente continua a corriente alterna. La interacción entre estos elementos define el comportamiento operativo del sistema, el cual depende de la relación entre generación, almacenamiento y demanda. (NREL, 1997)

Una característica fundamental de estos sistemas es la necesidad de balance energético, el cual se establece a partir de la relación entre generación, almacenamiento y demanda. Este criterio permite definir la capacidad del sistema de almacenamiento, la cual debe garantizar la autonomía requerida durante periodos sin generación solar. A diferencia de los sistemas

conectados a red, en los cuales la red puede compensar déficits instantáneos, en un sistema aislado la continuidad del servicio depende del adecuado dimensionamiento de cada componente y de la correspondencia entre el perfil de carga, el recurso solar disponible y la capacidad de respaldo energético. Por esta razón, la evaluación de este tipo de sistemas no debe limitarse al dimensionamiento eléctrico, sino que también debe considerar criterios de factibilidad técnica, organizacional y financiera, además de riesgos operativos, mantenimiento y condiciones reales del sitio de implementación.

En este contexto, el dimensionamiento del sistema se realiza considerando parámetros como la radiación solar disponible, el perfil de consumo y las condiciones de operación del sistema (Abella, 2005).

En cuanto a su configuración, los sistemas fotovoltaicos off-grid pueden organizarse como sistemas acoplados en corriente continua (DC-coupled), acoplados en corriente alterna (AC-coupled) o sistemas híbridos. En los sistemas acoplados en corriente continua, la energía del arreglo fotovoltaico carga directamente el banco de baterías, lo que suele favorecer la simplicidad y la eficiencia de carga. En los sistemas acoplados en corriente alterna, la energía generada se convierte primero a corriente alterna y posteriormente vuelve a convertirse para gestionar el almacenamiento, configuración que puede ofrecer ventajas de expansión y flexibilidad en determinadas aplicaciones. Por su parte, los sistemas híbridos incorporan más de una fuente de generación o respaldo, como solar y generador auxiliar, con el propósito de incrementar la confiabilidad del suministro. (NREL, 1997)

Figura 2 Componentes de un sistema fotovoltaico Off-grid.



Fuente: Adaptado de Paneles solares kit de 5 kW zona costa, por Bolsa de Productos, s.f., (<https://bolsadeproductos.com.ec/listing/paneles-solares-kit-de-5-kw-zona-costa/>).

Recurso solar y parámetros de diseño.

El recurso solar constituye la base energética de un sistema fotovoltaico, por lo que su correcta caracterización es una etapa esencial del diseño. En términos generales, la radiación solar disponible en un emplazamiento puede expresarse mediante variables como la irradiación global horizontal, la irradiación directa normal y la irradiación sobre el plano del generador. Para fines de diseño fotovoltaico, esta última adquiere especial importancia, ya que la energía útil del sistema depende de la radiación efectivamente incidente sobre la superficie inclinada de los módulos y no únicamente de la radiación medida en un plano horizontal. (Sengupta, 2024).

En ese sentido, la evaluación del recurso solar no debe limitarse al uso de un valor promedio anual, debido a que la disponibilidad energética presenta variaciones mensuales, horarias e interanuales. Desde el punto de vista del diseño, esta variabilidad resulta relevante porque la producción fotovoltaica cambia en función de la estacionalidad, de la nubosidad y de la orientación e inclinación adoptadas para el arreglo. Por ello, herramientas como PVGIS permiten obtener no solo promedios mensuales de irradiación, sino también perfiles diarios, series horarias y años meteorológicos típicos, insumos que mejoran la representatividad de la estimación energética del sistema. (Commission, 2024)

Su estimación puede realizarse mediante mediciones directas o a partir de modelos empíricos que relacionan variables meteorológicas, como el brillo solar, con la radiación global incidente. En este contexto, se han desarrollado coeficientes de correlación que permiten estimar la radiación solar a partir de registros de brillo solar, facilitando la caracterización del recurso en zonas donde no se dispone de mediciones radiométricas directas (Guzmán, 2015).

Para su aplicación en el diseño de sistemas fotovoltaicos, la irradiación solar se transforma en el parámetro denominado horas sol pico (HSP), el cual representa el número equivalente de horas diarias en las que la irradiancia solar es de 1000 W/m^2 . Este parámetro permite relacionar directamente la energía disponible con la potencia instalada del sistema, siendo

utilizado como base para el dimensionamiento del generador fotovoltaico. La selección de la HSP se realiza considerando valores representativos del sitio, generalmente adoptando condiciones conservadoras para garantizar el suministro energético bajo escenarios de menor disponibilidad solar.

Otro aspecto clave es el efecto de la temperatura sobre el desempeño de los módulos fotovoltaicos. Aunque la potencia nominal de los módulos se declara bajo condiciones estándar de prueba, estas corresponden a una irradiancia de 1000 W/m^2 y a una temperatura de referencia de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, condiciones que rara vez se mantienen en operación real. En campo, la temperatura del módulo puede aumentar de forma considerable dependiendo de la irradiancia, la ventilación posterior, la forma de montaje y las condiciones atmosféricas, lo que reduce la potencia efectiva disponible. Por esta razón, el análisis del recurso solar debe complementarse con información de temperatura ambiente y con criterios de corrección por temperatura durante el dimensionamiento (International Electrotechnical Commission, 2019)

El desempeño de los módulos fotovoltaicos se evalúa bajo condiciones estándar de prueba (STC), las cuales establecen un marco de referencia para la caracterización eléctrica de los equipos. Estas condiciones consideran una irradiancia de 1000 W/m^2 , una temperatura de celda de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y un espectro solar normalizado, permitiendo definir parámetros nominales como la potencia máxima, tensión y corriente. Estos valores constituyen la base para la comparación técnica entre módulos y para el análisis de su comportamiento en condiciones reales de operación.

Asimismo, en la estimación del recurso utilizable deben considerarse las pérdidas asociadas a sombras, suciedad, reflexión, cableado, desajustes eléctricos y eficiencia de conversión. La literatura técnica indica que la producción real de un sistema fotovoltaico está influida por una combinación de factores ambientales y operativos, entre ellos la temperatura del módulo, la suciedad superficial, la reflexión óptica, las fallas de componentes y las pérdidas en el acondicionamiento de potencia. Incluso en sistemas pequeños, estos factores pueden modificar de manera importante la energía finalmente entregada a la carga, por lo que su consideración mejora la confiabilidad del diseño (Dierauf, y otros, 2013). En particular,

después de la irradiancia, la suciedad es reconocida como uno de los factores más influyentes sobre el rendimiento energético de los sistemas fotovoltaicos, por lo que conviene incluir márgenes razonables de pérdidas y prever mantenimiento periódico. (Schill, y otros, 2022).

De igual manera, las condiciones locales del emplazamiento deben incorporarse como parte de los parámetros de diseño. La presencia de horizonte natural, edificaciones, vegetación o elementos cercanos puede generar sombras parciales y reducir la captación solar durante determinadas horas del día. PVGIS incluye la posibilidad de considerar el horizonte local en la estimación de radiación y producción, lo cual es relevante cuando el sitio de instalación presenta obstrucciones o topografía circundante. De forma complementaria, la literatura de confiabilidad de módulos señala que variables como temperatura, humedad, irradiancia y viento también influyen en el comportamiento y la durabilidad del sistema en campo.

En consecuencia, el diseño de un sistema fotovoltaico no debe basarse únicamente en la potencia nominal de los módulos ni en un promedio simple de radiación. Un enfoque técnicamente más robusto exige relacionar la demanda energética con la irradiancia disponible sobre el plano de captación, la condición crítica de diseño, la temperatura de operación, las pérdidas previsibles y las características reales del sitio de instalación. Bajo este criterio, la caracterización del recurso solar deja de ser un dato aislado y se convierte en un insumo integral para definir la viabilidad, confiabilidad y seguridad operativa del sistema propuesto. (Sengupta, 2024).

Componentes de un sistema fotovoltaico.

Un sistema fotovoltaico autónomo está compuesto por varios elementos que trabajan juntos para generar, almacenar, regular y suministrar energía eléctrica sin necesidad de estar conectado a la red eléctrica. La selección e integración adecuada de estos componentes resulta fundamental para garantizar el desempeño, la seguridad y la continuidad operativa del sistema.

1. Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos constituyen el elemento principal de un sistema solar, ya que son los encargados de transformar de manera directa la energía proveniente de la radiación solar en energía eléctrica en corriente continua. Esta conversión se produce gracias al efecto fotovoltaico, fenómeno físico que ocurre en materiales semiconductores, como el silicio, cuando son expuestos a la luz solar. Al recibir la radiación incidente, las celdas fotovoltaicas generan una diferencia de potencial eléctrico que permite el flujo de corriente a través de un circuito.

Cada módulo está conformado por un conjunto de celdas fotovoltaicas interconectadas en serie y/o en paralelo, con el propósito de alcanzar los niveles de tensión y corriente requeridos para una aplicación determinada. Estas celdas se encuentran encapsuladas y protegidas mediante materiales que garantizan su aislamiento, resistencia mecánica y durabilidad frente a condiciones ambientales como humedad, polvo, radiación ultravioleta y variaciones de temperatura. De esta manera, el módulo no solo cumple la función de generación eléctrica, sino que también asegura estabilidad operativa y vida útil prolongada en condiciones de servicio.

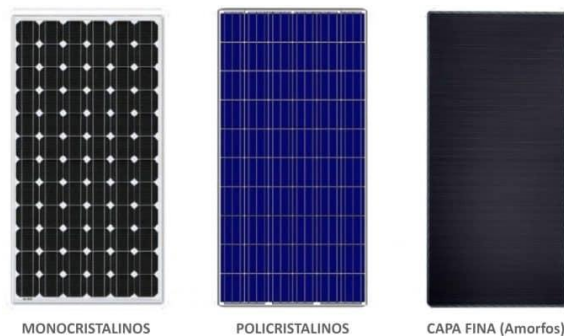
El desempeño eléctrico de un módulo fotovoltaico se describe principalmente a través de su curva corriente-tensión (I-V) y su curva potencia-tensión (P-V), las cuales permiten identificar parámetros fundamentales como la corriente de cortocircuito, la tensión de circuito abierto, la corriente y tensión en el punto de máxima potencia, y la potencia nominal del módulo. Estos parámetros son esenciales para el diseño y dimensionamiento del sistema, ya que permiten verificar la compatibilidad del módulo con el regulador de carga, el banco de baterías y los demás componentes eléctricos.

Asimismo, el rendimiento de los módulos fotovoltaicos depende de varios factores de operación, entre ellos la irradiancia solar disponible, la temperatura de trabajo, la orientación e inclinación del panel, la presencia de sombras parciales y las condiciones de limpieza de la superficie. En condiciones reales, el aumento de

temperatura en el módulo suele provocar una disminución de su tensión y, en consecuencia, una reducción de la potencia entregada. Por ello, en el diseño de sistemas fotovoltaicos es importante considerar no solo la potencia nominal declarada por el fabricante bajo condiciones estándar, sino también el comportamiento esperado en el sitio de instalación.

En aplicaciones de baja potencia, como estaciones de carga para dispositivos móviles, la selección del módulo fotovoltaico debe realizarse considerando criterios de potencia requerida, compatibilidad eléctrica, eficiencia, dimensiones físicas, facilidad de instalación y resistencia a las condiciones ambientales del emplazamiento. En este sentido, el módulo fotovoltaico representa la base del sistema de generación, ya que de su capacidad y desempeño depende en gran medida la energía disponible para cubrir la demanda de la carga y para mantener el adecuado funcionamiento del sistema en conjunto.

Figura 3 Tipos de paneles solares.



Fuente: Adaptado de Tipos de paneles fotovoltaicos, por Tritec-Center, s.f. (<https://tritec-center.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>).

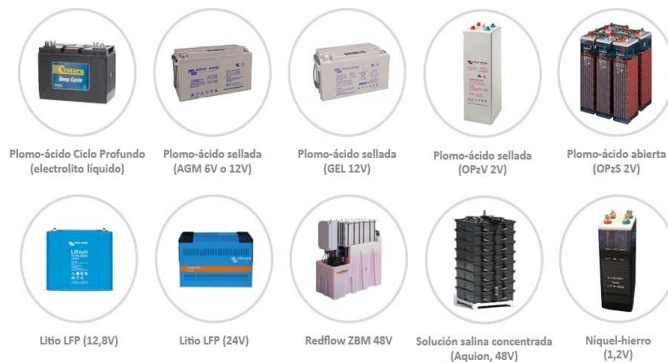
2. Baterías (almacenamiento).

Las baterías cumplen una función fundamental dentro de un sistema fotovoltaico autónomo, ya que permiten almacenar la energía generada durante las horas de radiación solar para que pueda ser utilizada cuando no existe producción fotovoltaica, como en la noche o en periodos de baja irradiación. Gracias a este componente, el sistema puede mantener la continuidad del suministro eléctrico y responder de forma más estable a la demanda de las cargas.

Su selección y dimensionamiento dependen principalmente de la cantidad de energía que el sistema necesita almacenar, del tiempo durante el cual se requiere autonomía y de las condiciones reales de operación. En este proceso también se consideran aspectos como la profundidad de descarga permitida, la eficiencia de carga y descarga, la tensión nominal del sistema y la vida útil esperada del almacenamiento. Estos factores son importantes porque influyen directamente en el desempeño, la confiabilidad y la durabilidad de las baterías a lo largo del tiempo.

En sistemas de baja potencia, como una estación de carga para dispositivos móviles, las baterías no solo actúan como respaldo energético, sino que también ayudan a estabilizar el funcionamiento general del sistema, permitiendo que la energía esté disponible en el momento en que el usuario la requiera. Por ello, una adecuada elección del tipo y capacidad de batería resulta clave para garantizar que el sistema opere de manera segura, eficiente y continua.

Figura 4 Tipos de acumuladores



Fuente: Adaptado de Cálculo y diseño de un banco de baterías, por Tritec-Center, s.f. (<https://tritec-center.cl/calculo-y-diseno-de-un-banco-de-baterias-2/>).

3. Reguladores de carga.

El regulador de carga es un componente esencial en los sistemas fotovoltaicos autónomos, ya que se encarga de gestionar de manera adecuada la energía que circula entre los módulos fotovoltaicos y las baterías. Su función principal es controlar el proceso de carga y descarga, evitando que las baterías reciban una carga excesiva o

que se descarguen por debajo de los niveles recomendados, situaciones que pueden afectar su rendimiento y reducir su vida útil.

Además de proteger el sistema de almacenamiento, el regulador contribuye a que el funcionamiento general del sistema sea más estable y seguro, ya que adapta los niveles de tensión y corriente según las condiciones de operación. Esto permite aprovechar mejor la energía generada por los paneles solares y mantener un proceso de carga más eficiente.

En aplicaciones de baja potencia, como una estación de carga para dispositivos móviles, el regulador de carga cumple un papel clave porque asegura que la energía disponible sea administrada correctamente y que las baterías operen dentro de sus parámetros adecuados. Por ello, su selección debe realizarse considerando la tensión nominal del sistema, la corriente máxima del arreglo fotovoltaico y la compatibilidad con el tipo de batería utilizado.

Figura 5 Controlador de carga con tecnología MPPT (Maximum Power Point Tracking)



Fuente: Adaptado de Controladores de carga BlueSolar y SmartSolar, por Victron Energy, s.f. (<https://www.victronenergy.com.es/solar-charge-controllers>).

4. Inversores.

El inversor es el equipo encargado de convertir la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos o almacenada en las baterías en corriente alterna, que es la forma de energía que requieren muchos equipos y dispositivos de uso común. Gracias a este componente, la energía producida por el sistema fotovoltaico puede adaptarse

a las condiciones de operación de cargas convencionales que no funcionan directamente en corriente continua.

La selección del inversor depende principalmente de la potencia que demandan las cargas, del tipo de equipo que se va a alimentar y de la compatibilidad con la tensión del sistema. También es importante considerar aspectos como la calidad de la onda de salida, la eficiencia del equipo y la capacidad para soportar picos de arranque, especialmente cuando se conectan dispositivos que requieren una demanda momentánea superior a su potencia nominal.

En los sistemas fotovoltaicos autónomos, el uso del inversor es necesario únicamente cuando existen cargas que operan en corriente alterna. Por esta razón, su incorporación debe responder a una necesidad real dentro del diseño, evitando sobredimensionamientos innecesarios y procurando que el sistema mantenga un funcionamiento eficiente. En aplicaciones de baja potencia, como estaciones de carga para dispositivos móviles, el inversor puede complementar el sistema cuando se desea disponer de tomacorrientes convencionales además de puertos de carga en corriente continua.

Figura 6 Inversores fotovoltaicos.



Fuente: Adaptado de ¿Qué es un inversor de corriente?, por Ecofener, 2023 (<https://ecofener.com/blog/>).

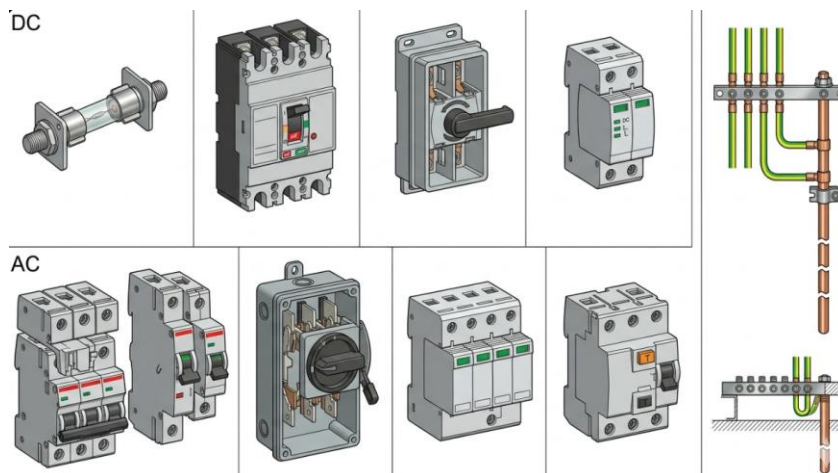
5. Sistemas de conexión y protecciones

Las protecciones eléctricas tienen la función de resguardar tanto los equipos como a las personas frente a posibles fallas durante la operación del sistema fotovoltaico.

Entre los dispositivos de protección más utilizados se encuentran los fusibles, interruptores y sistemas de puesta a tierra, los cuales permiten actuar ante sobrecorrientes, cortocircuitos, fallas de aislamiento o condiciones anormales de funcionamiento.

La incorporación de estas protecciones es indispensable para garantizar la seguridad y confiabilidad del sistema, ya que ayudan a prevenir daños en los componentes y reducen el riesgo de accidentes eléctricos. Por esta razón, su selección debe realizarse en función de los niveles de tensión, corriente y características propias de cada parte de la instalación, de modo que puedan responder de manera adecuada ante cualquier eventualidad.

Figura 7 Protecciones eléctricas DC-AC.

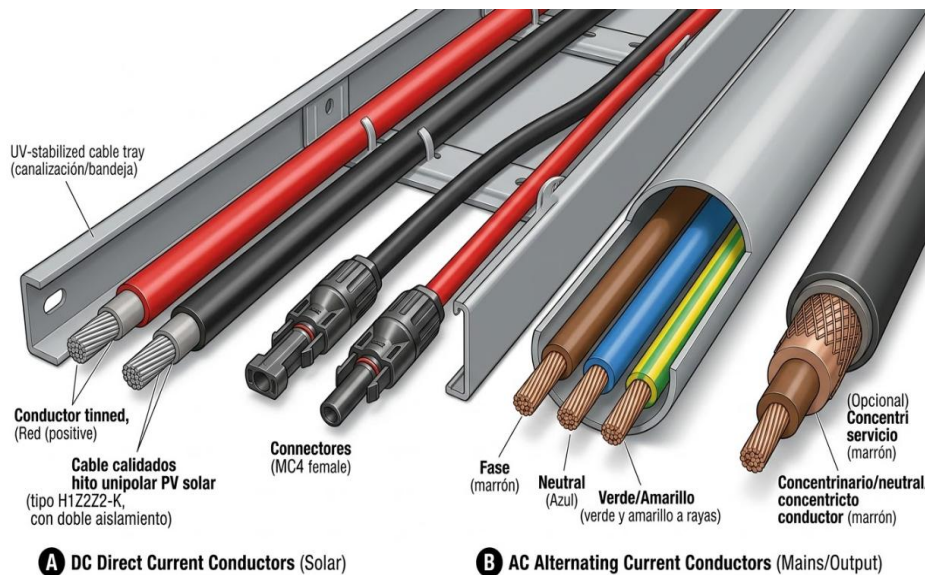


Fuente: Adaptado de Gemini 3 Flash, por Ilustración técnica de sistema fotovoltaico y protecciones eléctricas, (2026). <https://gemini.google.com/>.

Los conductores eléctricos son los encargados de transportar la energía entre los diferentes componentes del sistema fotovoltaico, desde los módulos hasta el regulador de carga, las baterías, el inversor y finalmente las cargas. Su correcta selección es fundamental para asegurar que la energía se transmita de manera eficiente y sin afectar el desempeño general de la instalación.

Para ello, los conductores deben dimensionarse de acuerdo con la corriente que circulará por cada tramo, la longitud del recorrido, la caída de tensión permitida y las condiciones de instalación. Además, es necesario considerar factores como la temperatura de operación, la exposición a la intemperie y el tipo de aislamiento requerido. Una selección inadecuada puede generar pérdidas de energía, calentamiento excesivo y disminución de la vida útil del sistema.

Figura 8 Conductores eléctricos AC-DC.



Fuente: Adaptado de Gemini 3 Flash, por Ilustración técnica de conductores solares tipo PV con conectores MC4 y cableado AC en canalización, (2026).

<https://gemini.google.com/>.

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

El dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo se desarrolla mediante una secuencia de pasos que permiten establecer la capacidad de generación, almacenamiento y conversión en función de la demanda energética y las condiciones del recurso solar.

1. Determinación de la demanda energética y potencia máxima

- Determinación de la demanda energética diaria:

Se identifica el consumo de cada carga del sistema y se calcula la energía total requerida en Wh/día, considerando el tiempo de operación de cada equipo.

- Caracterización del recurso solar del sitio:
Se obtiene la irradiación solar y se determina el valor de horas sol pico (HSP), adoptando valores conservadores (mínimos) para el diseño.
- Relación entre demanda y generación:
Se establece la potencia requerida del generador fotovoltaico en función de la energía diaria y la disponibilidad solar.
- Consideración de pérdidas del sistema:
Se incorporan factores de corrección asociados a pérdidas por temperatura, eficiencia de equipos, cableado y condiciones reales de operación.
- Determinación del número de módulos:
Se define la cantidad de módulos necesarios en función de la potencia calculada y las características eléctricas de los paneles seleccionados (Herrera, 2013).

2. Definición de la tensión nominal del sistema

- Definición de la tensión del sistema:
Se define el nivel de tensión del banco de baterías en función de la potencia del sistema y criterios de diseño.

3. Dimensionamiento del banco de baterías

- Definición de la autonomía del sistema:
Se establece el número de días durante los cuales el sistema debe operar sin generación solar.
- Cálculo de la energía a almacenar:
Se determina la cantidad total de energía requerida en función de la demanda diaria y la autonomía definida.
- Consideración de la profundidad de descarga (DoD):
Se ajusta la capacidad del banco de baterías considerando el porcentaje máximo de descarga permitido según el tipo de batería.
- Determinación de la capacidad del banco:

Se establece la capacidad en Ah requerida y la configuración de las baterías (serie/paralelo) para cumplir con los requerimientos energéticos (Tapia, y otros, 2024).

4. Selección del regulador de carga

- **Determinación de la corriente del generador fotovoltaico:**
Se calcula la corriente máxima que entregará el arreglo fotovoltaico.
- **Selección del tipo de regulador:**
Se define el uso de tecnología PWM o MPPT en función de las características del sistema.
- **Verificación de compatibilidad de tensión:**
Se asegura que el regulador opere dentro del rango de tensión del sistema y del banco de baterías.
- **Dimensionamiento por corriente nominal:**
Se selecciona un regulador cuya capacidad de corriente sea superior a la corriente del generador, considerando factores de seguridad (Tapia, y otros, 2024).

5. Selección del inversor

- **Determinación de la potencia de las cargas en AC:**
Se calcula la potencia total requerida por los equipos que operan en corriente alterna.
- **Consideración de picos de arranque:**
Se evalúan condiciones de arranque de equipos que puedan demandar potencias superiores a la nominal.
- **Selección de la tensión de entrada:**
Se verifica la compatibilidad con la tensión del banco de baterías.
- **Definición del tipo de onda de salida:**
Se selecciona el inversor en función del tipo de carga (onda sinusoidal pura o modificada).
- **Verificación de capacidad y eficiencia:**
Se asegura que el inversor cumpla con la potencia requerida y condiciones de operación del sistema (Herrera, 2013).

Estaciones de carga para dispositivos móviles

Las estaciones de carga para dispositivos móviles corresponden a sistemas diseñados para suministrar energía eléctrica a equipos de bajo consumo, principalmente mediante interfaces en corriente continua como puertos USB o mediante conversión a corriente alterna según el tipo de carga. Su implementación requiere la integración de elementos de conversión, regulación y distribución, adaptados a las condiciones de operación del sistema y a los requerimientos eléctricos de los dispositivos.

1. Configuración de puntos de carga

La configuración de los puntos de carga se define en función del número de usuarios y del tipo de conexión requerida. En sistemas de baja potencia, se emplean módulos de salida en corriente continua, generalmente a través de puertos USB, que permiten una entrega directa de energía sin necesidad de conversión adicional. Estos puntos pueden organizarse en configuraciones múltiples, integrados en una misma estructura, permitiendo la distribución simultánea de energía hacia varios dispositivos.

Adicionalmente, se pueden incorporar salidas en corriente alterna mediante el uso de inversores, cuando se requiere compatibilidad con cargadores convencionales. La disposición de los puntos de carga debe considerar criterios de accesibilidad, protección eléctrica y distribución uniforme de la carga dentro del sistema (Daza Carrillo & Pérez Aselas, 2020).

2. Requerimientos eléctricos de dispositivos

Los dispositivos móviles presentan requerimientos eléctricos específicos, generalmente caracterizados por niveles de tensión y corriente definidos por estándares de carga. En la mayoría de los casos, estos equipos operan en corriente continua con tensiones de 5 V, aunque pueden existir variaciones dependiendo de la tecnología de carga implementada. El dimensionamiento del sistema debe considerar la potencia demandada por cada dispositivo y la simultaneidad de uso, estableciendo la carga total que será abastecida por la estación. Este análisis permite definir la capacidad de suministro del sistema, así como

los elementos de regulación necesarios para garantizar una entrega de energía estable y segura.

3. Integración con sistemas fotovoltaicos

La integración de estaciones de carga con sistemas fotovoltaicos se realiza mediante la conexión de los puntos de carga a un sistema de generación y almacenamiento que permita suministrar energía de forma autónoma. En este tipo de configuraciones, la energía generada por los módulos fotovoltaicos es regulada y almacenada en baterías, desde donde se distribuye hacia las cargas según la demanda.

Este proceso implica la coordinación entre los distintos componentes del sistema, asegurando la compatibilidad eléctrica y la gestión adecuada de la energía disponible. En aplicaciones que incorporan sistemas de seguimiento solar, se puede incrementar la captación de energía, optimizando el desempeño del sistema en función de la posición del sol (Daza Carrillo & Pérez Aselas, 2020).

Figura 9 Estación de carga solar para dispositivos móviles en campus universitario.



Fuente: Adaptado de Conéctate con el medio ambiente y carga tu celular con energía solar, por Universidad Jorge Tadeo Lozano, 2017.

Objetivos

General

- Diseñar e instalar un sistema fotovoltaico autónomo destinado a la carga sostenible de dispositivos móviles de bajo consumo en el archipiélago de Galápagos, garantizando un suministro eléctrico seguro, eficiente y compatible con la conservación del entorno natural.

Específicos

- Analizar la demanda Energética asociada a la carga de dispositivos móviles de bajo consumo.
- Evaluar el recurso solar disponible en el entorno costero del archipiélago para determinar la viabilidad del sistema fotovoltaico.
- Dimensionar los componentes del sistema fotovoltaico autónomo, incluyendo paneles solares, controlador de carga y banco de baterías, considerando las condiciones ambientales de Galápagos.

Diseñar la instalación eléctrica y los sistemas de protección necesarios para una operación segura y compatible con los requerimientos del sistema fotovoltaico autónomo.

Materiales y Métodos

Materiales

1. Sistema de generación fotovoltaica.

- 1 módulo fotovoltaico de 60 W, modelo Powest NERM060-8060, con tecnología de silicio cristalino, adecuado para aplicaciones de baja potencia.
- Estructura de soporte para panel, fabricada en aluminio anodizado o acero galvanizado, resistente a la corrosión y condiciones ambientales del sitio.

- Pernos de anclaje y elementos de fijación, dimensionados para asegurar la estabilidad mecánica del sistema frente a cargas de viento.

2. Sistema de almacenamiento.

- Una batería de 12 V – 100 Ah, modelo Sylvania SSB-12V100AH, destinada al almacenamiento de energía para operación en ausencia de radiación solar..
- Gabinete protector para batería, con aislamiento físico, protección contra humedad y ventilación controlada para disipación térmica.

3. Sistema de control y conversión.

- Un regulador de carga de 10 A, compatible con sistemas de 12/24 V, encargado de gestionar el proceso de carga de la batería y evitar sobrecargas o descargas profundas.
- 1 inversor DC/AC (12 VDC a 110–120 VAC), con potencia nominal entre 150 W y 300 W, seleccionado en función de la carga prevista y considerando un margen de seguridad operativo.

4. Sistema de suministro a cargas.

- Un módulo de puertos USB de carga múltiple, destinado a la alimentación directa de dispositivos electrónicos de baja potencia.
- Tomacorriente en corriente alterna (AC), destinado a la conexión de cargadores convencionales mediante el inversor.

5. Sistema de cableado.

- Conductores fotovoltaicos de 4 mm² a 6 mm² para la conexión entre el módulo y el regulador, considerando condiciones de intemperie y baja caída de tensión.
- Conductores de 6 mm² para la conexión entre regulador y batería, dimensionados según la corriente de carga.

- Conductores de 4 mm² entre batería e inversor, adecuados para la corriente de operación del inversor.
- Conductores AWG 12 o 14 para circuitos de salida en AC y líneas de alimentación de puertos USB.

6. Protecciones eléctricas.

- Dispositivo de protección (fusible o breaker DC) entre panel y regulador, para protección frente a sobrecorrientes.
- Dispositivo de protección entre batería y regulador, para evitar corrientes inversas o fallas internas.
- Dispositivo de protección entre batería e inversor, dimensionado según la corriente máxima del inversor.

7. Conectores y accesorios.

- Conectores tipo MC4 para interconexión del módulo fotovoltaico.
- Terminales tipo ojal para conexión segura a bornes de batería.
- Canaletas o tubería tipo conduit para protección mecánica del cableado.
- Elementos de fijación: abrazaderas, prensacables y tornillería general.

8. Estructura de la estación.

- El Gabinete estructural (metálico o madera tratada) para alojamiento de los equipos, con criterios de protección mecánica y acceso para mantenimiento.
- Base o pedestal de soporte para instalación de la estación de carga.
- Sistema de ventilación pasiva para disipación térmica en compartimentos de batería e inversor.

Metodología

El presente estudio se desarrolló mediante un enfoque de análisis técnico orientado al dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, estructurado en etapas secuenciales que permiten cuantificar el recurso energético disponible, caracterizar la demanda y definir los parámetros de diseño del sistema bajo criterios de ingeniería.

1. Caracterización del recurso solar

Se realizó la definición del sitio de estudio mediante coordenadas geográficas correspondientes a la Isla San Cristóbal, en el archipiélago de Galápagos. A partir de esta información se obtuvieron datos de irradiación solar mediante la plataforma PVGIS, empleando bases de datos satelitales.

Los valores de irradiación mensual fueron procesados para obtener la irradiación diaria promedio, a partir de la cual se determinó el valor de Horas Sol Pico (HSP). Este parámetro se adoptó como variable de diseño, utilizando la HSP mínima anual como condición de dimensionamiento.

2. Determinación del consumo energético

La caracterización de la demanda se realizó mediante levantamiento de información en campo a través de encuestas dirigidas a usuarios del sector. A partir de estos datos se establecieron perfiles de consumo diario y mensual.

Los valores obtenidos fueron consolidados en términos de energía (kWh/día), constituyendo la base para el dimensionamiento del sistema.

3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

El dimensionamiento del generador fotovoltaico se realizó en función de la demanda energética diaria y la HSP del sitio. A partir de estos parámetros se determinó la potencia requerida del sistema y el número de módulos necesarios.

Posteriormente, se definió la configuración del arreglo fotovoltaico considerando los límites operativos de los equipos. La selección de componentes se basó en parámetros eléctricos de los módulos y rangos de operación de los equipos.

Asimismo, se verificó la compatibilidad entre los elementos del sistema, considerando condiciones de tensión y corriente.

4. Dimensionamiento de protecciones y conductores

El diseño eléctrico se completó mediante el dimensionamiento de conductores y dispositivos de protección, aplicando criterios de capacidad de corriente y condiciones de operación.

Se establecieron dispositivos de protección en función de las corrientes del sistema, incorporando márgenes de seguridad.

5. Implementación del sistema fotovoltaico

Se contempla la instalación del sistema fotovoltaico conforme al diseño definido, considerando el montaje de los módulos, la disposición de los equipos y la interconexión de los componentes eléctricos. La ejecución se realizará respetando los criterios de instalación y las condiciones operativas establecidas en el diseño.

Procedimiento

Sistema solar fotovoltaico para estaciones de carga móvil.

Horas Solar Pico (HSP).

Para caracterizar el clima del sitio de estudio, se consideró la temperatura promedio local, ya que esta variable influye directamente en el desempeño eléctrico de los módulos fotovoltaicos y en la eficiencia operativa del sistema. Además, se analizó el recurso solar disponible en la zona de instalación para contar con información precisa y confiable que sirva de base para el diseño del sistema.

El análisis se realizó tomando en cuenta las coordenadas geográficas (-0.6817145, -90.6334465), que corresponden a la Isla San Cristóbal, en el archipiélago de Galápagos,

Ecuador. Esta ubicación específica permite obtener datos representativos de la radiación solar que realmente incide en el lugar donde se planea instalar el sistema fotovoltaico.

Para obtener los datos de radiación solar, se utilizó la plataforma PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), desarrollada por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea. Esta herramienta estima la disponibilidad solar a partir de información climática proveniente de bases de datos satelitales y modelos meteorológicos, proporcionando valores de irradiación solar para ubicaciones geográficas concretas.

Los resultados obtenidos se presentan inicialmente como irradiación solar acumulada mensual, expresada en kWh/m²/mes. Para facilitar su interpretación en términos diarios, cada valor mensual se divide por un promedio de 30 días, calculando así la irradiación solar media diaria en kWh/m²/día.

Con esta irradiación diaria se determina el valor de las Horas Sol Pico (HSP) del sitio. Este indicador simplifica la representación del recurso solar al expresar la energía solar recibida durante un día en un número equivalente de horas bajo una irradiancia constante de 1000 W/m², que es el valor estándar internacional utilizado para evaluar módulos fotovoltaicos bajo Condiciones Estándar de Prueba (STC).

El valor de HSP es un parámetro clave para dimensionar sistemas fotovoltaicos, ya que permite relacionar la disponibilidad del recurso solar con la potencia que debe tener el arreglo de módulos y con la estimación de la energía que el sistema podrá generar en el sitio. Para ilustrar el método, se presenta un ejemplo de cálculo correspondiente a uno de los meses analizados, procedimiento que se repite para el resto de los datos obtenidos en la simulación.

Figura 10 Mapa satelital de la Isla San Cristóbal, Galápagos.



Fuente: Adaptado de Mapa de la Isla San Cristóbal por Google, 2026, Google Maps (<https://www.google.com/maps>)

Tabla 1 HSP Y TEMPERATURA DEL EMPLAZAMIENTO.

	HSP (H)	Temperatura (°C)	HSP DIARIA (H)
Enero	194,02	25,50	6,47
Febrero	190,27	25,00	6,34
Marzo	212,17	25,40	7,07
Abril	197,31	25,10	6,58
Mayo	192,02	24,70	6,40
Junio	169,01	23,60	5,63
Julio	151,40	22,60	5,05
Agosto	173,90	21,90	5,80
Septiembre	171,94	20,80	5,73
Octubre	198,73	20,70	6,62
Noviembre	184,54	21,90	6,15
Diciembre	185,57	21,80	6,19
MINIMA	151,40	20,70	5,05
MÁXIMA	212,17	25,50	7,07
PROMEDIO	185,07	23,25	6,17

Perfil de consumo.

Para el dimensionamiento energético del sistema se definió previamente el perfil de consumo asociado a los dispositivos que serán alimentados por la estación de carga. Este análisis

permite estimar la demanda energética diaria que deberá cubrir el sistema fotovoltaico, constituyendo un paso fundamental dentro del proceso de diseño, ya que a partir de esta información se determina la capacidad de generación y almacenamiento requerida.

En la Tabla 2 se presentan los valores de potencia considerados para los equipos de carga, junto con el tiempo estimado de utilización, la frecuencia de uso diaria y el consumo energético resultante para cada caso. El cálculo del consumo diario se obtiene mediante la relación entre la potencia del dispositivo, el tiempo de operación y el número de ciclos de uso previstos durante el día, lo que permite expresar la demanda energética en Wh/día.

Tabla 2 Potencia y Tiempo de Carga.

Potencia del cargador	Tiempo de carga	N.- de cargas al día	Consumo diario
12 W	2 h	3	72 Wh
25 W	1,25 h	2	62,5 Wh
65 W	0,7 h	3	45,5 Wh
USB	Tiempo de carga	N.- de cargas al día	Consumo diario
10 W	3h	1	30 Wh

$$P_n: 112 W$$

$$Q_d: 210 Wh$$

Dimensionamiento.

Criterio de dimensionamiento.

El dimensionamiento del sistema se desarrolló tomando como base la demanda energética diaria estimada, la HSP mínima del sitio y las características técnicas de los componentes seleccionados. Este criterio permite diseñar el sistema bajo una condición conservadora, asegurando que la generación fotovoltaica y el almacenamiento sean suficientes incluso durante los meses de menor disponibilidad solar.

Módulos fotovoltaicos.

Para determinar la potencia requerida del generador fotovoltaico se relacionó la demanda energética diaria con la disponibilidad solar mínima del sitio. Se adoptó la HSP mínima anual como condición de diseño, con el propósito de garantizar que el sistema pueda cubrir la demanda incluso en escenarios de baja irradiación.

Para iniciar el dimensionamiento del generador fotovoltaico, el primer criterio consiste en definir el modelo de panel solar que será empleado en el diseño con las siguientes consideraciones:

- Compatibilidad eléctrica.
- Condiciones de tolerancia de potencia.
- Tecnología del módulo fotovoltaico.

El módulo fotovoltaico seleccionado corresponde al modelo Powest NERM060-8060. En la Figura 11 se presentan sus principales características técnicas.

A partir de la ficha técnica del módulo fotovoltaico seleccionado, se identifican los principales parámetros eléctricos que definen su comportamiento operativo. La potencia máxima (P_{max}) corresponde a la potencia nominal que el módulo es capaz de entregar bajo condiciones estándar de prueba (STC), siendo este el valor de referencia para el dimensionamiento del generador fotovoltaico.

La tensión en circuito abierto (V_{oc}) representa el valor máximo de tensión que el módulo puede alcanzar cuando no existe carga conectada, mientras que la corriente de cortocircuito (I_{sc}) corresponde a la corriente máxima que circula cuando los terminales del módulo se encuentran en cortocircuito. Estos parámetros son fundamentales para la selección de protecciones y para verificar la compatibilidad con el regulador de carga.

Por su parte, la tensión en el punto de máxima potencia (V_{mp}) y la corriente en el punto de máxima potencia (I_{mp}) definen las condiciones reales de operación del módulo cuando este

trabaja en su punto óptimo, es decir, donde se obtiene la mayor potencia de salida. Estos valores permiten establecer la configuración eléctrica del sistema y asegurar una adecuada adaptación entre los componentes.

Adicionalmente, la eficiencia del módulo fotovoltaico indica la relación entre la energía solar incidente y la energía eléctrica generada, constituyendo un parámetro relevante para evaluar el desempeño del panel en función de su área de captación. Finalmente, la tolerancia de potencia expresa el rango de variación permitido respecto a la potencia nominal, lo que permite considerar posibles desviaciones en el rendimiento real del módulo durante su operación.

De esta se extraen las siguientes: $P_{m\acute{a}x} = 60\text{ W}$, $U_{oc} = 21,80\text{ V}$, $I_{sc} = 3,49\text{ A}$, $U_{mpp} = 18,24\text{ V}$, $I_{mpp} = 3,29\text{ A}$, $\alpha = 0.05\text{ \%/C}^\circ$, $\beta = -0.27\text{ \%/C}^\circ$.

Figura 11 Ficha técnica-Panel solar monocristal 60w powest

Parámetros eléctricos en Condiciones de prueba estándar (STC)			
Tipo de módulo			Monocristalino
Potencia de salida	P_{max}	W	60
Tolerancia de salida de potencia	ΔP_{max}	W	$\pm 3\%$
Eficiencia del módulo	η_m	%	18.30
Voltaje en Pmax	V_{mpp}	V	18.24
Corriente en Pmax	I_{mpp}	A	3.29
Voltaje de circuito abierto	V_{oc}	V	21.80
Corriente de cortocircuito	I_{sc}	A	3.49

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS			
Temperatura nominal de la celda de operación	NOCT	°C	45 ± 2
Coefficiente de temperatura de Pmax	γ	%/°C	-0.35
Coefficiente de Variación de Temperatura de Voc	β_{Voc}	%/°C	-0.27
Coefficiente de temperatura de Isc	α_{Isc}	%/°C	-0.05

Fuente: Adaptado de Panel solar monocristal 60w powest nerm060-8060, por Osaka Electronics, s.f., (<https://bit.ly/3XyZ-Powest60W>).

De la ficha técnica del módulo Powest NERM060-8060 se deben considerar los parámetros eléctricos principales: potencia máxima, tensión en circuito abierto, corriente de cortocircuito, tensión y corriente en el punto de máxima potencia, eficiencia y tolerancia. Estos valores permiten verificar la compatibilidad del módulo con el regulador de carga, las protecciones y la configuración general del sistema.

En donde:

$P_{m\acute{a}x}$: Potencia maxima del módulo (W).

U_{oc} : Tensión de circuito abierto del módulo (V).

I_{sc} : Intensidad de cortocircuito del módulo (A)

U_{mpp} : Tensión máxima del módulo (V).

I_{mpp} : Intensidad máxima del módulo (A)

α : coeficiente intensidad – temperatura del módulo (%/ C° o mA/ C°).

β : coeficiente tensión – temperatura del módulo (%/ C° o mA/ C°).

Con una demanda diaria aproximada de 300 Wh/día y una HSP mínima de 5,05 h, se calculó la potencia mínima requerida del generador fotovoltaico. Este cálculo permite establecer la capacidad necesaria del módulo para cubrir el consumo previsto, considerando un escenario conservador de operación.

Se procede a calcular la potencia mínima del generador fotovoltaico con la siguiente ecuación.

$$P_{Gmin} = \frac{Q_d}{HSP_d}$$

Para el cual:

P_{Gmin} : Potencia mínima del generador fotovoltaico (W)

$Q_T =$ Consumo diario requerido (Wh)

$HSP_d =$ Horas solar pico diarias (h)

Para el cual:

P_{Gmin} : Potencia mínima del generador fotovoltaico (W)

$Q_T =$ Consumo diario requerido (Wh)

$HSP_d =$ Horas solar pico diarias (h)

Para el cual:

$$P_{Gmin} = \frac{300}{5,05}$$

$$P_{Gmin} = 59,40 \text{ W}$$

Se recomienda además que la potencia máxima del generador no sobrepasara el 20 % del valor P_{Gmin} calculado (bibliografía [1]). Esto se observa mediante la siguiente ecuación.

$$P_{Gmin} \leq P_{Gmax} \leq 1.2 \cdot P_{Gmin}$$

Para el cual:

$$P_{Gmax} = \text{Potencia maxima del generador fotovoltaico (W)}$$

$$59,40 \text{ W} \leq P_{Gmax} \leq 71,29 \text{ W}$$

EL número de módulos totales se determina mediante la ecuación:

$$N_T \geq N_S \cdot N_P \geq \frac{P_{Gmin}}{P_{máx}}$$

Para el cual:

N_S : Número de módulos en serie.

N_P : Número de módulos en paralelo.

$P_{máx}$: Potencia maxima producida por modulo (W)

N_T : representan el número total de paneles para el arreglo fotovoltaico.

En donde:

$$N_T \geq \frac{59,40}{60}$$

$$N_T \geq 1 \text{ panel}$$

El resultado obtenido indica que la potencia requerida se aproxima a 59,4 W; por tanto, se selecciona un módulo fotovoltaico comercial de 60 W. Esta selección es técnicamente adecuada, ya que cubre la demanda calculada y mantiene coherencia con la escala del sistema propuesto.

Baterías.

El banco de baterías se dimensionó considerando una autonomía de un día, debido a que el sistema debe continuar operando durante periodos sin generación solar. Para ello, se transformó la demanda energética diaria a capacidad en amperios-hora, tomando como referencia la tensión nominal del sistema y la profundidad máxima de descarga recomendada por el fabricante.

Al igual que el caso anterior se presentan las recomendaciones para este caso:

- Su voltaje de salida DC y corriente de carga tendrá que coincidir con el admisible del regulador de carga y el inversor.
- Dado que se busca utilizar de manera continua se recomienda tecnología de gel.

- Capacidad de expansión en almacenamiento.

En este caso al tratarse de un sistema que requiere respaldo energético durante periodos sin radiación solar, el uso de baterías resulta indispensable. Por lo que se selecciona el modelo “SSB-12V100AH” de Sylvania sus características se muestran en la ilustración. La autonomía en este caso será para 1 día.

Figura 12 Características técnicas de la batería.

Modelo	Voltage nominal:	12V		
	Capacidad nominal (10Hr)	100Ah		
Dimensiones	Longitud	Ancho	Altura	Total Altura
	329mm	172mm	214mm	243mm
Peso	Aproximado. 31.5 kgs (+/-3%)			
Capacidad @25°C (77°F)	100 Horas(1.25A,10.8V)	10 Horas(10A,10.8V)	5 Horas(17A,10.8V)	1 Hora(55A,10.5V)
	125Ah	100Ah	85Ah	55Ah
Resistencia interna	Completamente cargada 25°C, aproximadamente .2mΩ			
Corriente máxima de descarga	1000A (5 Sec.)			
Capacidad afectada por temperatura. (20H)	40°C (104°F)	5°C (77°F)	0°C (32°F)	15°C (5°F)
	112%	100%	0%	8%
Tasa de autodescarga @25°C (77°F):	Después de 3 meses de almacenamiento		Después de 6 meses de almacenamiento	
	91%	2%	64%	
Método de carga	Ciclos de uso		Carga flotante	
	14.1-14.4V (Corriente inicial menor que 36.8A) @25°C (77°F)		13.5-13.8V@25°C (77°F)	

Fuente: Adaptado de Baterías de Gel SSB-12V 100AH, por Victoria LED, s.f., (<https://www.atom.bio/victorialedec>).

Se determina ahora el consumo medio diario en Ah de la instalación con la ecuación.

$$q_d = \frac{Q_T}{U_B}$$

Donde:

q_d : Consumo medio diario (Ah)

U_B : Voltaje nominal de la batería (V)

Con este valor determinamos nuestro q_d

$$q_d = \frac{300}{12}$$

$$q_d = 25 \text{ Ah}$$

Para este tipo de batería el fabricante recomienda una profundidad de descarga del 64 %.

Para calcular la capacidad de los acumuladores se aplica la ecuación.

$$C = \frac{q_d \cdot A}{P_{Dmax}}$$

Donde:

C : Capacidad de los acumuladores o baterías.

P_{Dmax} : Profundidad de descarga (adimensional).

A : Autonomía (adimensional).

$$C = \frac{25 \cdot 1}{0.64}$$

$$C = 39,06 \text{ Ah}$$

Utilizando este valor de capacidad y aplicando la ecuación que se muestra a continuación, se procede a calcular el número de baterías que deben conectarse en paralelo para alcanzar la capacidad total requerida por el sistema.

$$N_{bp} = \frac{C}{c_b}$$

Donde se tiene que:

N_{bp} : Número de baterías en paralelo.

c_b : Capacidad nominal del acumulador (Ah)

$$N_{bp} = \frac{39,06}{100}$$

$$N_{bp} \approx 0,39 = 1$$

El cálculo establece una capacidad mínima aproximada de 39 Ah. No obstante, se selecciona una batería comercial de 12 V y 100 Ah, lo que proporciona un margen de seguridad operativo, reduce la profundidad de descarga efectiva y contribuye a prolongar la vida útil del sistema de almacenamiento.

Regulador de carga.

La selección del regulador de carga se realizó verificando que su tensión de operación sea compatible con el banco de baterías y que su corriente nominal sea superior a la corriente máxima generada por el módulo fotovoltaico. Para este análisis se aplicó un factor de seguridad del 25 %, con el fin de garantizar una operación segura ante variaciones normales de generación.

$$U_{rmp} \geq U_{mpp}$$

$$I_r \geq I_{mpp} \cdot 1,25$$

Donde:

U_{rmp} : Tensión de entrada del regulador. (V)

I_r : Corriente de entrada del regulador. (A)

$$U_{rmp} \geq 18,24 V$$

$$I_r \geq 3,29 \cdot 1,25$$

$$I_r \geq 4,11 A$$

Para la conexión con la batería, se verifica que el regulador de carga sea compatible con la tensión nominal del sistema, en este caso 12 VDC

Para el regulador de carga se considera el siguiente modelo P-10-12/24 ilustración 2. De aquí se tienen que obtener los siguientes datos U_r : 12 V, I_r : 10 A, U_{rmp} : 16 – 32 V.

Figura 13 Especificaciones técnicas del regulador de carga solar serie CP.

12. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS						
Modelo	CP-10-12/24	CP-20-12/24	CP-30-12/24	CP-40-12/24	CP-50-12/24	CP-60-12/24
Funcionamiento						
Tensión del sistema	12V / 24V; reconocimiento automático					
Consumo en standby	< 20mA (12V) / < 30mA (24V)					
Datos de entrada CC						
Corriente del módulo	10A	20A	30A	40A	50A	60A
Máx. potencia de entrada	150W(12V) 300W (24V)	300W(12V) 600W (24V)	450W(12V) 900W (24V)	600W(12V) 1200W (24V)	750W(12V) 1500W (24V)	900W(12V) 1800W (24V)
Voltaje máx. de entrada Voc	< 30V / 48V					
Voltaje mín. de entrada Vmp	> 16V / 32V					
Datos de salida CC						
Corriente de salida	10A	20A	30A	40A	50A	60A
Tipo de batería	Ácido / Gel / AGM / Lítio					
Tensión de absorción	13.8V / 27.6V					
Tensión de flote	14.4V (14-15V setearable) / 28.8V (28-30V setearable)					
Tensión de reconexión (LRV)	11V (10.4-11.4V setearable) / 22V (20.8-22.8V setearable)					
Protección contra descarga profunda (LVD)	12.8V (12.2-13.2V setearable) / 25.6V (24.4-26.4V setearable)					
Puerto USB						
Eficiencia	90% máx.					
Tipo de conexión	Positivo común					
Condiciones de uso						
Temperatura ambiente	-40°C ... +50°C					
Equipamiento y diseño						
Sección mínima	2 mm ²	4 mm ²	6 mm ²	8 mm ²	10 mm ²	12 mm ²
Sección máxima	16 mm ²					
Grado de protección						
Dimensiones en mm	138 x 81 x 36			176 x 121 x 66		
Peso (Kg)	0.15		0.7	0.82		
Pantalla LCD						

Fuente: Adaptado de Manual del regulador de carga solar serie CP, por Enertik, s.f., (<https://bit.ly/Manual-Regulador-CP>).

Inversor.

El inversor fue seleccionado en función de la tensión de entrada del banco de baterías, la tensión de salida requerida para las cargas en corriente alterna y la potencia máxima prevista.

Su incorporación permite alimentar cargadores convencionales, manteniendo compatibilidad con dispositivos de bajo consumo.

Para la selección del inversor se deben considerar los siguientes criterios técnicos:

- Su voltaje de salida AC deberá de coincidir con el tipo de voltaje que solicite el proyecto ya sea monofásico, bifásico o trifásico.
- Trabajar a 60 Hz
- Integrarse con el voltaje de la batería.
- Potencia nominal del inversor igual o mayor a la de la demanda máxima del cliente.

Para el diseño del sistema fotovoltaico, se ha seleccionado el BESTEK Inversor ilustración 5.

La selección realizada se basa en la compatibilidad con la entrada de 12 V del regulador, su voltaje monofásico y su capacidad nominal. Este modelo cuenta con las siguientes características extraídas de su ficha técnica disponible en el anexo 2. $U_{max-PV} = 12 Vdc$, y $P_{i-max} = 150 W$.

Figura 14 Especificaciones del inversor.

SPECIFICATIONS	
Item No.	207709
Output Power	150W
Input Voltage	DC 12V
Output Voltage	AC 110V \pm 10%
USB Output	5V 2.4A and QC 3.0
Output Frequency	60Hz \pm 2Hz
Output Wave Form	Modified Sine Wave
Overload Protection	180W \pm 20W
Short-circuit Protection	YES
Overvoltage Protection	16.0V \pm 0.5V
Low-Voltage Protection	10.0V
Overheating Protection	65°C \pm 5°C
Size	4.13" x 2.56" x 1.42"
Weight	0.62 lbs.

Fuente: Adaptado de Manual de usuario de la estación de carga solar 207709, por Sharper Image, 2021, (<https://bit.ly/Manual-SharperImage-Solar>).

Donde:

U_{max-PV} : Voltaje máximo admisible en la entrada del inversor (Vdc).

P_{i-max} : Potencia máxima admisible del inversor.

Conductores.

Para el dimensionamiento de conductores se consideró la corriente máxima de cada tramo del sistema, aplicando un factor de seguridad de 1,25. La sección seleccionada debe garantizar capacidad suficiente de conducción, baja caída de tensión y condiciones seguras de operación, especialmente en los tramos asociados a batería e inversor.

Tramo 1: Conexión entre módulos y el regulador tomamos la $I_{sc} = 3,49$ A con un coeficiente de seguridad de 1.25 entonces se tiene: $I_{T1} = 1.25 \cdot 3,49 = 4,36$ A.

Tramo 2: Conexión entre el regulador de carga y la batería y la batería e inversor. La corriente de carga del regulador es $I_c = 10$ A con un coeficiente de seguridad de 1.25 entonces se tiene: $I_c = 1.25 \cdot 10 = 12,5$ A.

Tramo 3: Conexión entre el inversor y la carga para esto consideramos la corriente máxima de salida del inversor siendo 10 A considerando el mismo factor de seguridad tenemos una corriente de 12,5 A

Tabla 3 Resumen de selección de conductores.

Tramo	Descripción	Corriente base	Factor de seguridad	Corriente de diseño	Sección recomendada	Corriente comercial admisible	Observación
1	Módulo fotovoltaico – regulador de carga	3,49 A	1,25	4,36 A	4 mm ²	≥ 25 A	Conductor fotovoltaico apto para intemperie y conexión DC.
2	Regulador de carga – batería	10 A	1,25	12,5 A	6 mm ²	≥ 32 A	Se recomienda mayor sección por seguridad, baja caída de tensión y cercanía al banco de baterías.
3	Batería – inversor	10 A	1,25	12,5 A	6 mm ²	≥ 32 A	Tramo crítico por conexión directa al almacenamiento; debe incluir protección DC.
4	Inversor – carga AC	10 A	1,25	12,5 A	AWG 12 / 4 mm ²	≥ 20 A	Conductor para salida en corriente alterna hacia tomacorriente o punto de carga.
5	Alimentación a módulo USB	Según carga instalada	1,25	Variable	AWG 14 / 2,5 mm ²	≥ 15 A	Aplicable para circuitos de baja potencia en corriente continua.

Protecciones eléctricas.

Las protecciones eléctricas se definieron en función de las corrientes de diseño calculadas para cada tramo. Su incorporación permite proteger los componentes frente a sobrecorrientes, cortocircuitos o fallas de conexión, asegurando la confiabilidad del sistema y la seguridad de los usuarios.

Entrada DC:

Para el dimensionamiento de las protecciones asociadas al panel fotovoltaico, se consideran los siguientes parámetros eléctricos:

$$U_{oc} = 21,80 \text{ V},$$

$$I_{sc} = 3,49 \text{ A}$$

El valor de la corriente de diseño se obtiene aplicando un factor de seguridad del 25 % sobre la corriente I_{sc} teniendo un valor de 4,36 A.

Se utilizará un fusible solar de 6 A /1000 V, correspondiente al valor comercial más cercano al valor de corriente calculado.

Inversión requerida para la implementación del sistema

Análisis de costos del sistema fotovoltaico

Para la estimación de la inversión requerida se tomó como base la cotización presentada por el proveedor ecotech solutions, la cual incluye los principales componentes del sistema fotovoltaico. No obstante, considerando las condiciones logísticas y operativas del archipiélago de Galápagos, se incorporaron costos adicionales referenciales asociados a transporte, instalación, estructura y elementos complementarios no considerados en la cotización original.

Tabla 4 Componentes y costos

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)	Observación
1	Módulo fotovoltaico 60–100 W	1	150	150	Según cotización base
2	Regulador de carga MPPT	1	25	25	Según cotización
3	Batería de gel 12V – 100Ah	1	150	150	Según cotización
4	Inversor 150–300 W	1	50	50	Según cotización
5	Cableado eléctrico (DC/AC)	30 m	2,25	67,5	Según cotización
6	Gabinete de protección	1	150	150	Según cotización
7	Estructura metálica de soporte	1	60	60	Referencial Galápagos
8	Sistema de protecciones eléctricas (fusibles, breaker)	1	80	80	No incluido en cotización
9	Módulo USB múltiple	1	40	40	No incluido
10	Transporte a Galápagos	1	80	80	Costo logístico referencial
11	Mano de obra e instalación	1	90	90	Instalación especializada
12	Misceláneos (anclajes, canalización, accesorios)	1	80	80	Ajuste técnico
Total				1.022,50	

Análisis de la inversión

Con base en la actualización de costos referenciales, la inversión total estimada para la implementación del sistema fotovoltaico autónomo asciende a USD 1.022,50. Este valor considera los equipos principales del sistema, así como elementos complementarios necesarios para su instalación y operación segura, tales como estructura metálica, protecciones eléctricas, módulo USB, transporte a Galápagos, mano de obra y accesorios de montaje.

Es importante señalar que la cotización base contempla los componentes principales del sistema; sin embargo, para una implementación real en territorio insular se requiere incorporar costos adicionales asociados a logística, instalación, fijación mecánica,

canalización, protecciones y adecuaciones menores. Estos rubros permiten que el sistema no solo cuente con los equipos de generación y almacenamiento, sino que pueda ser instalado de forma segura, funcional y acorde con las condiciones ambientales de Galápagos.

Desde el punto de vista técnico-económico, el monto estimado resulta coherente con la escala del proyecto, considerando que se trata de un sistema autónomo de baja potencia, orientado a cubrir una demanda energética aproximada de 210 Wh/día para la carga de dispositivos móviles. La inversión permite disponer de una solución independiente de la red eléctrica, con generación solar, almacenamiento y capacidad de suministro tanto en corriente continua como en corriente alterna.

Resultados

Los resultados obtenidos muestran que el sistema propuesto mantiene coherencia entre la demanda estimada, la generación fotovoltaica disponible y la capacidad de almacenamiento seleccionada. La elección de componentes comerciales permite cubrir los requerimientos energéticos del sistema y facilita su implementación práctica.

A partir del análisis del perfil de consumo de los dispositivos, se estimó una demanda energética diaria cercana a 210 Wh. Este cálculo tomó en cuenta las distintas potencias de los equipos y la frecuencia con la que se utilizan, sirviendo como base para dimensionar el sistema.

Considerando una radiación solar mínima efectiva (HSP) de 5,05 horas, correspondiente al mes con menor disponibilidad solar, se determinó que la potencia mínima necesaria para el generador fotovoltaico es de 59,4 W. Por ello, se seleccionó un módulo de 60 W, asegurando que el sistema satisfaga la demanda energética bajo condiciones conservadoras de irradiación.

El sistema propuesto consta de los siguientes elementos:

- Generación: un módulo fotovoltaico de 60 W.
- Almacenamiento: una batería de 12 V y 100 Ah.
- Control: un regulador de carga con capacidad de 10 A.

- Conversión: un inversor con potencia nominal de 150 W.

Para el almacenamiento, el cálculo indica que se requieren aproximadamente 39 Ah para garantizar una autonomía de un día, considerando la profundidad máxima de descarga recomendada. La batería seleccionada supera esta capacidad, lo que proporciona un margen de seguridad para el funcionamiento del sistema.

En el diseño eléctrico, las corrientes calculadas para los distintos tramos no superan los 12,5 A, lo que permite seleccionar conductores comerciales con capacidad suficiente y dispositivos de protección acordes a las condiciones de operación. Asimismo, las protecciones seleccionadas están ajustadas a los valores de corriente de diseño, asegurando la integridad del sistema.

En resumen, el sistema diseñado cubre la demanda energética establecida, garantizando su operación incluso en condiciones de baja disponibilidad solar, y asegurando la compatibilidad y seguridad entre todos sus componentes.

Conclusiones

1. El sistema fotovoltaico autónomo diseñado cubre adecuadamente la demanda energética establecida a partir del perfil de consumo, ya que la relación entre la energía requerida (aproximadamente 210 Wh/día), la HSP mínima del sitio y la potencia del módulo seleccionado (60 W) es consistente. Esto garantiza que la generación diaria sea suficiente incluso bajo condiciones conservadoras de irradiación.
2. El uso de la HSP mínima como criterio de diseño establece un escenario de operación en condiciones críticas, asegurando la continuidad del suministro energético durante los meses con menor radiación solar. No obstante, este enfoque implica que en condiciones promedio el sistema genere un excedente energético, lo cual no afecta negativamente su desempeño.
3. El banco de baterías dimensionado con una capacidad de 12 V – 100 Ah supera ampliamente el valor mínimo calculado (aproximadamente 39 Ah), aumentando así la autonomía real del sistema y disminuyendo la profundidad de descarga durante su

operación. Esta sobredimensión contribuye a extender la vida útil del almacenamiento, No obstante, esta selección debe justificarse técnicamente como un margen de seguridad operativo, considerando autonomía, profundidad de descarga y vida útil del acumulador.

4. Los componentes seleccionados, tales como el regulador, el inversor y los conductores, cumplen con los requisitos eléctricos derivados del dimensionamiento, especialmente en cuanto a tensión y corriente de operación. Las corrientes calculadas se mantienen dentro de rangos bajos, permitiendo el uso de secciones comerciales estándar y dispositivos de protección adecuados sin riesgo de sobrecarga.
5. Este sistema está diseñado para una aplicación específica de baja potencia, orientada a la carga de dispositivos móviles. Debido a su escala y configuración, no es directamente aplicable a demandas energéticas mayores, por lo que cualquier incremento en el consumo requeriría un nuevo proceso de dimensionamiento del generador, almacenamiento y elementos de control.

Referencias

Trabajos citados

- Abella, M. A. (2005). *Sistemas fotovoltaicos*. SAPT Publicaciones Técnicas, SL.
- Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.
- Commission, E. (2024). *PVGIS user manual*. Joint Research Centre.
- Daza Carrillo, L. F. (2020). *Diseño, construcción e implementación de un sistema de seguimiento solar de un eje en una estación de carga de celulares utilizando paneles solares*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11912/9071>
- Dierauf, T., Growitz, A., Kurtz, S., Cruz, J., Riley, E., & Hansen, C. (2013). *Weather-corrected performance ratio (NREL/TP-5200-57991)*. National Renewable Energy Laboratory.
- Escobar A., T. C. (2009). Conexión de un Sistema Fotovoltaico a Red Electrica. *REDALY*, 31-36.
- Forget, A. (2011). *Manual de diseño de sistemas fotovoltaicos aislados*. Microsol. Obtenido de <http://www.astridforget.com/wp-content/uploads/2014/10/Manual.pdf>
- Guzmán, O. (2015). *Coeficientes para estimar la radiación solar global a partir del brillo solar en la zona cafetera colombiana*.
- Herrera, L. M.-Z.-P.-M. (2013). Dimensionamiento de sistemas de generación fotovoltaicos localizados en la ciudad de Medellín. *TecnoLógicas*, 289–301.

- International Electrotechnical Commission. (2019). *IEC 60904-3:2019. Photovoltaic devices—Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*. IEC.
- NREL, L. N. (1997). *Photovoltaics: Basic design principles and components (DOE/GO-10097-377)*. U.S. Department of Energy.
- Perpiñan, O. (2013). *Energía Solar Fotovoltaico*. Creative Commons.
- Schill, C., Anderson, A., Baldus-Jeursen, C., Burnham, L., Mathiak, G., Micheli, L., . . . Whitney, E. (2022). *Soiling losses—Impact on the performance of photovoltaic power plants (IEA-PVPS T13-21:2022)*. International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme.
- Sengupta, M. H. (2024). *Best practices handbook for the collection and use of solar resource data for solar energy applications (4th ed.)*. National Renewable Energy Laboratory.
- Tapia, D., Galarza, M., Taco, J., Rivera, M., Chila, A., Chamba, P., & Sandoval, E. (2024). *Manual de diseño de sistemas fotovoltaicos en el autoabastecimiento de*.

Anexos

Anexo 1: Ficha técnica del panel solar

POWEST®



25 años de garantía lineal

PANEL SOLAR POWEST

MONOCRISTALINO 60W

Mayor rendimiento energético gracias a su vidrio y cristal texturizado avanzado de alta transmisión, permite tener mayor eficiencia y transmisión de energía. Diseño innovador en sus celdas, permite reducir costos y tiempos de manejo en su instalación.

Nuestros paneles solares ahora con potencia mejorada con un diseño de barras colectoras múltiples, redujo el consumo de pasta de plata de las celdas, mejoró la eficiencia de las celdas y logró una mayor potencia de salida de los módulos.



Durabilidad

Módulos fotovoltaicos duraderos, probados de forma independiente para condiciones ambientales adversas, como la exposición a niebla salina, amoníaco y factores de riesgo de PID conocidos.



Vidrio avanzado

Nuestro vidrio de alta transmisión presenta un revestimiento antirreflectante único que dirige más luz a las células solares, lo que resulta en un mayor rendimiento energético.



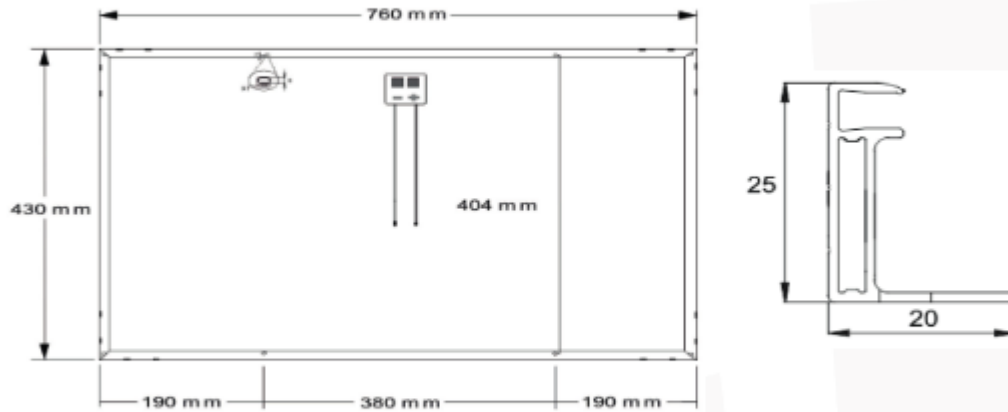
Tamaño extendido

Nuestro módulo de gran formato facilita el ahorro de costos a nivel del sistema a través de tiempos reducidos de manipulación e instalación.



Celda de gran tamaño

El diseño de celda grande aumenta efectivamente la potencia máxima del módulo y, en efecto, reduce en gran medida los costos de BOS, lo que reduce los costos del sistema.



RENDIMIENTO ELÉCTRICO

Parámetros eléctricos en Condiciones de prueba estándar (STC)

Tipo de módulo			Monocristalino
Potencia de salida	P_{max}	W	60
Tolerancia de salida de potencia	ΔP_{max}	W	± 3%
Eficiencia del módulo	η_m	%	18.30
Voltaje en Pmax	V_{mpp}	V	18.24
Corriente en Pmax	I_{mpp}	A	3.29
Voltaje de circuito abierto	V_{oc}	V	21.80
Corriente de cortocircuito	I_{sc}	A	3.49

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Temperatura nominal de la celda de operación	NOCT	°C	45 ± 2
Coefficiente de temperatura de Pmax	γ	%/°C	-0.35
Coefficiente de Variación de Temperatura de Voc	β_{Voc}	%/°C	-0.27
Coefficiente de temperatura de Isc	α_{Isc}	%/°C	-0.05

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Max. voltaje del sistema	1000Vdc
Max. clasificación de fusibles en serie	10A
Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C a 85°C
Max. carga estática, frontal (p. ej., nieve)	5400Pa
Max. carga estática, hacia atrás (p. ej., viento)	2400Pa
Max. impacto de granizo (diámetro / velocidad)	25mm / 23m/s

* No conecta fusibles en la caja combinadora con dos o más cadenas en conexión paralela

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Cubierta frontal (material / espesor)	Vidrio templado con bajo contenido de hierro / 3.2 mm
Celda (cantidad / material)	32 / silicio monocristalino
Marco (material)	Alación de aluminio anodizado
Caja de conexiones (grado de protección)	IP67
Cable (longitud / área de sección transversal)	500mm/2.0mm ²

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Dimensiones (Largo / Ancho / Alto)	430mm×760mm×25mm
Peso	4.30kg

*Debido a la continua innovación, investigación y mejora del producto, las especificaciones y la información de este producto en las hojas están sujetas a cambios sin previo aviso. Las especificaciones pueden variar ligeramente y no están garantizadas.

*Los datos no se refieren a un solo módulo y no forman parte de la oferta, solo sirven para la comparación con diferentes tipos de módulos.

CERTIFICACIONES

IEC 61215, IEC 61730, CE, RETIE, ÇOC, ISO 9001:2015, ISO 45001, ISO 45001:2018



Advertencia: Lea el Manual de Instalación y Usuario en su totalidad antes de manipular, instalar y operación de módulos solares Yingli.

Anexo 2: Ficha técnica de la batería

Baterías de Gel



SSB-12V

100AH

Las baterías solares son los componentes del kit solar que permiten almacenar la energía solar fotovoltaica de las placas solares. Estas hacen posible guardar energía solar durante el día y aprovecharla durante la noche o en los días nublados. Entre todos los tipos de baterías, las baterías de gel tienen la gran ventaja de no requerir mantenimiento y tener un índice de autodescarga muy bajo. Por lo que podrían estar meses sin utilizarse, permaneciendo cargadas hasta el 80%.



Batería de Gel Solar 100AH

SSB-12V100AH

Modo	Voltage nominal:	12V			
	Capacidad nominal (10Hr)	100Ah			
Dimensiones	Longitud	Ancho	Altura	Total Altura	
	329mm	172mm	214mm	243mm	
Peso	Aproximado. 31,5 lbs (+/-3%)				
Capacidad @25°C (77°F)	100 Horas(1.25A, 10.8V)	10 Horas(10A, 10.8V)	5 Horas(17A, 10.8V)	1 Hora(55A, 10.5V)	
	125Ah	100Ah	85Ah	55Ah	
Resistencia interna	Completamente cargada 25°C, aproximadamente 2mΩ				
Corriente máxima de descarga	1000A (5 Sec.)				
Capacidad afectada por temperatura. (20H)	40°C (104°F)	5°C (77°F)	0°C (32°F)	15°C (5°F)	
	112%	100%	0%	8%	
Tasa de autodescarga @25°C (77°F):	Después de 3 meses de almacenamiento		Después de 6 meses de almacenamiento		Después de 12 meses de almacenamiento
	91%±8		2%		04%
Método de carga	Ciclos de uso			Carga flotante	
	14.1-14.4V (Corriente inicial menor que 36.8A) @25°C (77°F)			13.5-13.8V@25°C (77°F)	

Dato importante:
Es importante tener en cuenta que la duración de una batería de gel puede verse afectada por factores externos como la temperatura.

CICLO DE VIDA
4.972
A 30% DOD

CICLO DE VIDA
2.240
A 50% DOD

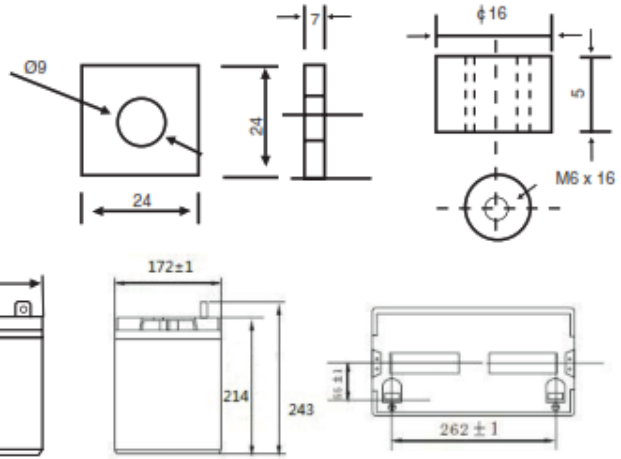
CICLO DE VIDA
700
A 100% DOD

DISEÑO: Víctor López (1)
 EPI
 Life expectancy (year)

Aplicaciones:

- Herramientas eléctricas
- Vehículos
- Cortadoras de césped
- Carros de golf
- Red de área local
- Juguetes eléctricos
- Sistemas ferroviarios y marinos
- Alarmas contra-incendios
- Sistema de energía solar y eólica
- Sillas de ruedas eléctricas
- Equipo médico

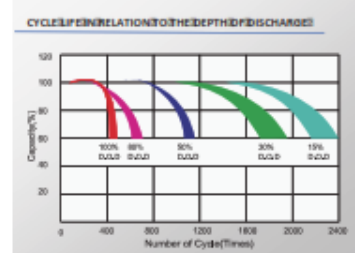
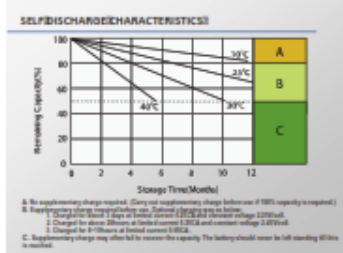
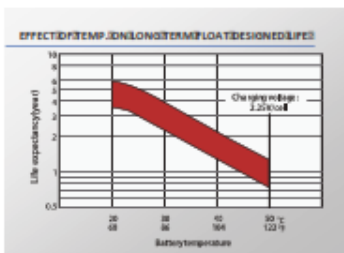
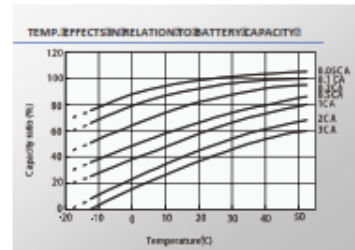
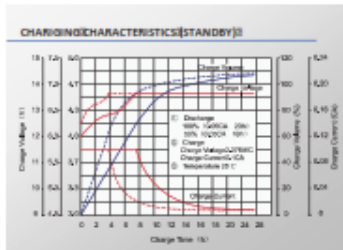
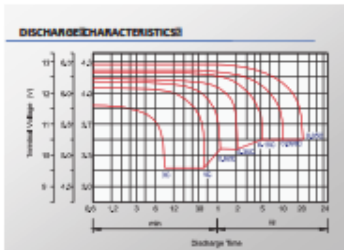
Dimensiones:



solar
voltai-
ardar
rante
tipos
renta-
lice de
r me-
sta el

Constant Current(Amp) and Constant Power(Watt) Discharge Table at 25°C(72°F)

Voltage	Type	10min	30min	1h	2h	5h	4h	5h	8h	10h	20h	50h	100h
		9.6V	A	200.0	110.0	60.0	35.0	26.0	21.0	17.8	11.8	11.0	6.7
	W	2120	1172	642	378	283	231	196.8	128.6	122.1	63.8	26.7	14.7
10.2V	A	190.0	109.0	66.4	33.4	26.5	20.6	17.4	11.4	10.4	6.6	2.30	1.28
	W	2090	1204	626	374	288	238	197	129	117	64	26.1	14.6
10.8V	A	170.0	102.0	66.0	32.8	26.0	20.0	17.0	11.3	10.2	6.5	2.27	1.26
	W	1904	1148	622	372	288	230	196	129	117	64	26.1	14.6
10.8V	A	160.0	94.0	63.0	31.8	24.5	19.5	16.2	11.0	10.0	6.5	2.2	1.3
	W	1816	1072	607	367	284	227	177	128	117	64	26.1	14.6
11.1V	A	160.0	84.0	60.0	31.0	23.5	19.0	14.5	10.7	9.8	6.4	2.20	1.23
	W	1725	970	580	363	276	224	171	128	116	64	26.0	14.6



Anexo 3: Ficha técnica del regulador de carga

12. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS						
Modelo	CP-10-12/24	CP-20-12/24	CP-30-12/24	CP-40-12/24	CP-50-12/24	CP-60-12/24
Funcionamiento						
Tensión del sistema	12V / 24V; reconocimiento automático					
Consumo en standby	< 20mA (12V) / < 30mA (24V)					
Datos de entrada CC						
Corriente del módulo	10A	20A	30A	40A	50A	60A
Máx. potencia de entrada	150W(12V) 300W (24V)	300W(12V) 600W (24V)	450W(12V) 900W (24V)	600W(12V) 1200W (24V)	750W(12V) 1500W (24V)	900W(12V) 1800W (24V)
Voltaje máx. de entrada Voc	< 30V / 48V					
Voltaje mín. de entrada Vmp	> 16V / 32V					
Datos de salida CC						
Corriente de salida	10A	20A	30A	40A	50A	60A
Tipo de batería	Ácido / Gel / AGM / Litio					
Tensión de absorción	13.8V / 27.6V					
Tensión de flote	14.4V (14-15V seteable) / 28.8V (28-30V seteable)					
Tensión de reconexión (LRV)	11V (10.4-11.4V seteable) / 22V (20.8-22.8V seteable)					
Protección contra descarga profunda (LVD)	12.8V (12.2-13.2V seteable) / 25.6V (24.4-26.4V seteable)					
Puerto USB						
Eficiencia	90% máx.					
Tipo de conexión	Positivo común					
Condiciones de uso						
Temperatura ambiente	-40°C ... +50°C					
Equipamiento y diseño						
Sección mínima	2 mm ²	4 mm ²	6 mm ²	8 mm ²	10 mm ²	12 mm ²
Sección máxima	16 mm ²					
Grado de protección						
Dimensiones en mm	138 x 81 x 36			176 x 121 x 66		
Peso (Kg)	0.15		0.7	0.82		
Pantalla LCD						
Datos en pantalla	Voltaje de la batería, corriente de carga PV, corriente de descarga de carga, carga PV total Ah, descarga PV total Ah, ajuste de carga de voltaje constante, ajuste de desconexión de bajo voltaje, ajuste de reconexión de bajo voltaje					
Botones	MENÚ, CARGA (ON/OFF), ARRIBA, ABAJO					

Anexo 4: Ficha técnica de los cables

CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO H1Z2Z2-K 1,0 kV AC (1,5 kV DC) 90°C HF FR

Conductor		Aislamiento		Cubierta		Peso Total Aproximado	Ampacidad ⁽¹⁾		
Calibre	Resistencia Eléctrica DC a 20°C	Espesor Nominal	Diametro Aproximado	Espesor Nominal	Diametro Aproximado		Un Cable al Aire	Un Cable Sobre una Superficie	Dos Cables en Contacto Sobre Superficie
mm ²	Ω/km	mm	mm	mm	mm	kg/km	A		
1,5	13,2980	0,70	3,06	0,80	4,74	31	30	29	24
2,5	7,9693	0,70	3,53	0,80	5,21	42	41	39	33
4	4,9408	0,70	4,08	0,80	5,76	58	55	52	44
6	3,2906	0,70	4,66	0,80	6,34	78	70	67	57
10	1,8928	0,70	5,65	0,80	7,33	120	98	93	79
16	1,2036	0,70	6,54	0,90	8,44	183	132	125	107
25	0,7717	0,90	8,21	1,00	10,31	280	176	167	142
35	0,5484	0,70	9,38	1,10	11,66	380	218	207	176
50	0,3815	1,00	11,08	1,20	13,58	537	276	262	221
70	0,2689	1,10	13,05	1,20	15,55	752	347	330	278
95	0,2038	1,10	15,24	1,30	17,94	980	416	395	333
120	0,1592	1,20	17,26	1,30	19,96	1254	488	464	390
150	0,1281	1,40	19,31	1,40	22,23	1549	566	538	453
185	0,1048	1,60	21,40	1,60	24,72	1893	644	612	515
240	0,0793	1,70	27,77	1,70	31,31	2593	775	736	620

CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO PV XLPE 2000 V 90°C SR

Conductor		Aislamiento		Peso Total Aproximado	Ampacidad ⁽²⁾	
Calibre	Resistencia Eléctrica DC a 20°C	Espesor Nominal	Diametro Aproximado		Un Cable al Aire	Hasta Tres Conductores en Ducto
AWG	Ω/km	mm	mm	kg/km	A	
14	8,4443	1,90	5,92	50	30	23
12	5,3149	1,90	6,42	65	41	30
10	3,3436	1,90	7,06	88	56	41
8	2,1021	2,16	8,36	126	78	55
6	1,3226	2,16	9,42	182	106	73
4	0,8478	2,16	10,44	263	141	96
2	0,5332	2,16	11,98	389	190	129
1/0	0,3351	2,67	14,94	604	259	172
2/0	0,2659	2,67	16,08	739	300	194
4/0	0,1688	2,67	19,52	1140	405	260
250	0,1429	3,05	21,56	1365	455	290
500	0,0728	3,05	30,69	2650	703	430

Notas:

Los datos aquí registrados son nominales y están sujetos a las tolerancias según las normas y las prácticas normales de fabricación. Otras configuraciones y calibres no especificados en este catálogo, están disponibles bajo pedido.

(1) Criterios de ampacidad según UNE (Tabla A.3), temperatura conductor de 120°C y temperatura ambiente de 60°C.

(2) Capacidad de corriente según NTC 2050 (NEC), temperatura conductor de 90°C y temperatura ambiente de 30°C.

Anexo 5: Cotización ecotech solutions



Cuenca, 04 de marzo de 2026

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	P. TOTAL
CONTROLADOR DE CARGA SOLAR TIPO MPPT	U	1	\$25,00	\$25,00
BATERIA DE GEL 12V DOD 50%	U	1	\$150,00	\$150,00
MODULO FOTOVOLTAICO 100W 12V	U	1	\$150,00	\$150,00
INVERSOR MONOFASICO 1 KW PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO	U	1	\$50,00	\$50,00
SUMINISTRO DE CABLE #10 6MM	M	30	\$2,25	\$67,50
GABINETE BEAUCOST 60X40X20	U	1	\$150,00	\$150,00
SUBTOTAL IVA 15%				\$592,50
IVA 15 %				\$88,88
TOTAL				\$681,38

Agradecemos la favorable acogida brindada a la presente propuesta. La oferta económica tendrá una validez de 30 días contados a partir de la fecha de emisión del presente documento.



☎ 0987478726 | RUC: 0195152101001
Dir. Francisco de Quevedo e Iberia

