



# **Diseño de adaptación de un motor eléctrico fuera de borda alimentado por energía solar fotovoltaica para una embarcación de 16 ft de eslora.**

**Manuel Eduardo Cepeda López  
Cesar Leonardo García Burgos**

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Duitama, Colombia  
2021

# **Diseño de adaptación de un motor eléctrico fuera de borda alimentado por energía solar fotovoltaica para una embarcación de 16 ft de eslora.**

**Manuel Eduardo Cepeda López  
Cesar Leonardo García Burgos**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero Electromecánico**

Director:

ING. Carlos Ramón Batista Rodríguez

Línea de Investigación:  
Energías renovables.

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Duitama, Colombia  
2021

*Dedicatoria*

*A Dios, a mis padres, a mi querida y respetada Ana María y muy especialmente a mi adorada hija María Alejandra.*

*Cesar García*

*Dedicatoria*

*A Dios, a mis padres José y María, a mi abuelita María Antonia y en especial a mi novia Danny Andrea.*

*Manuel Cepeda*



## **Agradecimientos**

Los autores expresan sus agradecimientos muy especialmente a las siguientes personas que colaboraron en la realización de este proyecto:

Carlos Ramón Batista Rodríguez, ingeniero mecánico y Director del proyecto, por sus valiosos aportes.

John Alexander Estupiñán, Msc. Ingeniero Electromecánico, por sus enseñanzas como docente de Ingeniería Electromecánica.

Víctor Alberto López Gutiérrez, Msc. Ingeniero Electromecánico, en la transmisión de sus conocimientos como docente de la Facultad de Ingeniería Electromecánica.

A nuestros compañeros Nelson, Franklin, Juan, Camilo, Melquis y Diego; por sus aportes, amistad y tiempo compartido.

A cada una de nuestras familias por el apoyo brindado con amor, paciencia y dedicación.



## Resumen

En lugares de afluente turístico, como en el lago de Tota, en donde el mayor atractivo incluye la navegación, es conveniente buscar alternativas energéticas que ayuden a preservar el entorno natural, disminuir costos y seguir prestando servicios de calidad a los turistas. El propósito central de la presente investigación fue el diseño de adaptación de un motor eléctrico fuera de borda alimentado por energía solar fotovoltaica para una embarcación en aluminio naval de 16 pies (4.85 m) de eslora con capacidad para ocho pasajeros, propulsada por un motor eléctrico de 2238 W a 24 VDC, alimentada con paneles solares policristalinos de 24 V y 370 W.

Se realizaron los respectivos cálculos de materiales y equipos, bajo los parámetros y normatividad en materia de navegación (Estatuto Nacional de Navegación Fluvial del Ministerio de Obras Públicas y Transporte, hoy Ministerio del Transporte) adoptado por medio del Decreto No. 2689 de 1.988, teniendo en cuenta las “NORMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN, INSPECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE EMBARCACIONES FLUVIALES de la American Bureau of Shipping 1956. Al finalizar los cálculos de diseño se encontró la necesidad de instalar 2 paneles solares de 370 W cada uno, a fin de cubrir la potencia fotovoltaica óptima de 0.74 KW. Asimismo, se logró establecer las características del motor eléctrico fuera de borda necesario, el cual es un Travel 1103 CL marca Torqeedo, con potencia de 2.238 KW (3.0 HP), longitud de transmisión de 0.508 m, peso de 17.7 Kg, batería integrada de Litio Ion de 922 Wh y un peso máximo total de carga, bote y equipo de 0.750 Ton (750Kg). De otro lado, se elaboraron los correspondientes esquemas, planos y diagramas del diseño eléctrico. Por último, se entregan los cálculos de costos de materiales y mano de obra para la construcción del diseño, los cuales oscilan los 21'443.700 COP.

**Palabras clave:** Energía renovable, motor eléctrico, embarcación, sistema fotovoltaico.

## **Abstract**

In places of tourist affluence, such as Lake Tota, where the main attraction includes navigation, it is convenient to look for energy alternatives that help preserve the natural environment, reduce costs and continue providing quality services to tourists. The main purpose of this research was the design and adaptation of an outboard electric motor powered by photovoltaic solar energy for a 16-foot (4.85 m) naval aluminum boat with capacity for eight passengers, propelled by a 2238 W electric motor at 24 VDC, powered by 24 V and 370 W polycrystalline solar panels.

The respective calculations of materials and equipment were made under the parameters and regulations on navigation (National Statute of Fluvial Navigation of the Ministry of Public Works and Transport, today Ministry of Transport) adopted by Decree No. 2689 of 1988, taking into account the "STANDARDS FOR THE CONSTRUCTION, INSPECTION AND CLASSIFICATION OF FLUVIAL VESSELS of the American Bureau of Shipping 1956. At the end of the design calculations, it was found necessary to install 2 solar panels of 370 W each, in order to cover the optimum photovoltaic power of 0.74 KW. Likewise, the characteristics of the necessary outboard electric motor were established, which is a Torqeedo Travel 1103 CL, with a power of 2.238 KW (3.0 HP), transmission length of 0.508 m, weight of 17.7 Kg, integrated Lithium Ion battery of 922 Wh and a Maximum total weight of load, boat and equipment of 0.750 Ton (750Kg). On the other hand, the corresponding schemes, plans and diagrams of the electrical design were elaborated. Finally, the cost calculations of materials and labor for the construction of the design, which range from 21'443.700 COP, are provided.

**Keywords:** Renewable energy, electric motor, boat, photovoltaic system.

# Contenido

	Pág.
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1. Descripción de la investigación .....</b>	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	3
1.2 Justificación .....	6
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo general .....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 Alcance.....	7
1.5 Resultados esperados .....	7
<b>Capítulo 2. Marco Teórico.....</b>	<b>9</b>
2.1 Energía fotovoltaica .....	9
2.2 Componentes principales de un sistema Fotovoltaico.....	12
2.2.1 Los paneles fotovoltaicos .....	12
2.2.2 Bancos de baterías.....	19
2.2.3 Controlador de carga.....	24
2.2.4 Inversor .....	25
2.3 Cableado de interconexión .....	26
2.4 Motor eléctrico .....	27
2.5 Lanchas.....	33
2.5.1 Lanchas solares .....	35
<b>Capítulo 3. Diseño .....</b>	<b>37</b>
3.1 Proceso de diseño .....	37
3.2 Requerimientos de diseño .....	39
3.3 Diseño conceptual, esquemas generales.....	40
3.4 Cálculo en detalles de cada uno de los elementos eléctricos de la lancha.....	43
3.4.1 Cálculos de la potencia propulsora del motor eléctrico de corriente directa.....	43
3.5 Ubicación del proyecto en el lago de Tota Boyacá.....	46
3.6 Caracterización de la carga .....	46
3.7 Caracterización de la planta solar y antecedentes .....	47
3.8 Dimensionamiento de equipos de la planta solar .....	47
3.9 Cálculo de componentes auxiliares.....	54
3.10 Cálculo de los costos de materiales y mano de obra.....	66
<b>Conclusiones.....</b>	<b>69</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>71</b>

**Anexos..... 73**

## Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Vista del lago de Tota .....	3
<b>Figura 2.</b> Navegación en el lago de Tota .....	4
<b>Figura 3.</b> Estructura de panel solar fotovoltaico. ....	14
<b>Figura 4.</b> Paneles solares rígidos.....	15
<b>Figura 5.</b> Paneles solares flexibles .....	15
<b>Figura 6.</b> Conexión de placas en paralelo.....	17
<b>Figura 7.</b> Conexión en serie.....	18
<b>Figura 8.</b> Paneles solares en serie y paralelo .....	18
<b>Figura 9.</b> Baterías de ácido.....	21
<b>Figura 10.</b> Baterías líquidas -electrolito líquido .....	22
<b>Figura 11.</b> Baterías AGM – Absortion Glass Mat .....	23
<b>Figura 12.</b> Baterías en motores eléctricos.....	24
<b>Figura 13.</b> Reguladores de carga .....	25
<b>Figura 14.</b> Inversor fotovoltaico.....	25
<b>Figura 15.</b> Cables .....	26
<b>Figura 16.</b> Motor fuera de borda .....	28
<b>Figura 17.</b> Motor sincrónico .....	31
<b>Figura 18.</b> Motor de inducción .....	32
<b>Figura 19.</b> Lancha de aluminio.....	33
<b>Figura 20.</b> Lancha con paneles solares rígidos.....	35
<b>Figura 21.</b> Prototipo de lancha solar .....	39
<b>Figura 22.</b> Esquema de conexión del sistema .....	41
<b>Figura 23.</b> Motores fuera de borda Travel 1103 CL .....	42
<b>Figura 24.</b> Gráfica para determinar la potencia del motor .....	45
<b>Figura 25.</b> Ubicación del proyecto.....	46

<b>Figura 26.</b> Mapa de Irradiación solar plurianual UPME.....	47
<b>Figura 27.</b> Ficha técnica del panel solar de 370W .....	48
<b>Figura 28.</b> Ficha técnica controlador MPPT Victron.....	51
<b>Figura 29.</b> Ficha técnica Inversor Victron .....	54
<b>Figura 30.</b> Niveles cerámicos en Colombia .....	61
<b>Figura 31.</b> Distribución de los paneles sobre la cubierta.....	63
<b>Figura 32.</b> Plano de sistema eléctrico con todos los elementos.....	65
<b>Figura 33.</b> Plano Unifilar planta solar para cargador embarcación Lago de Tota en Aquitania Boyacá.....	66

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Dimensiones de la embarcación.....	40
<b>Tabla 2.</b> Descripción del producto.....	53
<b>Tabla 3.</b> Características de los conductores AWG .....	57
<b>Tabla 4.</b> Radiación solar del IDEAM.....	61
<b>Tabla 5.</b> Información técnica del motor .....	64
<b>Tabla 6.</b> Componentes del sistema en el proyecto.....	64
<b>Tabla 7.</b> Costos de materiales y mano de obra .....	67

## Lista de anexos

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo A.</b> Glosario .....	73
<b>Anexo B.</b> Catálogos y Esquemas .....	77
<b>Anexo C.</b> Promedios mensuales de brillo solar para todas las estaciones del país (horas de sol al día) .....	81

## Lista de Símbolos y abreviaturas

### Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
A	Área	m <sup>2</sup>	Medida de la superficie.
CV	Caballo de vapor	CV	Caballo de potencia métrico igual a 736 vatios.
HP	Caballo de potencia	HP	Unidad de potencia anglosajona igual a 746 vatios.
I	Ampere o amperio	A	Unidad de intensidad de corriente.
P	Potencia	W	Unidad de potencia eléctrica.
V	Voltaje o tensión	V	Unidad de potencial eléctrico y de fuerza electromotriz (FEM)
Wh	Energía o trabajo	Wh	Unidad de energía o trabajo, corresponde a una potencia de un Watt

---

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
			desarrollada durante una hora: 1W x 1h

---

### Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
$\Omega$	Resistencia	Ohmio $\Omega$	Unidad de resistencia eléctrica

# Introducción

En Colombia se puede apreciar la incursión en nuevas fuentes de energía tales como la energía solar, eólica, hidráulica, mareomotriz, geotérmica, biomasa, entre otras. A diferencia de las energías tradicionales, provienen de fuentes inagotables, por lo cual se consideran renovables, añadiendo una ventaja adicional en su forma de generar energía y el bajo impacto que tienen sobre el medio ambiente. Es por ello que en la actualidad se busca aplicar estas nuevas alternativas de generación de energía para disminuir los índices de afectación al ecosistema generando la misma utilidad, a un menor costo y siendo amigables con el medio ambiente.

Asimismo, esta diversidad de nuevas alternativas de generación de energía permite llevar a cabo infinidad de proyectos productivos, económicos y de bajo impacto ambiental, ideales para una nueva era en donde es indispensable cuidar no solo la economía de grandes, medianas y pequeñas empresas, sino también de un planeta que poco a poco sufre grandes daños ocasionados por los seres humanos, en su explotación y afectación al ecosistema.

Esta investigación consiste en el estudio de adaptación de un motor eléctrico fuera de borda a una lancha de aluminio de 16 pies (4.85 m) de eslora y manga de 5.98 pies (1.82 m), fabricada en el Astillero Durabotes de Bogotá (Ver Tabla de fabricación en el Anexo B), con las dimensiones específicas de acuerdo con la normativa náutica bajo las Normas para la construcción, inspección y clasificación de embarcaciones fluviales (Ministerio de Obras Públicas) adoptado por medio del Decreto No. 2049 de 1956, dicha embarcación puede ejercer una velocidad de arrastre autónoma, eficiente y segura en su sistema, propulsada mediante energía solar fotovoltaica. La propuesta demuestra que las energías renovables son un recurso importante para el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías en la industria náutica y turística del departamento de Boyacá, sirviendo de motivación para que cada vez se investiguen, mejoren y apliquen en mayor medida nuevos sistemas de generación mediante energías sostenibles.

Cabe agregar que la Ley No 1715 de 13 de mayo de 2014 tiene como finalidad establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional (Jiménez, 2016).

Por su parte, al hacer una comparación entre fuentes de energía renovables, específicamente con la energía solar fotovoltaica y la obtenida a través de los combustibles fósiles, se nota una gran diferencia en sus densidades energéticas, siendo de 1 a 1.4 MJ/Kg y de 43 a 47 MJ/Kg respectivamente. A pesar de esta gran diferencia es posible mover una embarcación por medio de energía eléctrica y más en el caso que se analiza, cuando proviene de fuentes alternativas como lo es la fotovoltaica.

El consumo energético en Colombia se centra en el sector transporte con un 40% del consumo final de energía del país, teniendo en cuenta que la fuente principal de energía es de los productos derivados del petróleo, representando el 97% (UPME, 2019). El transporte fluvial cuenta con un consumo de energía de apenas el 1% del consumo final de energía del país, mientras que el modo carretero ocupaba la mayor parte con un 89% (UPME, 2019). En este sentido se han desarrollado investigaciones en donde se plantea el uso de energías alternativas como la solar, frente a los combustibles fósiles (Herrera & Betancourt, 2019). Con el presente proyecto se pretende hacer el estudio de la aplicabilidad y eficiencia del uso de la energía solar para su empleo en motores eléctricos fuera de borda en una lancha, además de hacer un estudio a nivel de pre-factibilidad con el fin de determinar la funcionalidad de estos, realizando un comparativo entre motores de combustión interna y motores eléctricos.

# Capítulo 1. Descripción de la investigación

## 1.1 Planteamiento del problema

En Boyacá, el lago de Tota jurisdicción del municipio de Aquitania es un lugar muy concurrido por turistas por sus atractivos naturales. Se aprovecha de su gran extensión hidrográfica mediante recorridos en lanchas y motos acuáticas que ofrecen el servicio de reconocimiento a lo largo de su superficie.

Aquitania cuenta con el hermoso Lago de Tota de cuyas aguas bellas y cristalinas se surten más de 10 municipios de la región. Es el Lago más grande de Colombia y el segundo en Sur América, tiene una extensión de 60 Km<sup>2</sup>, 13 Km de largo y 8 Km de ancho y una profundidad máxima de 60.74 metros. En cercanías del lago se presentan fuertes fluctuaciones de temperatura que oscila entre los 0°C y los 22°C.

Igualmente, en el Lago se pueden observar islas como la Isla San Pedro, Cerro Chico, la Custodia, Santa Helena y la Isla del amor, Santo Domingo y el Islote Cangrejos. También posee dos grandes penínsulas: Susacá y Potreros.

Turismo: En los últimos años el turismo en Aquitania se ha incrementado gracias a la afluencia de

visitantes del orden nacional e internacional para conocer las majestuosas aguas del Lago de tota, disfrutar los hermosos paisajes y la sin igual Playa Blanca del interior del país.

**Figura 1.** Vista del lago de Tota



Fuente: Cartilla Municipio de Aquitania

Para la atención de los turistas se han construido muchos hoteles, cabañas posadas, fincas agroturísticas, restaurantes y cafeterías.

Igualmente, para disfrutar el bello Lago de Tota se cuenta con una buena flota de embarcaciones menores como yates, planchones, motonáuticas, lanchas y botes de pesca. (Ver Fig. 2).

**Figura 2.** Navegación en el lago de Tota



Fuente: Cartilla Municipio de Aquitania

La navegación en el Lago está debidamente autorizada por el Ministerio de Transporte representada por la Inspección Fluvial que se encuentra ubicada en el sitio la Peña y vigilada por la Superintendencia de Transporte y la Policía de Tránsito del municipio.

Estudios anteriores han demostrado que, por medio de fuentes alternativas como la energía fotovoltaica, se puede producir movimiento de vehículos acuáticos (Oblitas, 2019). En Boyacá no se ve reflejado el auge en el desarrollo de energías renovables. Existe un atraso en la aplicación y en el estudio de estas nuevas alternativas de energía.

Debido a la demanda creciente de consumo de energía por parte de la sociedad se requiere de jóvenes innovadores que realicen investigación en las nuevas energías y su transformación en productos y servicios (Pasquevich, 2016).

La energía solar permite desarrollar nuevas alternativas de generación de energía que contribuyen a solucionar varias problemáticas, como la emisión de gases y partículas contaminantes que alteran el proceso normal del efecto invernadero e incrementan el calentamiento global, permite que la sociedad reduzca sus gastos y además soluciona la problemática de depender de aquellas energías que son finitas y que tienen altos costos (Medina & Venegas, 2018).

El departamento de Boyacá, igual que en las diversas ciudades y regiones del mundo, presenta ventajas comparativas en turismo, que estarían integradas por recursos existentes como la riqueza natural, el clima e incluso la cultura. Las ventajas comparativas se relacionan con la habilidad de los destinos turísticos para agregar valor a los recursos y usarlos eficientemente, así se ha pasado de un concepto de competitividad estática a uno de competitividad dinámica (Barroso & Flores, 2006).

Con esta propuesta se busca desarrollar un prototipo de vehículo acuático que pueda sustentar la eficiencia y la posibilidad del crecimiento de la ingeniería y desarrollo económico para el fortalecimiento del departamento, desde el punto de vista de las energías renovables. De esta manera, se pretende mejorar el turismo en el departamento gracias a las innovaciones tecnológicas de que se dispone para la creación de un atractivo turístico fluvial, que aproveche la radiación solar como fuente de energía alternativa para el desplazamiento eficiente y seguro de las embarcaciones.

## **1.2 Justificación**

El Plan de Desarrollo del Departamento de Boyacá 2016 – 2019 muestra interés por el turismo como medio para disfrutar la naturaleza y como estrategia de desarrollo sostenible y de fortalecimiento de tejido social en las comunidades del departamento. También declara la necesidad de definición y promoción de productos turísticos para incrementar el número de turistas que visitan Boyacá (Boyacá, 2016).

La visita de turistas aumenta en la Laguna de Tota en la época decembrina, las visitas más recurrentes son a finales del mes de junio principios de julio (Rodríguez & Granados, 2017). Se precisa contar con un medio de transporte económico y sustentable para todos los ciudadanos, que cumpla la función de ser un atractivo turístico fluvial. Es por ello que se plantea la adaptación de un motor eléctrico a una embarcación movida a través de la energía fotovoltaica, que motive el uso de energías renovables como un punto de partida al desarrollo y diseño de nuevas tecnologías que ayuden al medio ambiente.

El departamento de Boyacá actualmente cuenta con un buen desarrollo turístico debido a sus grandes atractivos naturales, turismo que puede ser plataforma en la incursión de nuevas tecnologías que lleven a futuro el turismo a grandes escalas que fortalezcan el desarrollo departamental y que inciten a nuevos avances tecnológicos en el uso del aprovechamiento de estas energías alternativas, demandando innovación por parte de aquellos que conocen y llevan a cabo este oficio en materia de las energías renovables, para ser estudiados, desarrollados y aplicados en este ámbito o en cualquier otro.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar la adaptación de una embarcación en aluminio de 16 ft de eslora para ocho pasajeros propulsada por un motor eléctrico de 24 VDC, alimentada por paneles solares rígidos monos cristalinos, que producen voltaje de corriente continua llevándola a un regulador MPPT para estandarizar el voltaje a 24 voltios a la entrada de la batería que viene integrada en el motor.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Calcular y seleccionar los materiales y equipos que se utilizarán en el diseño del sistema eléctrico de la embarcación mediante paneles solares mono cristalino.
2. Seleccionar la potencia requerida del motor eléctrico a 24 VDC fuera de borda, de acuerdo a la eslora de flotación y velocidad de arrastre para el transporte de ocho pasajeros en la embarcación de aluminio.
3. Calcular la capacidad en amperios-hora (Ah) de la batería y la potencia eléctrica requerida en paneles solares, para conseguir una autonomía de 6 horas/día de navegación, con velocidades entre 2 y 5 nudos.
4. Entregar listado detallado de componentes y plano eléctrico con la distribución de los elementos necesarios para la adaptación del sistema fotovoltaico de la embarcación de 16 ft de eslora.

Cabe aclarar que en el momento del desarrollo de los correspondientes cálculos se había considerado un motor de 15 kW, lo cual resultó siendo inconveniente, al requerir una cantidad mayor de paneles solares sobre la cubierta, la cual debería ser de mayor tamaño y claramente desproporcionada al tamaño de la lancha, por este motivo se decidió optar por un motor de 2.238 Kw (3HP), y así requerir únicamente 2 paneles solares de 370W, sin verse afectada la funcionalidad del diseño.

### **1.4 Alcance**

Esta investigación contempla el análisis y diseño para la adaptación de un motor eléctrico a una lancha propulsada por energía fotovoltaica, teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas y las características del sector hotelero de Boyacá. La presente investigación no contemplará el diseño ni fabricación de la embarcación ni cualquier otra estructura que pueda ser impulsada por este tipo de energía.

### **1.5 Resultados esperados**

Con la presente investigación se espera, en su primera fase, establecer las condiciones meteorológicas para llevar a cabo el desarrollo de la investigación, al igual que las condiciones con relación al sector turístico fluvial en el departamento de Boyacá.

En la segunda fase de investigación se espera determinar, bajo el análisis y el estudio técnico, los requerimientos necesarios para llevar a cabo la investigación.

Con la tercera fase de investigación se espera llevar a cabo la adaptación del motor eléctrico a una lancha propulsada por energía fotovoltaica.

# Capítulo 2. Marco Teórico

## 2.1 Energía fotovoltaica

Es una fuente de energía eléctrica renovable obtenida a partir de la radiación solar mediante los paneles solares y células fotovoltaicas que lo componen, produciendo un diferencial de potencial o voltaje entre ambos materiales, que genera el flujo de la corriente eléctrica a través de los inversores fotovoltaicos a las redes de distribución y consumo eléctrico. Este tipo de energía natural es inagotable para el ser humano y de gran impacto para el ambiente, ya que al poseer la capacidad de regenerarse por sus propios medios permite la obtención de la electricidad sin medios de combustión, que por sus constantes usos generan gases tóxicos nocivos que contaminan la atmósfera y el entorno.

La energía solar fotovoltaica es una nueva tecnología empleada para obtener corriente eléctrica continua con potencia de entrega y absorción, medidas en vatios (W) o kilovatios (kW) a través de los materiales semiconductores, al ser iluminados por los fotones del sol irradiados en el día. La luz solar siempre incidirá sobre una célula fotovoltaica que cumple el papel de una batería al ser acompañada con el panel solar, generan un potencial eléctrico. Cuando la luz se extingue por condiciones ambientales de lluvia, nubes, o anochecer, la electricidad desaparecerá y es ahí donde las células solares se mantienen en operación para su consumo y distribución (Grupo Nap, 2002).

Igualmente, la energía solar fotovoltaica en su proceso de transformación de corriente eléctrica es absolutamente silenciosa y no crea disturbios. Permite reunir las mejores condiciones para abastecer y cubrir las necesidades energéticas en los diferentes lugares que intenta perseverar al máximo las condiciones ecológicas del entorno, como los bosques, ríos, playas, entre otros. En los espacios ambientales acuáticos no produce alteración en los acuíferos o de las aguas superficiales para el consumo o para el disfrute de ella, evitando la contaminación por residuos o vertidos ocasionada por la combustión de petróleo, gasolina o reacciones nucleares. Todo lo anterior significa que genera un gran

impacto positivo hacia el medio social, mejorando la calidad de vida, previniendo con sus instalaciones de electrificación en el ámbito rural el despoblamiento y abandono de las mejores tierras para el cultivo y la cosecha.

Ahora bien, haciendo un mayor énfasis en la producción de energía eléctrica con el uso del sistema solar fotovoltaico a una mayor escala, toda planta solar de generación eléctrica, incluso hasta las pequeñas instalaciones domésticas, necesitan de ciertos equipos electrónicos especificados en la potencia de consumo, que sirven para conectar los paneles a la red eléctrica para el consumo de la energía captada por la radiación solar en corriente directa. Es por ello que el inversor cumple como un interfaz, ya que interconecta las cargas o redes eléctricas para transformarla en función a la corriente alterna (AC).

Por su parte, González et al., (2019) enfatizan que en todas las instalaciones solares, al ser interconectadas a la red eléctrica, el usuario puede tomar la energía necesaria de la red en días nublados o durante la noche, o bien ser aislada sin conexión a la red contando con un almacenamiento de energía (tipo baterías) para proporcionar corriente eléctrica a la red de consumo, cuando el recurso solar sea insuficiente y durante la noche, considerando su proceso de transformación donde es necesario el inversor.

La aplicación de la energía solar fotovoltaica involucra constituir distintos sistemas de suministro de energía eléctrica con amplios rangos de potencia para abastecer a la población. Aunque se considera este tipo de energía como una forma costosa de producción de electricidad, es sin duda en aplicaciones aisladas de la red la solución más económica del suministro eléctrico, ya que contempla aplicaciones de consumo tradicionales de interior y exterior de un hogar, aplicaciones industriales junto a aplicaciones remotas, como de alumbrados en avenidas de ciudades.

Con relación a las aplicaciones aisladas de la energía fotovoltaica son numerosas sus aplicaciones, partiendo desde la iluminación por bombillo tanto en interior del hogar como en el exterior por medio de las luces del jardín, la carga de los teléfonos móviles, la telecomunicación, la señal de tráfico, el suministro a distintas viviendas, entre otros. Esta energía fotovoltaica permite alimentar decenas de miles de repetidores de telecomunicación que por su ubicación en cerros y colinas consideran esta tecnología de aplicación como una solución desde el punto de vista técnico y económico.

Sin embargo, los sistemas de aplicación conectados a la red se componen principalmente de la integración de generadores fotovoltaicos, donde el inversor incluido en ellos convierte la energía continua de los paneles en alterna para luego ser inyectada a la red, y esta ser la encargada del suministro a los distintos hogares por medio de un contador eléctrico que especifica la cantidad de potencia requerida en una casa.

De esta manera, la implementación de la energía solar fotovoltaica es muy importante tanto para la industria eléctrica y para el uso de las TIC. La energía solar integrada a las TIC favorece la utilización de procesos de desarrollo en los países más pobres. Igualmente, para la utilización es necesario el acceso a internet en las regiones en vía en desarrollo esto para aminorar y acabar con la brecha digital. Además, las TIC facilitan y ayudan con las labores de la ONG, los gobiernos locales, las entidades y comunidades privadas. De esta forma, los dos sectores se complementan entre sí, ayudando en las zonas más desfavorecidas donde puedan coexistir.

Con el uso de las TIC pueden mejorar y agilizarse los desarrollos en el sector fotovoltaico, contribuyendo a la economía de escala en la fabricación de dispositivos fotovoltaicos, facilitando las tareas de diseño y optimización de las medidas de control de calidad. Por ejemplo, las TIC pueden desempeñar un papel importante en la gestión de control y seguridad de las instalaciones solares fotovoltaicas (Grupo Nap, 2002).

Del mismo modo, la utilización de las fuentes de energías renovables trae beneficios tales como: generar mayor consumo de energía fotovoltaica, reducir el uso de otras energías, menor demanda en el sistema eléctrico de la red y reducción de los precios nacionales en las fuentes tradicionales.

Otro beneficio que se le puede dar al uso de la energía fotovoltaica es que cualquier persona puede utilizarla para generar electricidad con sistemas fotovoltaicos, aumentando su independencia energética. Además, el uso e implementación de este nuevo modelo es menos peligroso, debido a que no necesita líneas de alta tensión, las cuales pueden generar catástrofes por fallo de estructuras (Gómez-Ramírez et al., 2017).

En fin, la energía fotovoltaica es un tipo de energía respetuosa con el medio ambiente, su mecanismo de generación y obtención de electricidad para los hogares es silencioso, dando como resultado una nueva ventaja de generación libre en contaminación acústica,

esta energía que se viene implementando por cada 100 kW de potencia evita la emisión de aproximadamente 75.000 kg de dióxido de carbono al año.

## **2.2 Componentes principales de un sistema Fotovoltaico.**

Un sistema fotovoltaico está constituido por cuatro componentes primordiales a saber:

- **MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**
- **BANCOS DE BATERÍAS O ACUMULADORES**
- **CONTROLADOR O REGULADOR DE CARGA**
- **INVERSOR**

En forma adicional, es necesario considerar otros elementos y materiales complementarios, como son los dispositivos de protección (fusibles, interruptores termomagnéticos, etc.) desconectores, protección contra sobre tensiones, equipos de procesamiento y el alambrado o cableado.

A continuación, se describen las generalidades de cada uno de estos componentes empezando por definirlos y a la vez hablando de sus características y funcionamiento, así:

### **2.2.1 Los paneles fotovoltaicos**

Los paneles solares están formados por un conjunto de celdas, encargadas de generar la electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. Para clasificar el estándar de potencia para cada celda solar es denominado potencia pico y corresponde con la potencia máxima que el módulo entrega bajo condiciones estandarizadas las cuales son radiación de 1000 W/m<sup>2</sup> y temperatura de célula de 25 °C. La mayoría de las celdas solares están hechas de uno de los materiales más abundantes en el planeta: el silicio, el cual se extrae del cuarzo y la arena.

Los paneles solares más utilizados se dividen principalmente en policristalinos y mono cristalino, compuestos de secciones de un único cristal de silicio, por su alta resistencia y útiles en cuanto a su alta duración en el medio ambiente que lo rodea. Otros más utilizados

son los policristalinos, formados por pequeñas partículas cristalizadas y los amorfos, cuando un silicio no se ha cristalizado. Gracias a los constantes avances tecnológicos de la actualidad se pueden utilizar diferentes paneles para la generación de la electricidad.

Las formas de semiconductores de silicio más conocidas son el silicio monocristalino, el amorfo y el silicio policristalino, la tecnología más usada es la de capas activas compuestas de películas finas policristalinos o amorfos depositados en una capa eléctricamente pasiva o activa. Otros materiales usados en la tecnología fotovoltaica son el galio y el sulfato de cadmio.

En las celdas de los módulos solares se genera corriente continua gracias a la incidencia de la luz. Todos los módulos juntos interconectados constituyen el generador solar.

Los módulos fotovoltaicos normalmente están soportados por estructuras o racks en el sitio seleccionado para colocar los módulos, por ejemplo, una forma típica de montaje es en los techos de las casas por medio de estructuras, otras opciones incluyen el montaje integrado en edificios y los racks orientables en piso.

### **Máxima Potencia**

La corriente y, por tanto, la potencia eléctrica de una celda solar, depende directamente de la radiación incidente. Así, las celdas solares entregan su mayor energía con cielos despejados y máxima insolación. Con luz difusa la celda solar genera una potencia mucho menor. La máxima potencia de una celda solar se determina con una intensidad de irradiación de 1000 vatios por metro cuadrado con una temperatura de celda de 25 grados Celsius. Se la denomina "potencia pico" (del inglés Peak=pico) y se la consigna como "Wp" -vatios pico-. Una sola celda con una superficie de 10 cm x 10 cm (100 cm<sup>2</sup>) y una eficiencia del 15 por ciento entrega en tales condiciones una potencia de 1.5 W. La potencia es directamente proporcional al tamaño de la celda solar. Así pues, celdas de doble tamaño entregan, con la misma eficiencia, el doble de potencia.

### **Corriente de cortocircuito y tensión o voltaje de circuito abierto**

Una célula (celda) se caracteriza por sus parámetros, tales como la intensidad y el voltaje. La intensidad de corriente de una célula depende de la radiación incidente y del tamaño de la célula. El voltaje de la célula solar apenas si varía con una u otra radiación. Así pues,

ésta es específica del material, y para el silicio es de aproximadamente 0.5V – 0.6V. De este modo, sólo puede lograrse aumentar el voltaje mediante la conexión en serie de varias células solares.

Ha de distinguirse entre corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ), tensión o voltaje de circuito abierto ( $U_{oc}$ ) y punto de máxima potencia (MPP, del inglés Maximum Power Point) con sus correspondientes parámetros:  $U_{MPP}$  e  $I_{MPP}$ .

Estos parámetros se hallan bajo las llamadas Condiciones Estándar de Medida (STC; del inglés Standard Test Conditions), es decir, con una radiación de  $1000W/m^2$ , una temperatura de célula de  $25^{\circ}C$  y un determinado espectro de luz.

### Componentes de un módulo

Un módulo fotovoltaico está formado por varias células solares interconectadas, una protección anti-intemperie en forma de lámina de vidrio y laminado, una protección contra “hot-spots”, o destrucción térmica, en forma de uno o varios diodos by-pass y una opción de conexión eléctrica. La mayoría de los módulos disponen, además, de un marco, y muchos también de una lámina de vidrio trasera. (Ver figura 3)

**Figura 3.** Estructura de panel solar fotovoltaico.



Fuente: [eliseosebastian.tumblr.com](http://eliseosebastian.tumblr.com)

### Clasificación de los paneles según su contextura física

Según su contextura física los paneles se clasifican en paneles rígidos (Ver figura 4)

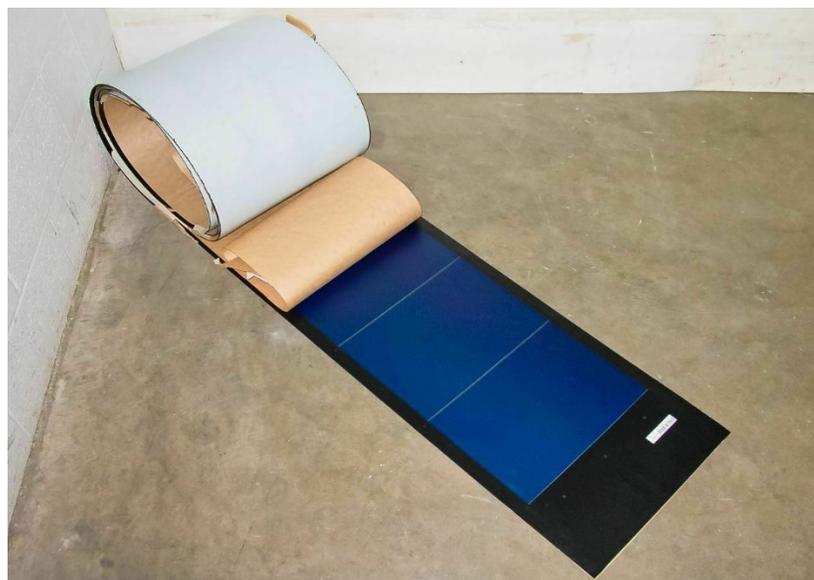
**Figura 4.** Paneles solares rígidos



Fuente: monsolar.com

Paneles flexibles (Ver figura 5).

**Figura 5.** Paneles solares flexibles



Fuente: United Solar Ovonix

### **Conexión de Módulos**

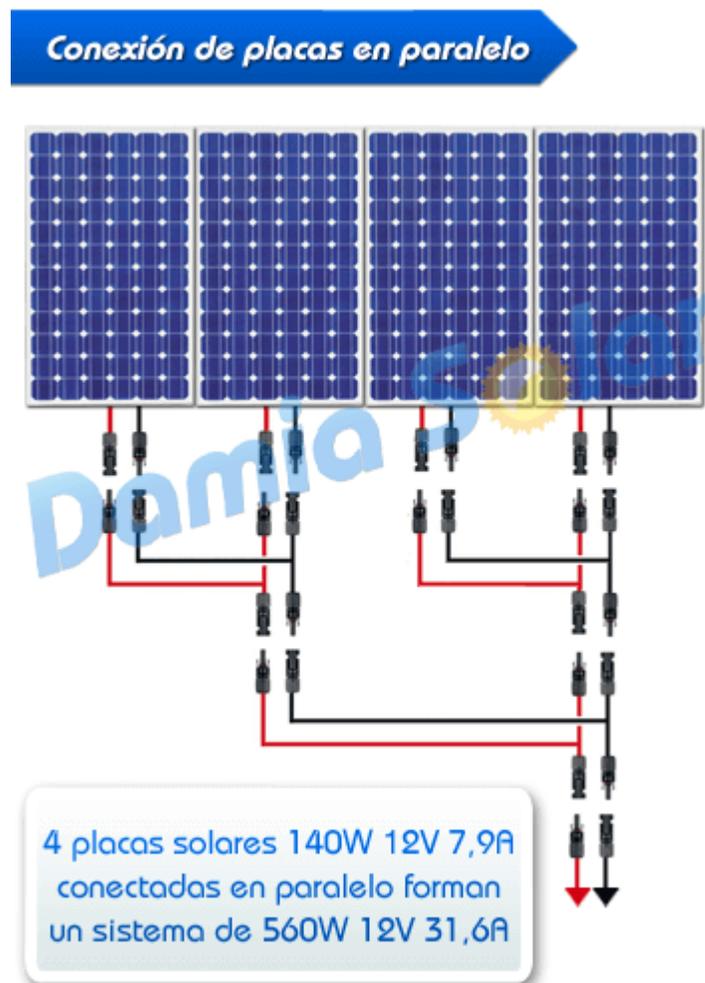
Los módulos fotovoltaicos se pueden conectar en tres formas o circuitos como son:

- Conexión en circuito paralelo
- Conexión en circuito serie
- Conexión en circuito mixto

A continuación, se explica las tres formas de conectar los módulos solares: en circuito paralelo, circuito en serie y circuito mixto.

**Conexión en paralelo:** La conexión en paralelo se realiza conectando por un lado todos los polos positivos del módulo de la instalación solar, y por el otro, conectando todos los polos negativos. De esta forma, se mantiene el voltaje o tensión (voltios) de los módulos solares mientras que se suma la intensidad de corriente (Amperios). Por ejemplo, si se conectan en paralelo cuatro módulos solares de 140 W, 7.9 A ,17.6 Vmp (voltaje en el punto de máxima potencia) y 12 V nominales cada uno, se obtendrán 560 W, 31.6 A y Voltaje resultante de 12 voltios nominales, más, sin embargo, con voltaje en el punto de máxima potencia se obtienen 17.6 voltios. (Ver figura 6)

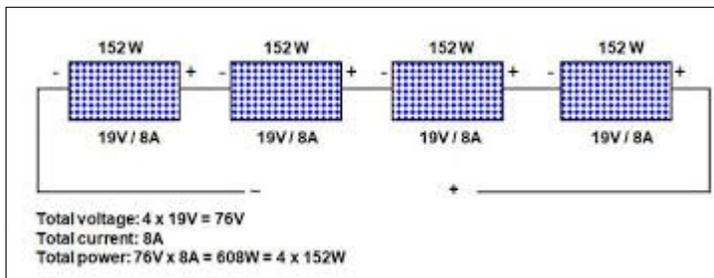
**Figura 6.** Conexión de placas en paralelo



Fuente: Damiasolar.com

**Conexión en serie:** En la conexión en serie, los módulos solares se conectan entre sí, conectando el polo positivo de un panel con el polo negativo del siguiente panel. A diferencia de la conexión en paralelo, se mantiene la intensidad y se suma el voltaje. Por ejemplo, si se conectan en serie 4 módulos de 152 W, 12 V (voltaje nominal) y 19 Vmp (voltaje en el punto de máxima potencia) y 8A (Imp= corriente de máxima potencia), se obtendrán: 608W, 76 Vmp (voltaje de máxima potencia) y 48V (voltaje nominal) (Ver figura 7).

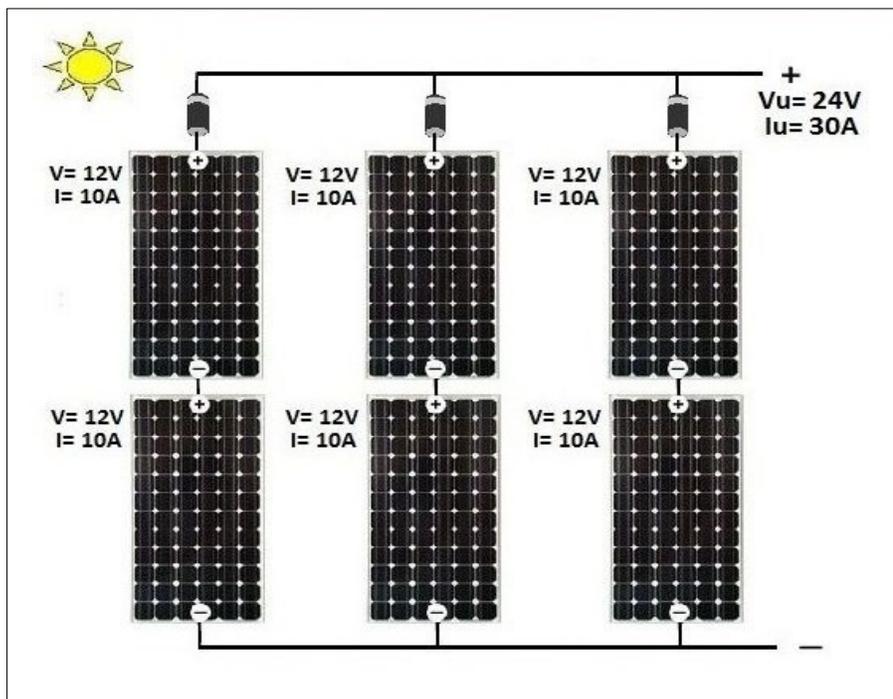
**Figura 7.** Conexión en serie



Fuente: [energíafotovoltaica.org](http://energíafotovoltaica.org)

**Conexión Mixta** (en serie y paralelo): De esta forma, gracias a esta conexión se aumenta tanto el voltaje como la intensidad, la cual posteriormente el regulador MPPT adaptará a las características de las baterías. Ejemplo, si se dispone de 6 módulos solares de 180 W, 12 V y 10 A. (Datos nominales), se obtendrán 1080 Vatios, 24 Voltios y 30 Amperios. (ver figura 8)

**Figura 8.** Paneles solares en serie y paralelo



Fuente: mpptsolar.com

## 2.2.2 Bancos de baterías

Las baterías, también llamadas acumuladores, son dispositivos que almacenan energía eléctrica. En los sistemas fotovoltaicos autónomos o independientes cumplen con varias funciones, principalmente sirven para almacenar la energía eléctrica para su uso por la noche cuando no se tiene sol para producir **energía fotovoltaica**, de manera que permita la operación de las cargas durante los periodos de poco sol, para estabilizar el voltaje del sistema y absorber transitorios.

### Clase de Baterías solares

Hay dos tipos de baterías según su ciclo:

- ✓ Baterías de ciclo bajo
- ✓ Baterías de ciclo profundo

**Baterías de ciclo bajo:** Las baterías de ciclo bajo están diseñadas para suplir una cantidad de corriente por un corto periodo de tiempo y soportar pequeñas sobrecargas sin perder electrolitos, como en el caso de las de los automóviles.

Sin embargo, estas baterías no soportan descargas profundas. Si son descargadas repetidamente por debajo del 20%, se acorta su vida útil considerablemente. Por lo tanto, estas baterías no son una buena elección para sistemas solares fotovoltaicos.

**Baterías de ciclo profundo:** Están diseñadas para ser descargadas repetidamente hasta un 80% de su capacidad. Esta característica las convierte en la mejor opción para sistemas de energía solar.

### Características a tener en cuenta de una batería solar

Las características más importantes a la hora de seleccionar una batería son:

**Capacidad:** La capacidad es la intensidad de corriente en amperios hora (Ah) que se puede obtener de una descarga completa del acumulador eléctrico cuando éste tiene un estado de carga total.

**Eficiencia de carga:** La eficiencia de carga es la relación entre la energía utilizada para rellenar el acumulador y la realmente almacenada. Por lo tanto, cuanto más cercano al 100% mejor.

**Autodescarga:** La autodescarga es el proceso de un acumulador eléctrico que sin estar en uso tiende a descargarse.

**Profundidad de descarga:** La profundidad de descarga es la cantidad de energía que se obtiene durante una descarga estando en carga total.

### **Tipo de baterías**

Las baterías se clasifican según el tipo de tecnología de fabricación, así como de los electrolitos utilizados.

Las baterías más utilizadas en instalaciones solares son las ácido plomo, por la relación de precio por energía disponible. Su eficiencia está entre un 85 – 95%, mientras que las Ni – Cad en un 65%

Seguramente las mejores baterías serían las de litio, no obstante, la batería de litio no es viable económicamente para esta aplicación.

### **Baterías de ácido – plomo para aplicaciones solares**

Todas las baterías de ácido plomo fallan prematuramente cuando no son recargadas completamente después de cada ciclo.

Si una batería de ácido – plomo se deja descargada (durante días) en algún momento, provocará una pérdida permanente de su capacidad.

**Figura 9.** Baterías de ácido



Fuente: [bateriasindusolar.com](http://bateriasindusolar.com)

### **Baterías líquidas – electrolito líquido**

Son las más usadas. Hay dos tipos de baterías líquidas:

- De forma abierta, con tapas que permiten el cambio de agua.
- De forma sellada, que son cerradas, pero con válvulas que permiten la salida de los posibles gases durante cargas excesivas.

### **Ventajas de las baterías líquidas**

- Las más antiguas.
- Su producción permite precios económicos.
- Son menos problemáticas a las sobrecargas.

### **Desventajas**

- Existe el peligro de perder líquido (agresivo).
- Suelen tener una vida útil corta, entre 400 ciclos de carga y descarga.
- Temperaturas muy bajas pueden destruirlas rápidamente.

**Figura 10.** Baterías líquidas -electrolito líquido



Fuente: damiasolar.com

Hay otro tipo de baterías, donde el electrolito no se encuentra en estado líquido, éste se ha inmovilizado.

En el caso de las baterías de gel, el electrolito se ha convertido en gel.

En el caso de la batería AGM (Absortion Glass Mat), se ha separado mediante una fibra de vidrio, con gran poder de absorción, que actúa como una esponja.

Tanto las baterías de Gel como las baterías AGM, son de libre mantenimiento. Nunca les será necesario añadir agua.

### **Baterías AGM – Absortion Glass Mat**

Son las baterías más modernas y el ácido está fijado en fibras de vidrio que lo absorbe.

Casi todas las baterías AGM son de válvula regulada: VRLA (valve regulated lead acid)

Tienen todas las ventajas de las de gel, además de las siguientes:

#### **Ventajas:**

- Buena vida útil.
- Más resistencia a climas fríos.
- Su autodescarga es mínima.

- Baja resistencia interna que permite corrientes altas.
- De ciclo profundo.

### Desventajas

- Precio más elevado

**Figura 11.** Baterías AGM – Absorption Glass Mat



Fuente: tekno solar.com

### Baterías Integrables en motores eléctricos Fueraborda

La gran mayoría de estas baterías son de plomo-ácido, sin embargo, en los motores Fuera de borda las baterías son de Litio Ion las cuales se adaptan bien a la operación en sistemas fotovoltaicos, siempre y cuando se les realice un mantenimiento adecuado para su uso. De esta forma, las baterías pueden tener un tiempo de vida útil prolongado. Se pueden encontrar muchos tipos de baterías, tales como plomo-calcio y plomo-antimonio. Hay muchos tipos de baterías que se pueden utilizar para los sistemas fotovoltaicos, probadas para mejorar su tiempo de carga y a las cuales se les realiza un mantenimiento adecuado para no obtener fallas al momento de su uso nuevamente. (Ver figura 12)

**Figura 12.** Baterías en motores eléctricos

Accesorios



**Alimentación**



Baterías de recambio Ultralight

Lleve a bordo una batería adicional para aumentar la autonomía. Disponible con capacidad de 320 Wh o 915 Wh



Baterías de recambio Travel

Para la serie Travel también ofrecemos baterías adicionales: con capacidad de 530 Wh o 915 Wh.

Fuente: catálogo Torqeedo

### 2.2.3 Controlador de carga

Un Controlador o Regulador de carga es un dispositivo electrónico que está colocado entre el arreglo fotovoltaico y el banco de baterías, su función es controlar tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia los aparatos que utilizan electricidad. Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de la corriente de los módulos

hacia ésta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia los aparatos consumidores. (Ver figura 13)

**Figura 13.** Reguladores de carga



Fuente: areatecnología.com

## 2.2.4 Inversor

Es el dispositivo electrónico, que transforma la corriente continua de 12 ó 24 voltios de la batería en corriente alterna de 110 ó 220 voltios, con grados de eficiencia entre el 85% y el 92%. Se clasifican atendiendo al tipo de aplicación en dos grandes grupos: inversores para sistemas aislados e inversores para sistemas conectados a la red. (Ver figura 14)

**Figura 14.** Inversor fotovoltaico



Fuente: areatecnología.com

Los inversores son los encargados de transformar la energía recibida del efecto fotovoltaico en forma de corriente continua a corriente alterna, adaptándola a las condiciones específicas requeridas o necesaria por el tipo de carga para el suministro a la red. Están caracterizados específicamente por su voltaje de entrada, que una vez adaptado proporciona eficiencia en el consumo eléctrico. Por su parte, son de bajo consumo con un aislamiento galvánico que los protege contra cortocircuitos y sobrecargas que puedan presentarse, con un sistema de medida monitorizado temporalmente, compuesto por desconexiones automáticas.

## 2.3 Cableado de interconexión

Es el encargado de conectar los paneles solares con materiales de alta calidad que aseguran su durabilidad y la fiabilidad del sistema en la intemperie y la humedad, en donde se instalan los llamados diodos de derivación, cableados en paralelo con las celdas o paneles solares de forma individual que proporciona la ruta de la corriente eléctrica alrededor de ellos sin problema alguno, en caso de presentarse alguna avería o un circuito abierto por estar interrumpido o no comunicado con los conductores eléctricos (cables). (Ver figura 15)

**Figura 15.** Cables



Fuente: [aquitosolar.cl](http://aquitosolar.cl)

## 2.4 Motor eléctrico

El motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.

En cuanto al tipo de corriente, los motores eléctricos se clasifican en:

- Motores de corriente continua
- Motores de corriente alterna

El motor de corriente continua se compone principalmente de dos partes esenciales: el estator, donde se encuentran los polos de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre dentro del núcleo de hierro; y el rotor, que es la parte giratoria del motor conformado por un núcleo de hierro o acero al silicio, donde le llega la corriente eléctrica mediante escobillas, bloques de grafitos con resortes, que al ejecutar presión en el núcleo establece un contacto eléctrico necesario para su funcionamiento.

De esta manera, uno de los tipos de motores eléctricos más comunes y empleados por industrias dentro de distintos dispositivos es el motor de corriente continua. Son considerados los más costosos, pues precisan de una fuente de corriente continua o dispositivo como el inversor que transforme la corriente continua en corriente alterna, que permita su ejecución y funcionamiento. Su función se basa en poder moverse en velocidades ajustables, que pueden variarse en amplios límites de tiempo, generando prestaciones en controles de flexibilidad y precisión. Es por ello que su uso es muy estricto y sistematizado donde dichas exigencias compensan costos extremadamente altos en instalación y mantenimiento.

En los motores eléctricos convencionales, el campo magnético necesario para la puesta en marcha de un motor eléctrico se produce mediante contactos deslizantes denominados comúnmente escobillas.

Pero los motores fuera de borda funcionan de un modo muy diferente, estos generan el campo magnético sin ningún contacto, lo hacen mediante electrónica digital integrada en el sistema, cambiando la polaridad 35000 veces por segundo. Estos motores utilizan la

tecnología de los motores denominados “outrunners”, con las bobinas en el interior y los imanes rotores montados en un casquete exterior. De este modo, lo que gira es la corona exterior, así mismo los imanes al estar alejados del núcleo generan un campo magnético mayor, desarrollando así un efecto de incremento de potencia adicional y un par motor superior.

Los motores fuera de borda son máquinas que, provistas de hélices y dirección, dan movimiento a embarcaciones ligeras, de trabajo o deportivas. (Ver figura 16) Su nombre se deriva de su instalación ya que estas máquinas se colocan en la parte exterior de la borda de popa de las embarcaciones, denominada espejo.

**Figura 16.** Motor fuera de borda



Fuente: panoramanautico.com

Los motores de propulsión eléctricos que utilicen la energía renovable fotovoltaica poseen un proceso diferente de generar electricidad a bordo, ya que a través de sus paneles solares siempre están expuestos a las radiaciones solares con el fin de cargar las baterías que poseen sus celdas por medio de la energía generada. En otras palabras, el panel fotovoltaico o solar cumple como una especie de cargador, que al llegar a las celdas las almacena en forma de batería para ser utilizadas en control de velocidad de sus ejes, los cuales varían constantemente en su tensión de entrada garantizando el funcionamiento independiente y eficaz del motor eléctrico.

Una de las opciones viables en la actualidad es contar con sistemas de propulsión variados en su generación, es decir, aquellos sistemas de propulsión de embarcaciones que no cuenten con la implementación de los paneles solares pueden llegar a cargar sus baterías a través de las redes eléctricas, por medio de un cargador especializado parecido al de los automóviles eléctricos.

La ventaja que presenta este tipo de propulsión eléctrica en las lanchas es su alto rendimiento, y su capacidad de transformación de la energía que absorbe en forma de electricidad a energía mecánica propulsora. (Espinoza, 2014) afirma que otra de las grandes ventajas de los motores eléctricos es que su funcionamiento no se basa en la combustión, por lo que no existen residuos de ningún tipo, ni descarga de gases a la atmósfera. Una ventaja adicional es que un motor eléctrico genera niveles de ruido notoriamente menores que su par de combustión interna; lo cual adquiere gran importancia especialmente para embarcaciones menores utilizadas para el transporte de pasajeros o recreación en el turismo.

Una de las principales limitaciones en las lanchas de funcionamiento con motores eléctricos de propulsión radica principalmente en su capacidad limitada de almacenamiento de energía a bordo, debido al peso y volumen de las baterías requeridas. (Espinoza, 2014) resalta que “la potencia del motor es generalmente modesta y consecuentemente la velocidad de la embarcación resulta relativamente baja comparada a la que podría alcanzar mediante un sistema de propulsión convencional basado en un motor de combustión interna”. Dichas razones resultan limitaciones, ya que la propulsión eléctrica en embarcaciones menores se limita casi siempre y exclusivamente a trazos de

desplazamiento que empleen rangos de velocidades baja que provoca una resistencia de avance mínima.

(Espinoza, 2014) establece que el uso de propulsión eléctrica limita a la embarcación a alcanzar velocidades relativamente bajas en comparación a una propulsión con motor de combustión interna, las velocidades que es posible alcanzar corresponden generalmente al límite de navegación de desplazamiento para embarcaciones menores, alcanzando valores de Número de Froude ( $F_n$ ) cercanos a 0,4.

Al utilizar la generación de energía por medio de paneles fotovoltaico en lanchas, se emplea un uso de energía limpia y renovable que reducen su costo de operación, permitiendo un aumento de la autonomía de la nave, dado que a medida que el motor utiliza la energía almacenada en las baterías, los paneles fotovoltaicos mantienen la generación eléctrica entre un 30 a 40%. En las lanchas específicamente se requiere de una superficie necesariamente expuesta a la radiación solar, como un techo que cumpla con las condiciones y formas adecuadas para su instalación que limite su implementación es espacios a bordo que no obstruyan el paso de los pasajeros turistas. Por ello, (Espinoza, 2014) dice que “la posibilidad de integrar los paneles como parte del diseño de la nave, atenúan el impacto de los paneles sobre la utilización de los espacios a bordo”. Debe considerarse siempre el desarrollo de lanchas con superficies planas a la intemperie necesarias para las instalaciones de ciertos paneles solares que incluya su área de operación ya que los niveles de radiación son diversos en las distintas zonas geográficas.

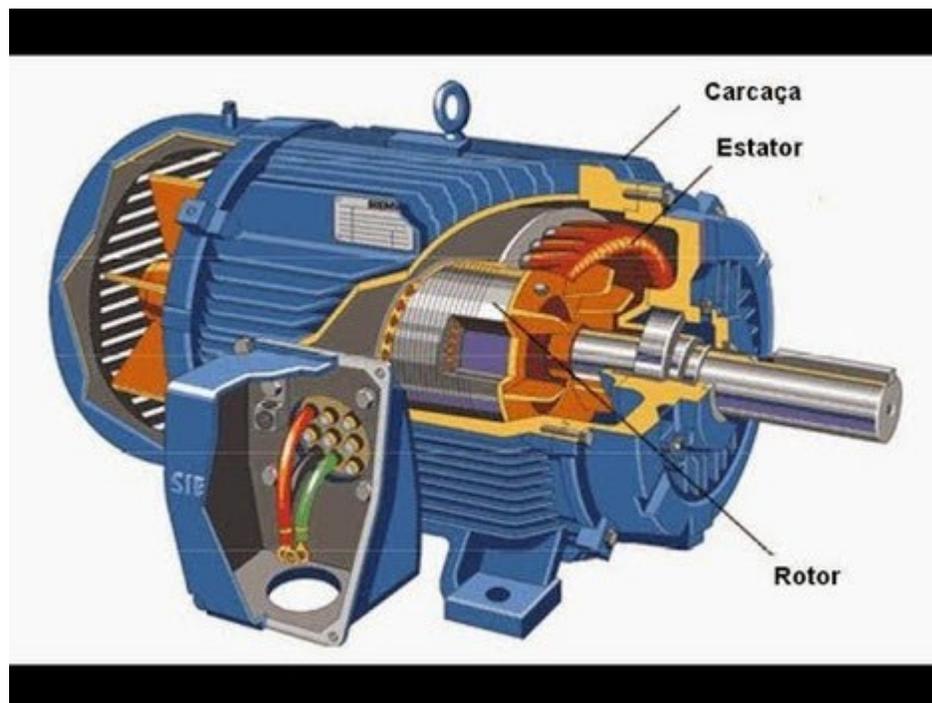
En cuanto al motor de corriente alterna, que como su nombre indica es alimentado por ese tipo de corriente, convierte la corriente recibida en un tipo de energía mecánica, es decir, la energía eléctrica recibida la convierte en fuerza de giros por medio de sus campos magnéticos. En la actualidad son los más empleados por su uso, ya que la distribución de energía eléctrica es hecha por corriente alterna sin necesidad de generadores e inversores para su transformación que exigen mayores parámetros de costo, instalación, supervisión y mantenimiento. Este motor, a su vez, llama la atención por presentar tipos, de los cuales los principales son los siguientes:

- Motores sincrónicos
- Motores de Inducción

El **motor sincrónico** es una máquina cuya velocidad de rotor y la velocidad del campo magnético del estator son iguales.

funcionan con una velocidad fija, sin fluctuaciones e interferencias y son los más utilizados en altas potencias. Están constituidos por campos de imanes montados en rotor y excitados por corriente continua en donde sus bobinas son alimentadas por corriente alterna trifásica, un sistema de producción, distribución de electricidad formada por tres corrientes alternas de igual frecuencia y amplitud. (Ver figura 17)

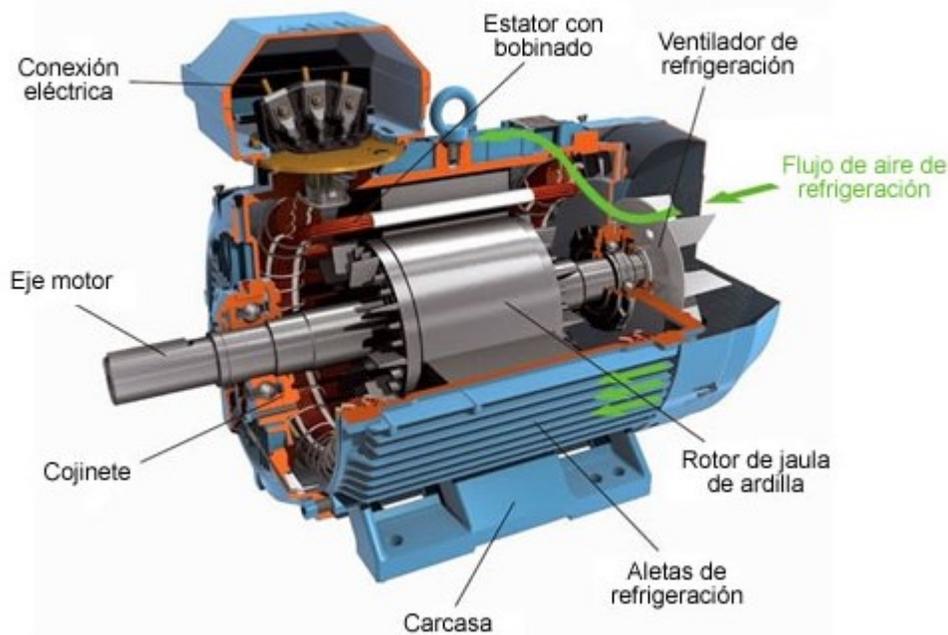
**Figura 17.** Motor sincrónico



Fuente: [distrimotor.es](http://distrimotor.es)

**Motor de inducción:** El motor asíncrono, motor asincrónico o motor de inducción, es un motor eléctrico de corriente alterna, en el cual su rotor gira a una velocidad diferente a la del campo magnético del estator. (Ver figura 18)

**Figura 18.** Motor de inducción



Fuente:bookdown.org

Los cálculos de potencia dependen del tipo de carga, ya sea en servicio continuo o servicios intermitentes, siendo el más utilizado el llamado jaula de ardilla presentado en distintas clases que ayudan a un eficaz funcionamiento por sus ventajas en:

1. Uso de velocidades constantes al ser transformada en energía mecánica.
2. Poseen disipación del calor, que no afecta a las maquinarias e incluso medios de transporte que lo emplee.
3. Tiene regulaciones de velocidad que varían de 5 a 7 veces en corrientes nominales.
4. Su densidad en corriente es alta.

En cuanto al servicio de carga constante, se conoce por el valor de la potencia que demanda el dispositivo, empleándose un método directo que genere una potencia de igual magnitud o superior a la carga. En cambio, el servicio continuo con cargas variables requiere de distintos métodos como el de pérdidas de promedio, método de la corriente equivalente o el momento equivalente, que permiten hallar una potencia estable y equivalente en el motor, ya que al ser excesiva su factor de potencia es muy bajo (Quispe, 2003)

## 2.5 Lanchas

Son embarcaciones pequeñas de vela, remos, vapor e incluso de motores eléctricos para trasladarse en las playas a las mejores islas. Históricamente, las lanchas fueron empleadas para servicios de auxilio de los barcos e incluso para proteger el acceso de personas no autorizadas a los puertos. (Ver figura No 19)

**Figura 19.** Lancha de aluminio



Fuente: durabotes.com.co

Las lanchas son utilizadas por su alta capacidad de maniobrabilidad, por esta razón resulta importante considerar la implementación de una lancha con energía fotovoltaica libre de contaminación ambiental, útil para el medio ambiente y para las personas, ya que con esta nueva tecnología se puede mejorar el transporte marítimo. Se busca obtener un medio de transporte económico y sustentable para todos los ciudadanos, que cumpla la función de ser un atractivo turístico fluvial.

Es por ello que se plantea un diseño de una embarcación a través de la energía fotovoltaica, que motive el uso de energías renovables como un punto de partida al desarrollo y diseño de nuevas tecnologías que ayuden al medio ambiente.

Un estudio de la viabilidad técnica, electrónica y ambiental de barcas solares para el transporte en los ríos de la Amazonia sur del Ecuador, realizado por Guamán y Ordoñez en el año 2014, presenta una investigación en un sistema que hace uso de la energía solar por medio de secciones solares. Se identificaron ventajas y desventajas en temas de costos, ambientales y de perspectivas por parte de la sociedad, demostrando con este estudio que la construcción de lanchas que utilicen este sistema es económica y ayuda al aumento del turismo. Según (Oblitas, 2019).

Igualmente, las lanchas son un sistema de transporte marítimo muy importante, pero el alto costo de implementación de un sistema de propulsión eléctrico a bordo constituye una parte importante del valor total de la nave, especialmente en el caso de una embarcación menor. Es necesario hacer una estimación de costos para cada proyecto en particular, dado que la forma del casco, perfil de misión, presupuesto disponible y una serie de otros factores influirán en las decisiones respecto al tipo, marca y modelo de los elementos.

Con un sistema fotovoltaico el costo puede cambiar, ya que con esta implementación no es necesario un motor que funcione con gasolina u otro tipo de combustible. En el trabajo elaborado por Espinoza (2014) se ha calculado un costo por hora de navegación en una embarcación eléctrica de 0,86 US\$, mientras para el caso del Diésel, es de 7,33 US\$ por hora, siendo una diferencia de 88,3%, diferencia que permite recuperar la inversión inicial en un periodo de seis meses, según Espinoza (2014, p. 79). Por esta razón, un sistema fotovoltaico es muy importante, por librar el ambiente de gases contaminantes y ayudar, con un diseño muy factible a obtener más avances tecnológicos y a ser un atractivo turístico para el mundo, según (Espinoza, 2014).

## 2.5.1 Lanchas solares

La energía proveniente del Sol es una fuente renovable que se adquiere gracias a la radiación electromagnética recibida del sol. Desde la antigüedad ha sido aprovechada por el ser humano para diversas funciones, con tecnologías que han venido evolucionando a través de los años, por ende, puede plantearse el uso de las lanchas solares a partir de la energía fotovoltaica que se obtiene de la radiación solar. (Ver figura No 20).

**Figura 20.** Lancha con paneles solares rígidos



Fuente: Dreamstime.com

Ahora bien, la investigación de Oblitas (2019) plantea el desarrollo de un prototipo de movilidad de transporte costero razonable sustituyendo motores de combustión interna por motores eléctricos, concluye que: “En todo lo que al objetivo primordial que hace evocación al progreso de un modelo de vaivén de envío marítimo sostenible, sustitución de motores de combustión interna por motores eléctricos se ejecutó favorablemente con todos los compendios planteados, energía solar fotovoltaica, optimización ambiental, activa y bancaria” (Oblitas, 2019).

Actualmente existen barcos solares con grandes resultados, destacando el Sunrider 2009, el Fotón, el Se Island Pilot Hybrid, el Sydney SolarSailor o el Solemar (España).

De esta misma forma, la embarcación solar Sunrider 2009 posee una capacidad para diez pasajeros y fue creada por Navgathi Marine Design y Constructions junto a TeamSustain. Actualmente se encuentra en la India ofreciendo su servicio como medio de transporte a través del Vembanad Lake. Esta embarcación alcanza más de 6 nudos de velocidad y en su momento supuso un gran avance en el campo de los barcos solares, según (Grado & Gavilan, 2016).

## Capítulo 3. Diseño

### 3.1 Proceso de diseño

Para el diseño se sigue el siguiente procedimiento:

1. Si inicia definiendo las dimensiones de la embarcación.
2. Con una de las dimensiones de la embarcación como es la eslora de flotación de 13.1 ft y la velocidad en nudos que se obtuvo por fórmula, se selecciona el motor de 2 CV, el cual no es comercial por lo tanto se elige el motor de 3 CV.
3. El motor viene con un cargador de 90W por lo tanto con este dato se busca el tiempo máximo de recarga de la batería que trae incorporada el motor que es de 922Wh, donde se necesitan 11 horas.
4. Con el tiempo máximo de recarga y la potencia del cargador se calcula la energía requerida para la carga que son 990Wh.
5. Con el mapa de irradiación solar plurianual UPME, se obtiene las horas sol para el lago de Tota que son 3 h/día.
6. Cálculo de potencia fotovoltaica: con la energía requerida de 990Wh y las 3 h/día de sol y con eficiencia global típica del 70% en una planta solar OFF GRID, se obtiene la potencia requerida en paneles de 471.43W.
7. Con la potencia fotovoltaica calculada de 471.43W se procede a calcular la cantidad de módulos a utilizar los cuales son 2 módulos de 370W/24V ya que son de fácil disponibilidad comercial.
8. Posteriormente se hace el cálculo del sistema de almacenamiento a partir de la energía requerida de 990Wh trabajando a 24V y con factor de descarga de la batería del 30%, se obtiene la capacidad de la batería equivalente a 150Ah, pero como estas baterías son de 12V entonces se necesitan dos baterías para conectarlas en serie y de esta forma conseguir los 24V.
9. Seguidamente se calcula el controlador de carga de acuerdo a las pruebas de conexiones de los paneles tanto en circuito paralelo como en circuito serie que se encuentra en un rango de 48.43V a 96.86V y una corriente de corto circuito de 24.45A. Con estos datos se elige un controlador MPPT (Máximo Power Point

Transference) marca Victron MPPT 35/150, esto significa que soporta 35A y 150 voltios, garantizando así la eficiencia en el sistema.

10. Luego se calcula el sistema de inversión DC/AC a partir de la potencia de carga de 90W, por lo tanto, se recomienda utilizar una potencia mayor donde se elige el inversor más próximo y es el Phoenix 24/180 lo que significa que puede suministrar una potencia máxima de 180W con voltaje de entrada de 24V DC y en la salida de 110V AC.
11. Posteriormente, se calculan los calibres del cableado que van desde 4mm<sup>2</sup> (cable fotovoltaico) hasta 8.36mm<sup>2</sup> (AWG8).
12. Finalmente se calculan las protecciones que van desde los 3A hasta 50A.

De esta manera se termina el procedimiento el cual se explica detalladamente en el documento bajo fórmulas matemáticas, esquemas y los respectivos planos eléctricos.

En el presente apartado capitular se esbozan los diferentes elementos a tener en cuenta para la selección del motor eléctrico y el diseño de un sistema fotovoltaico que suministre la carga necesaria para dicho motor con el fin que reemplace al motor de combustión que posee para la propulsión de la lancha de 16 ft de eslora objeto a este proyecto.

**Figura 21.** Prototipo de lancha solar



Fuente: [awsassets.panda.org](https://awsassets.panda.org)

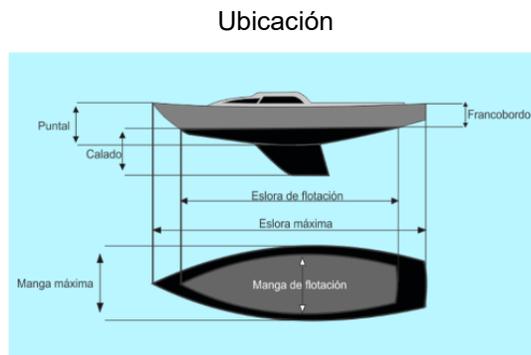
### 3.2 Requerimientos de diseño

Para el diseño del sistema eléctrico fotovoltaico de la embarcación es necesario delimitar los requerimientos, los cuales incluyen tener en cuenta las características físicas de la lancha, las cuales son: largo (eslora), ancho (manga) y alto (puntal).

En ese orden de ideas, el motor eléctrico se adaptará a la embarcación de aluminio con las dimensiones expuestas en la tabla 1.

**Tabla 1.** Dimensiones de la embarcación.

Fragmento	Tamaño
Eslora de cubierta	4.85 m
Eslora de flotación	4.0 m
Manga	1.82 m
Puntal de costado	0.68 m
Francobordo	0.30 m
Espejo o alto de popa	0.51 m



Fuente: Autores.

El peso de la embarcación es de aproximadamente 130 Kg (1275 N), con capacidad de carga de 600 Kg (5886 N) según el catálogo del astillero Durabotes (ver en anexos B).

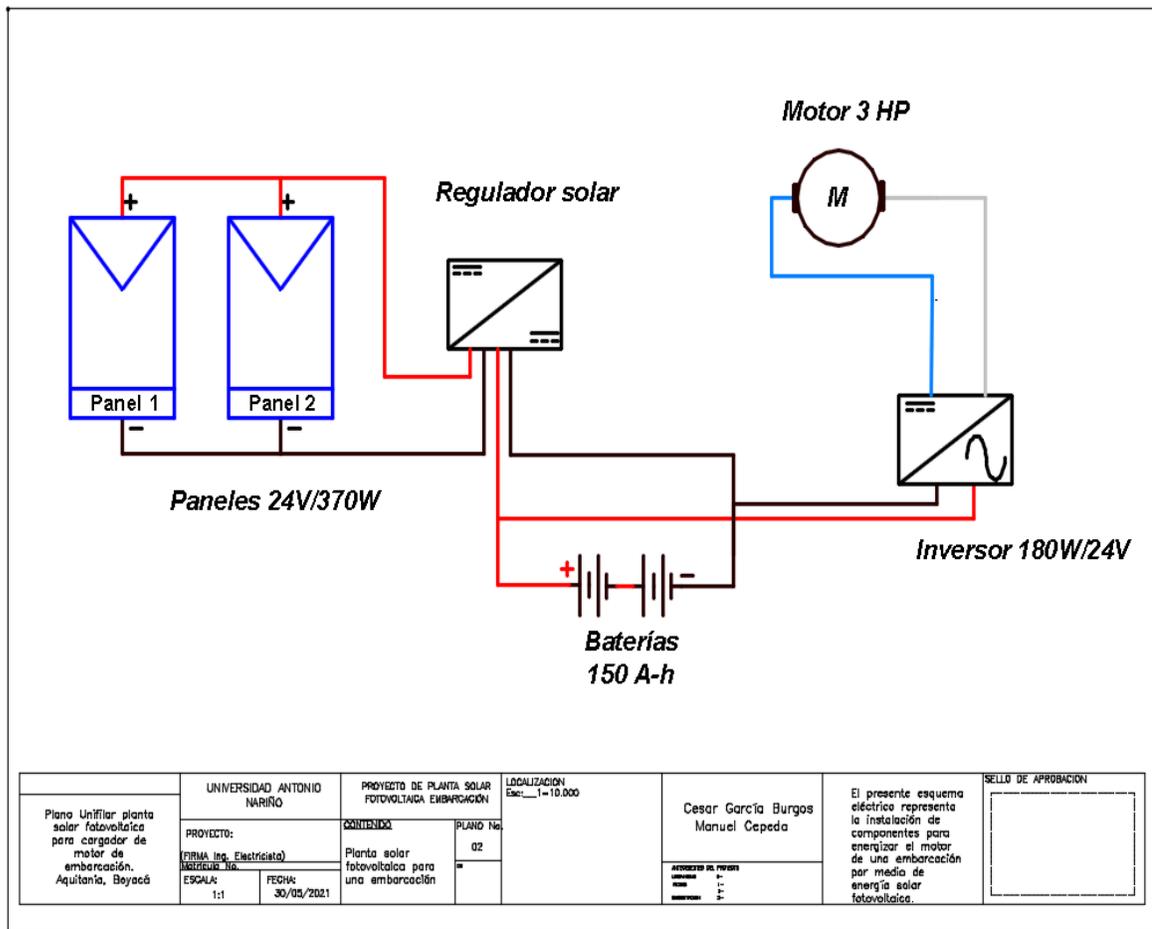
### 3.3 Diseño conceptual, esquemas generales

La generación de energía para la embarcación se hace mediante dos paneles solares de área  $3.88\text{m}^2$  de 24 V, 370 W, con voltaje de máxima potencia de 39.70 voltios y corriente de máxima potencia de 9.32 amperios en cada panel, donde el producto de estos dos valores da como resultado la potencia del panel (370 W).

De acuerdo con los cálculos posteriores que resulten de la investigación, dichos paneles se colocan sobre la cubierta de aluminio debidamente anclados a través de tornillos.

En cuanto al conexionado de los módulos solares se realiza en circuito paralelo para conservar los mismos 24 V en corriente directa, que pasan a través de un regulador de tipo MPPT (Maximum Power Point Transference), a 24 V, que se ubicará en el costado interno del lado babor a la vista del motorista y así poder monitorear la embarcación, con respecto a voltaje, corriente y potencia. A continuación, en la figura 22 se presenta el esquema de conexión del sistema.

**Figura 22.** Esquema de conexión del sistema



Fuente: Autores

El regulador enviará los 24 V de forma estable a la batería integrada de 922 Wh que trae el motor fuera de borda de corriente directa (DC). Adicionalmente, el motor trae un puerto USB para carga de celulares, computador o luces de navegación.

Figura 23. Motores fuera de borda Travel 1103 CL

# Travel 1103 CL

Ventajas

- Idéntico rendimiento que un motor fueraborda de gasolina de 3 CV, aunque más ecológico, silencioso, ligero y confortable.
- Totalmente estanco (IP67).
- Ordenador de a bordo con cálculo de distancia por medio de GPS.
- Mando en la caña del timón.
- Cargador solar opcional, incluso con la batería en funcionamiento.
- Un producto limpio y ecológico: no importa dónde coloque su Travel; no existe riesgo de derrames ni olor a gasolina.

Características técnicas Travel

Consumo en vatios	1100
Potencia de propulsión de vatios	540
Fueraborda equivalente de gasolina (potencia de propulsión)	3 HP
Fueraborda equivalente de gasolina (empuje)	4 CV
Eficiencia global máxima en %	49
Tracción a punto fijo en libras*	70
Batería integrada	922 Wh Li-Ion
Tensión nominal en voltios	29,6
Tensión final de carga en voltios	33,6
Peso total en kg	17,7 (L)
Peso motor sin batería en kg	11,7 (L)
Peso batería integrada en kg	6
Longitud de transmisión	20"
Hélice estándar v = velocidad en km/h con p = potencia en vatios)	v10/p1100
Hélices alternativas	v10/p1100 diseño weedless
Número de revoluciones de la hélice a plena carga en rpm/min	1.450
Mando	Mando popero
Control	+/-60° bloqueable
Sistema basculante	Manualmente con protección contra el encallamiento
Sistema de trim	Manualmente a 4 niveles
Ordenador de a bordo integrado	Sí
Marcha avante/atrás regulables sin graduación	Sí

Autonomía	Velocidad en km/h	Distancia en km	Autonomía en horas
<b>Velocidad lenta</b>	2,0 (3,7)	40,0 (74,0)	20:00
<b>Velocidad media</b>	3,0 (5,5)	18,0 (33,3)	06:00
<b>Velocidad máxima</b>	5,0 (10,0)	4,6 (8,3)	00:50

\* Los datos de tracción a punto fijo de Torqeedo se basan en mediciones efectuadas según las normas ISO vigentes a nivel internacional.

## MOTOBORDA





Fuente: Catálogo motores Torqeedo

### **3.4 Cálculo en detalles de cada uno de los elementos eléctricos de la lancha.**

#### **3.4.1 Cálculos de la potencia propulsora del motor eléctrico de corriente directa**

Los diseñadores y fabricantes de motores plasman en las especificaciones técnicas a través de sus catálogos la potencia útil, necesaria y suficiente según el número de revoluciones por minuto (rpm) que debe poseer el motor para conseguir esa potencia. Este parámetro es fundamental e imprescindible en el momento de elegir y seleccionar el motor, adicionalmente hay que tener presente otras variables como vibraciones, ruidos, consumo y desgaste a la fatiga que afectan la eficiencia y vida útil del motor.

La potencia máxima producida por el motor puede expresarse como potencia bruta, que técnicamente es llamada potencia al freno sin tener en cuenta las pérdidas en la transmisión donde se tomaría como potencia útil en el conjunto eje-hélice.

Todas las embarcaciones tienen como parámetro un límite de velocidad máxima a causa de las olas que generan durante su desplazamiento y no pueden superar fácilmente una ola que está elevando su proa mientras su popa se encuentra en el valle de la ola precedente.

Teniendo en cuenta esta variable en cuanto a la resistencia que produce el oleaje y el agua desplazada a babor y estribor por parte de la proa, se puede calcular la velocidad de la embarcación a través de la siguiente fórmula:

$$Velocidad\ Máxima\ (en\ nudos) = 2.43 \times \sqrt{Eslora\ de\ flotación\ (en\ metros)}$$

o también:

$$Velocidad\ Máxima\ (en\ nudos) = 1.35 \times \sqrt{Eslora\ de\ flotación\ (en\ pies)}$$

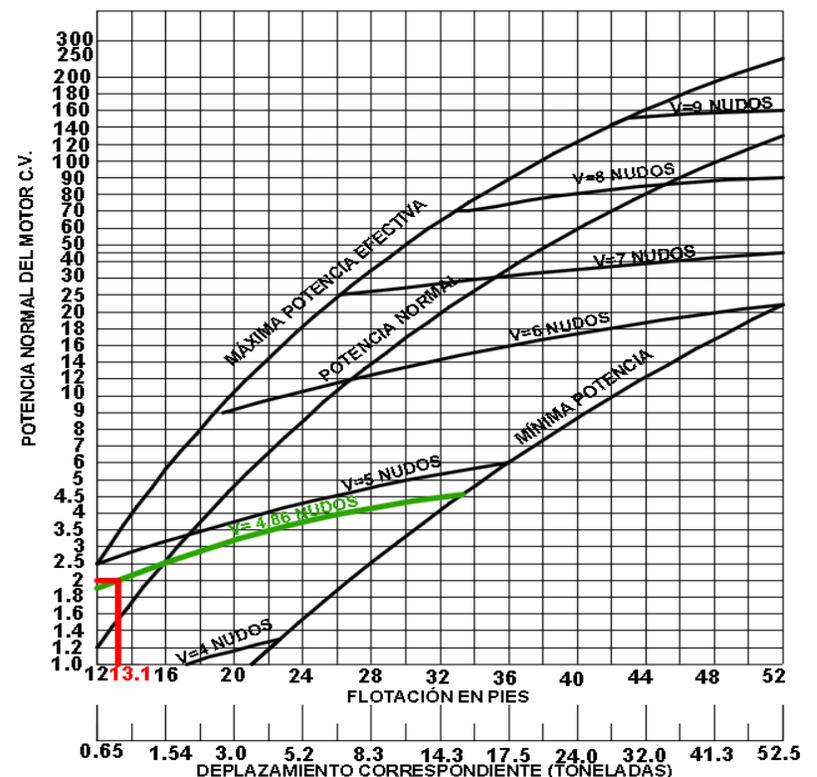
Colocando un ejemplo, un barco con una eslora de flotación de 10 metros nos proporciona una velocidad máxima de 14.23 Km/h (7.68 nudos).

Para el caso de nuestra embarcación tiene una eslora de flotación de 4.0 metros que es el resultado del calado sumergido de la embarcación a plena carga, luego aplicando la fórmula se obtiene una velocidad de 9 Km/h (4.86 nudos) la cual es aceptable para la lancha, que no excede su capacidad de carga de una tonelada (0.750Kg).

La gráfica presentada en la figura 24 muestra tres curvas que indican las potencias máxima, media y mínima del motor en función de la eslora de flotación; junto a estas curvas se indica la velocidad que podrá alcanzar la embarcación, luego debajo de la eslora de flotación se indica el desplazamiento estimado que tiene la embarcación.

Analizando la gráfica para la eslora de flotación de 13.12 pies que corresponde a la embarcación objeto de diseño se determina que la potencia normal para seleccionar el motor es de 2.0 CV y con velocidad de 9.0 Km/h (4.86 nudos).

**Figura 24.** Gráfica para determinar la potencia del motor



Fuente: (Soler, 1983)

A continuación, se procede a seleccionar la potencia del motor eléctrico en corriente directa de acuerdo a la gráfica No 24 tomando una potencia de 2.0 CV que es aproximadamente equivalente a 1.97 HP (1472 W), pero comercialmente este motor no está disponible en el mercado por ende se selecciona un motor de 2.238 KW (3.0 HP), siendo finalmente la potencia requerida por el motor fuera de borda eléctrico (corriente continua), para esta embarcación de acuerdo al catálogo de Motores Torqeedo y del astillero Durabotes fabricante de embarcaciones en aluminio naval, demostrando que la potencia es suficiente para la propulsión de la embarcación con la cual se produce el torque óptimo y las RPM en el eje de hélice para la velocidad de arrastre en su desplazamiento. Este motor trabaja con una batería de Litio incorporada de 922 Ah de capacidad, siendo este dato primordial para dar inicio al cálculo de los paneles, regulador, baterías de respaldo, inversor, cables y las respectivas protecciones así:

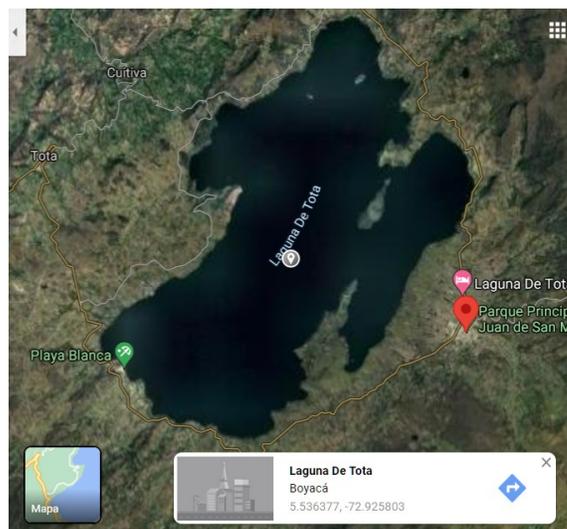
### 3.5 Ubicación del proyecto en el lago de Tota Boyacá

LATITUD: 5,536377

LONGITUD: -72,925803

ALTITUD MSNM: 3031 msnm

**Figura 25.** Ubicación del proyecto



### 3.6 Caracterización de la carga

Cargador **110VAC/90W**

Capacidad de almacenamiento de la Batería de Ión Litio del motor de la embarcación:  
922Wh

**Cálculo del tiempo máximo de recarga:**

$$TiempomáximoderecargadelaBatería = \frac{922Wh}{90W} = 10,24h$$

Tiempo máximo de carga: **11h**

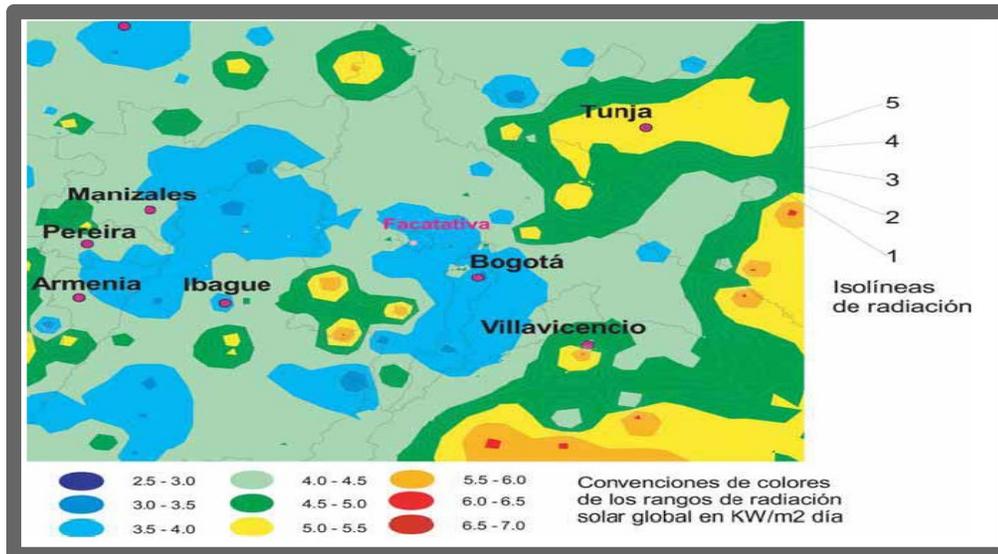
**Cálculo de la energía requerida para la recarga:**

$$TiempomáximoderecargadelaBatería = 90W \times 11h = 990Wh$$

### Ubicación del punto de instalación en el mapa solar.

¿Por qué se toma el valor de 3KWh/m<sup>2</sup>. día?

**Figura 26.** Mapa de Irradiación solar plurianual UPME.



Porque debe ser apto para cualquier lugar de Colombia incluyendo los más bajos promedios.

### Selección del valor de irradiación para el diseño:

PROMEDIO PARA EL DIMENSIONAMIENTO: 3kWh/m<sup>2</sup>. día = 3h/día (Debido a la estandarización de pruebas de los módulos solares STC, a 1000W/m<sup>2</sup>.)

## 3.7 Caracterización de la planta solar y antecedentes

Tipo: OFF GRID

## 3.8 Dimensionamiento de equipos de la planta solar

Cálculo de potencia Fotovoltaica a utilizar:

$$PotenciaFotovoltaicamínimarequerida = \frac{990Wh}{3h * 0,7} = 471,43W$$

Donde:

990Wh: Es la energía total para recargar la batería del motor de la embarcación

0,7: Es la eficiencia global típica de una Planta Solar OFF GRID.

Módulos de fácil disponibilidad comercial: 370W/24V

$$Número demódulosainstalar = \frac{471,43W}{370W/módulo} = 1,27Módulos....2Módulos$$

### **Cálculo del sistema de almacenamiento:**

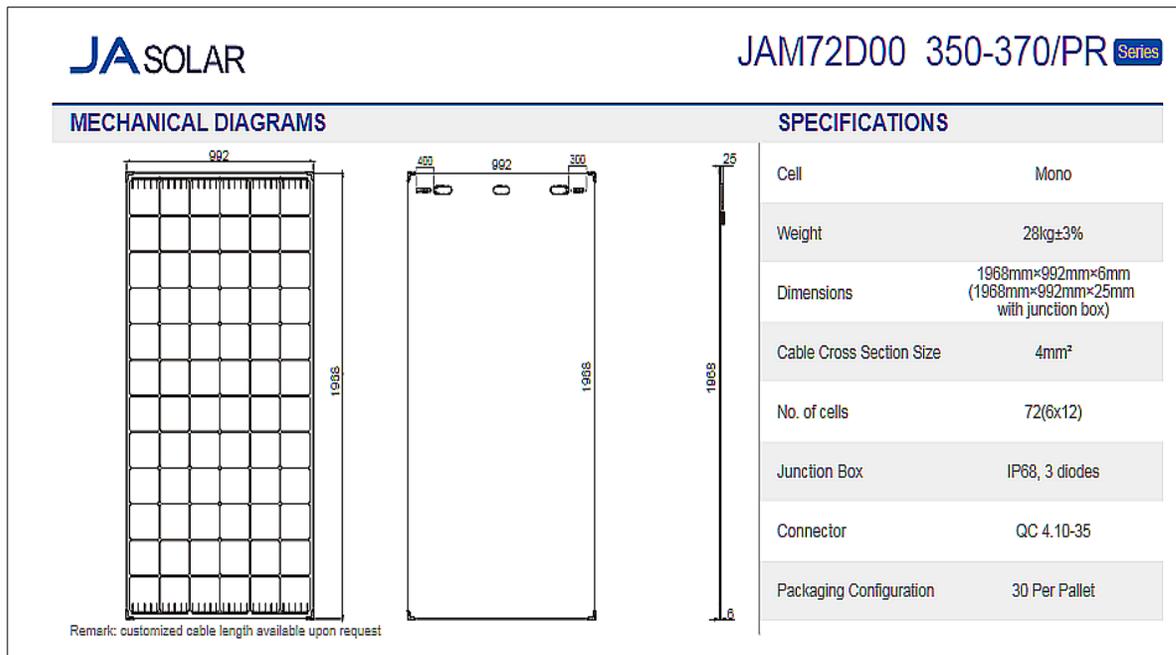
Energía mínima a almacenar: Se debe garantizar que la planta puede recargar íntegramente la batería del motor de la embarcación aún en las peores condiciones de Irradiancia solar. Sólo se requiere que previamente la planta haya sido cargada con un día normal de sol.

Como los módulos solares trabajan a voltaje nominal de 24V, el cálculo de la batería se hace con base en este voltaje.

$$Corrientealmacenabledebatería = \frac{990Wh}{24V \times 0,3} = 137,5Ah.....150Ah$$

Esta capacidad es de fácil disponibilidad comercial. Pero como el cálculo se efectuó con base en 24V, y las baterías comerciales monoblock vienen a 12V, entonces se requieren 2 baterías de 150Ah conectadas en Serie.

**Figura 27.** Ficha técnica del panel solar de 370W



**ELECTRICAL PARAMETERS AT STC**

TYPE	JAM72D00 -350/PR	JAM72D00 -355/PR	JAM72D00 -360/PR	JAM72D00 -365/PR	JAM72D00 -370/PR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	350	355	360	365	370
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	47.28	47.59	47.90	48.18	48.43
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	38.72	38.93	39.18	39.45	39.70
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.52	9.58	9.65	9.72	9.78
Maximum Power Current(Imp) [A]	9.04	9.12	9.19	9.26	9.32
Module Efficiency [%]	18.0	18.2	18.4	18.7	19.0
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of Isc( $\alpha_{Isc}$ )	+0.059%/°C				
Temperature Coefficient of Voc( $\beta_{Voc}$ )	-0.300%/°C				
Temperature Coefficient of Pmax( $\gamma_{Pmp}$ )	-0.380%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G				

**Cálculo del sistema de regulación:**

Con el fin de que el sistema sea eficiente se recomienda utilizar un controlador tipo MPPT (Máximo power Point Transference). Estos reguladores aceptan amplio rango de voltajes de entrada. En la figura 28 se muestra la ficha técnica del controlador adecuado para esta planta solar: VICTRON MPPT35/150.

Quiere decir que soporta a la salida hacia la batería 35A como máximo y en la entrada de los módulos solares soporta 150V como máximo.

El voltaje de circuito abierto para los dos módulos, si se conectan en paralelo, el voltaje se mantiene, en este caso son 48.43 Voltios, pero si se conectan en serie da como resultado 96.86V, donde se demuestra que, en ambas conexiones, el controlador cumple con los parámetros.

$$V_{oc} = 48,43V + 48,43V = 96.86V$$

Como el voltaje máximo que soporta el controlador es de 150V, entonces los módulos solares seleccionados, están dentro del rango de entrada del controlador seleccionado.

Figura 28. Ficha técnica controlador MPPT Victron



**Solar Charge Controller  
MPPT 150/35**

**Ultrafast Maximum Power Point Tracking (MPPT)**  
Especially in case of a clouded sky, when light intensity is changing continuously, an ultra-fast MPPT controller will improve energy harvest by up to 30% compared to PWM charge controllers and by up to 10% compared to slower MPPT controllers.

**Advanced Maximum Power Point Detection in case of partial shading conditions**  
If partial shading occurs, two or more maximum power points may be present on the power-voltage curve. Conventional MPPTs tend to lock to a local MPP, which may not be the optimum MPP. The innovative BlueSolar algorithm will always maximize energy harvest by locking to the optimum MPP.

**Outstanding conversion efficiency**  
No cooling fan. Maximum efficiency exceeds 98%. Full output current up to 40°C (104°F).

**Flexible charge algorithm**  
Fully programmable charge algorithm (see the software page on our website), and eight preprogrammed algorithms, selectable with a rotary switch (see manual for details).

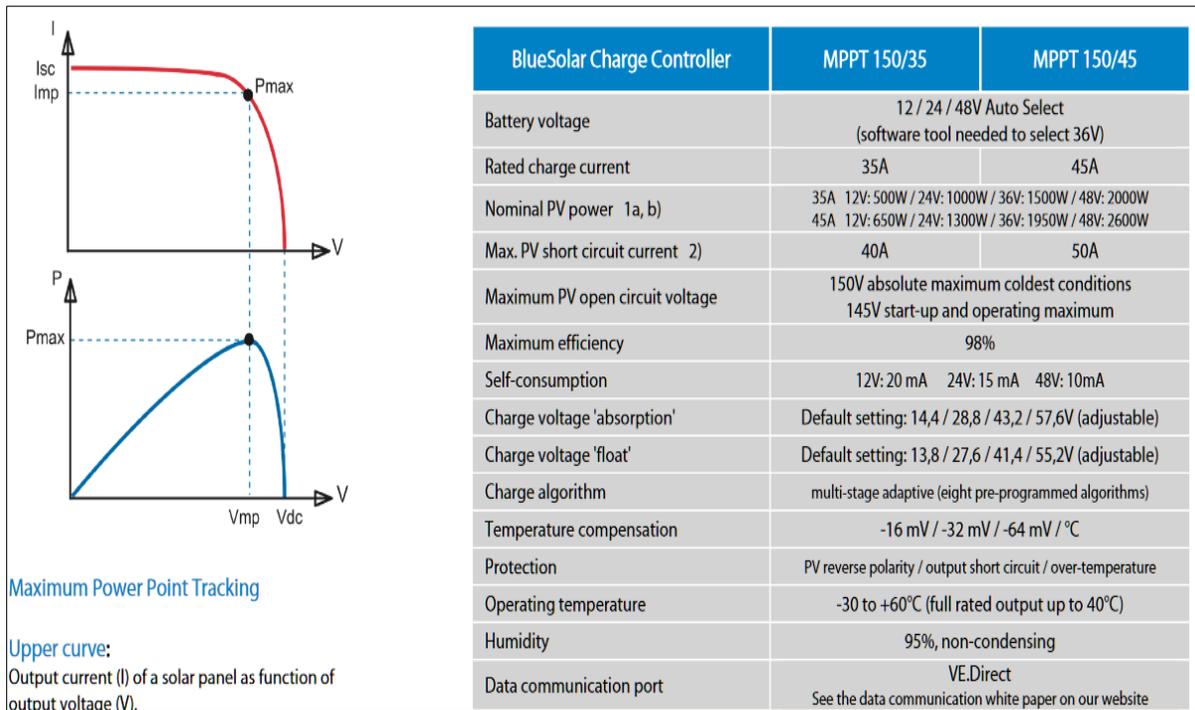
**Extensive electronic protection**  
Over-temperature protection and power derating when temperature is high.  
PV short circuit and PV reverse polarity protection.  
PV reverse current protection.

**Internal temperature sensor**  
Compensates absorption and float charge voltage for temperature.

**Real-time data display options**

- Color Control GX or other GX devices: see the **Venus** documents on our website.
- A smartphone or other Bluetooth-enabled device: VE.Direct Bluetooth Smart dongle needed.





El voltaje de generación al cual se produce la máxima potencia del módulo solar de 370W seleccionado, es  $V_{mp} = 39,70V$ . Cuando se conectan los dos módulos en paralelo se obtiene 39.70V y al conectarlos en serie, el voltaje es la suma:

$$V_{MPPT} = 39,70V + 39,70V = 79,4V$$

Por ende, en cualquiera de los casos, este voltaje está dentro del rango de entrada del controlador, demostrando así que se ha calculado de manera perfecta.

La potencia máxima que puede manejar el controlador seleccionado es:

$$\text{Potencia máxima del controlador} = 35A * 24V = 840W.$$

$$\text{Potencia de los módulos} = 370W + 370W = 740W$$

Esta potencia está dentro del rango de entrada del controlador seleccionado.

### Cálculo del sistema de inversión DC/AC:

La potencia máxima de consumo de la carga es:

$P_{\text{carga}} = 90\text{W}$ . (Ver tabla 2)

**Tabla 2.** Descripción del producto

<ul style="list-style-type: none"><li>» Cargador de 90 vatios.</li><li>» Para tomas de corriente de entre 100-240 V y 50-60 Hz.</li><li>» Sólo es compatible con las baterías del Travel con número de artículo 1146-00, 1147-00, 1148-00, 1155-00, 1416-00 y 1417-00.</li><li>» Información técnica según REGLAMENTO (UE) 2019/1782 DE LA COMISIÓN:</li><li>» Bloque de alimentación: EDAC EA11012E-240</li><li>» Tensión de entrada: 100 - 240 VAC</li><li>» Frecuencia de entrada: 50 - 60 Hz</li><li>» Tensión de salida: 24 VDC</li><li>» Corriente de salida: 4,16 A</li><li>» Puissance de sortie: 100 W</li><li>» Eficiencia operativa media: <math>\geq 89\%</math> con 25 %, 50 %, 75 %, 100 % Corriente de salida</li><li>» Eficiencia con cargas ligeras (10 %): <math>\geq 79\%</math></li></ul>
---

Fuente: Torqeedo

Por consiguiente, la potencia del inversor debe ser mucho mayor que esta potencia.

Como el cargador es especialmente compatible para cargar baterías de Ión Litio tiene componentes electrónicos sensibles. Por consiguiente, se aconseja utilizar Inversor de onda sinusoidal pura.

El inversor aconsejado es el que se muestra en la figura 29. El mínimo que cumple los requisitos es el PHOENIX 24/180. Quiere decir que puede suministrar una potencia máxima de 180W a su salida en 110VAC, y a la entrada funciona con 24VDC.

**Figura 29.** Ficha técnica Inversor Victron



Inversor Phoenix	12 Volt 24 Volt 48 Volt	12/180 24/180	12/350 24/350 48/350	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia CA cont. de salida a 25 °C (VA) (3)		180	350	800	1200
Potencia cont. a 25 °C / 40 °C (W)		175 / 150	300 / 250	700 / 650	1000 / 900
Pico de potencia (W)		350	700	1600	2400
Tensión / frecuencia CA de salida (4)		110VAC o 230VAC +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%			
Rango de tensión de entrada (V DC)		10,5 - 15,5 / 21,0 - 31,0 / 42,0 - 62,0		9,2 - 17,3 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 68,0	
Alarma de batería baja (V DC)		11,0 / 22 / 44		10,9 / 21,8 / 43,6	
Apagado por batería baja (V DC)		10,5 / 21 / 42		9,2 / 18,4 / 36,8	
Autorrecuperación de batería baja (V DC)		12,5 / 25 / 50		12,5 / 25 / 50	
Eficacia máx. 12 / 24 / 48 V (%)		87 / 88	89 / 89 / 90	91 / 93 / 94	92 / 94 / 94
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)		2,6 / 3,8	3,1 / 5,0 / 6,0	6 / 6 / 6	8 / 9 / 8
Consumo en vacío en modo de ahorro		n. a.	n. a.	2	2
Protección (2)		a - e			
Temperatura de funcionamiento		-40 to +50°C (refrigerado por ventilador)			
Humedad (sin condensación)		max 95%			

El inversor seleccionado tiene protecciones especiales contra corto circuitos y sobrecargas a la salida. Este equipo debe ser de la mejor calidad, pues muchos de bajo precio y ondas cuadradas o modificadas no suelen ser muy confiables y tienden a presentar fallas fácilmente.

### 3.9 Cálculo de componentes auxiliares

#### Cálculo de Conductores en circuitos DC entre los módulos y el controlador

En este caso se utiliza cable fotovoltaico de 4mm<sup>2</sup> de sección y se calcula la máxima distancia a la cual la caída de voltaje no supere el 3% de la Norma RETIE.

La caída máxima del 3% es:

$$\text{Caída máxima de voltaje } \Delta V = \frac{79,4V \times 3\%}{100} = 2,382V$$

Fórmula para calcular la máxima distancia sin superar la máxima caída de Voltaje:

$$\text{Distancia máxima de cableado} = \frac{A \times \Delta V}{2 \times I \times \rho}$$

En donde:

A: Área de la sección transversal del conductor

$\Delta V$ : Caída máxima de voltaje.

I: Corriente máxima que circula por el conductor

$\rho$ : Resistividad del material del conductor. En el caso del cobre, la resistividad es de 0,0171 $\Omega$ mm<sup>2</sup>/m

$$\text{Distancia máxima de cableado} = \frac{4\text{mm}^2 \times 2,382V}{2 \times 9,32A \times 0,0171\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}} = 29,89\text{m}$$

Esto quiere decir que la distancia entre los paneles solares y el controlador no debe superar los 29,89m para no sobrepasar el 3% en las caídas de voltaje.

## **Cálculo de Conductores en circuitos DC entre el controlador y las baterías**

### ***Por el método de caída de voltaje***

La potencia máxima que llega a las baterías es la de los paneles menos la pequeña caída en el controlador. En la práctica se trabaja con la misma de los paneles para garantizar la integridad de la corriente:

La fórmula para determinar la sección de este conductor es:

$$\text{Área mínima de sección del conductor} = \frac{2 \times I \times \rho \times d}{\Delta V}$$

I: Corriente máxima que circula por el conductor. En este caso se calcula con la potencia máxima de los paneles solares y el voltaje de Baterías:

$$\text{Corriente máxima entre el controlador y las baterías} = \frac{740W}{24V} = 30,83A$$

$\rho$ : Resistividad del material del conductor. En el caso del cobre, la resistividad es de 0,0171 $\Omega$ mm<sup>2</sup>/m.

d: Es la distancia considerada entre el controlador y las baterías. En este caso se recomienda como máximo una distancia de 5m.

$\Delta V$ : Caída máxima de voltaje. En este caso es:

$$\text{Caída máxima de voltaje } \Delta V = \frac{24V \times 3\%}{100} = 0,72V$$

$$\text{Área mínima sección del conductor} = \frac{2 \times 30,83A \times 0,0171\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \times 5\text{m}}{0,72V} = 7,32\text{mm}^2$$

En la tabla 3 se muestran las características de los conductores AWG. En este caso corresponde al conductor de calibre 8 con área de sección transversal de 8,36mm<sup>2</sup>.

**Tabla 3.** Características de los conductores AWG

Calibre mm <sup>2</sup>	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre AWG o kcmils
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE				
0,82	....	....	14	....	....	....	18
1,31	....	....	18	....	....	....	16
2,08	20*	20*	25	....	....	....	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,70	455	545	615	375	445	500	1.000
633,38	495	590	665	405	485	545	1.250
760,05	520	625	705	435	520	585	1.500
886,73	545	650	735	455	545	615	1.750
1.013,40	560	665	750	470	560	630	2.000

Fuente: Retie

Sección mínima del conductor entre el controlador y las baterías: **AWG8** sección de **8,36mm<sup>2</sup>**.

### **Por el método de calentamiento:**

En este caso se verifica si el conductor posee la suficiente capacidad para conducir la corriente, independientemente de la longitud de cableado.

En la tabla 3 se aprecia que la capacidad de conducir corriente para el conductor seleccionado AWG8 es de 40A. Entonces se concluye que este conductor es el adecuado.

**Sección mínima del conductor seleccionada: Conductor AWG8. Sección de 8,36mm<sup>2</sup>.**

### **Cálculo de Conductores en circuitos DC entre las baterías y el Inversor**

#### ***Por el método de caída de voltaje:***

La potencia máxima que llega al inversor es la de la carga teniendo en cuenta las pérdidas típicas en el Inversor. Sin embargo, técnicamente se recomienda tomar como potencia máxima la correspondiente al pico máximo de potencia de la Ficha técnica del Inversor, pues eventualmente, los usuarios pueden ampliar las cargas de consumo en un momento dado e incluso llegar al pico de consumo en forma puntual.

La Potencia de pico del Inversor según su ficha técnica es de 350W. Entonces la potencia de entrada al inversor es:

$$Potencia\ de\ entrada\ al\ inversor = \frac{350W}{0,85} = 411,76W$$

En donde:

0,85: Es la eficiencia típica de un Inversor.

La corriente máxima a la entrada del Inversor es:

$$Corriente\ máxima\ a\ la\ entrada\ del\ Inversor = \frac{411,76W}{24V} = 17,16A$$

La caída de voltaje máxima también se estima en 3% como máximo:

$$Caída\ máxima\ de\ voltaje\ \Delta V = \frac{24V \times 3\%}{100} = 0,72V$$

En estos casos no se recomienda superar los 5m de distancia entre las baterías y la entrada del Inversor.

De acuerdo a lo anterior se calcula la sección mínima del conductor entre el Inversor y las baterías:

$$\text{Área mínima sección del conductor} = \frac{2 \times 17,16A \times 0,0171\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \times 5\text{m}}{0,72V} = 4,08\text{mm}^2$$

En la tabla 3 se muestran las características de los conductores AWG. En este caso corresponde al conductor de calibre 10 con área de sección transversal de 5,25mm<sup>2</sup>.

Sección mínima del conductor entre el controlador y las baterías: AWG10 sección de 5,25mm<sup>2</sup>.

**Por el método de calentamiento:**

En este caso se verifica si el conductor posee la suficiente capacidad para conducir la corriente, independientemente de la longitud de cableado.

En la tabla 3 se aprecia que la capacidad de conducir corriente para el conductor seleccionado AWG10 es de 30A. Entonces se concluye que este conductor es el adecuado.

Sección mínima del conductor seleccionada: Conductor AWG10. Sección de 5,25mm<sup>2</sup>.

**Cálculo de protecciones**

**Protección contra sobrecorriente a la entrada del controlador. Cálculo de Br1:**

En el plano Unifilar se muestran las protecciones básicas Br1 a la entrada del Controlador y Br2 a la salida del Controlador. También es importante el fusible de protección F1 entre las baterías y el controlador.

La corriente que ingresa al controlador se obtiene de la ficha técnica del módulo solar Imáx.  
= 9,32A

Por Norma RETIE la corriente de protección se calcula sobre el 125% del máximo:

$$I_{br} = 1.25 * 9,32A = 11,65A..... Commercial Breaker DC 2x15A$$

El voltaje debe ser muy superior a los 96,86VDC. Se opta por las protecciones de 150VDC.

**Protección contra sobrecorriente a la salida del Inversor: Cálculo de Br2:**

En este caso, el Breaker Br2 protege al inversor contra sobre cargas y se toma la corriente máxima como parámetro para el cálculo.

$$Corriente\ máxima\ a\ la\ salida\ del\ Inversor = \frac{180W}{110VAC} = 1,63A$$

Por Norma RETIE la corriente de protección se calcula sobre el 125% del máximo:

$$I_{br} = 1.25 * 1,63 = 2,04A..... Commercial Breaker AC 2x3A. No es muy común.$$

El voltaje debe ser al menos de 120VAC.

**Protección contra cortocircuito entre el controlador y las baterías. Cálculo de F1:**

En este caso el fusible solo protege contra cortocircuitos pues no es recomendable instalar breakers en esta sección porque una eventual interrupción manual cuando la planta está energizada podría estropear el controlador o el inversor.

La corriente se calcula con base en la ampacidad máxima del conductor entre el controlador y las baterías. De acuerdo al conductor que se seleccionó AWG8 en la tabla 3 se muestra que esta corriente es de 40A.

Entonces la corriente del fusible es:

$$IF1 = 1,25 * 40A = 50A. Comercial: Fusible 1x50A/110V$$

**Cálculo del DPS:**

El DPS (Dispositivo de protección contra sobre voltajes), es un dispositivo que se utiliza para la protección de los equipos en caso de descargas eléctricas externas.

En este caso al voltaje de pico es la sumatoria de los voltajes en circuito abierto de los dos módulos en serie. La ficha técnica del módulo solar suministra este dato:

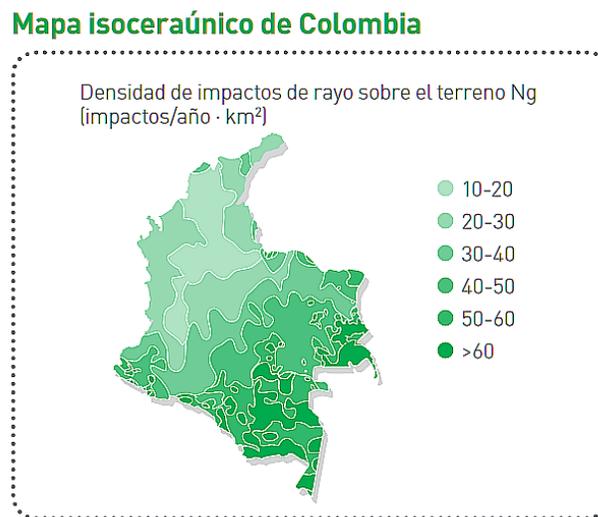
$$V_p = V_{oc1} + V_{oc2} = 48,43V + 48,43V = 96,86V$$

Selección de tensión:

$$U_0 = 1.1V_p = (1.1) (96,86V) = 106,546V.$$

En la figura 30 se muestra el mapa de Colombia con los niveles isoceráunicos. En el caso del Lago de Tota en Aquitania- Boyacá se aprecia que presenta uno de los niveles más bajos: 20 – 30, Descargas eléctricas/año. Km<sup>2</sup>.

**Figura 30.** Niveles ceráunicos en Colombia



El tipo DPS comercial adecuado más cercano es el de 150VDC/20 - 40kA

Para el caso de 2 líneas y el terminal de tierra.

DPS seleccionado: 2xDPS 150V/20 – 40kA.

El dato de 3h/día es denominado HSP (Horas Sol Pico) que se obtiene del Atlas Solar y de la Tabla No 4 de Radiación solar del IDEAM (Ver anexo C)

**Tabla 4.** Radiación solar del IDEAM

<b>Municipio</b>	Aquitania
<b>Departamento</b>	Boyacá
<b>Latitud</b>	5,48
<b>Longitud</b>	-72,93
<b>Elevación (m.s.n.m)</b>	3030

<b>Valor promedio (Horas de Sol al Día)</b>	<b>ENE</b>	7,4
	<b>FEB</b>	6,2
	<b>MAR</b>	5,3
	<b>ABR</b>	4,6
	<b>MAY</b>	4,1
	<b>JUN</b>	3,9
	<b>JUL</b>	4,2
	<b>AGO</b>	4
	<b>SEP</b>	4,7
	<b>OCT</b>	4,5
	<b>NOV</b>	5,2
	<b>DIC</b>	5,7
<b>Promedio Anual</b>		5
<b>Años de Información</b>		6
<b>Fecha Inicio</b>		ene-85
<b>Fecha Final</b>		oct-98

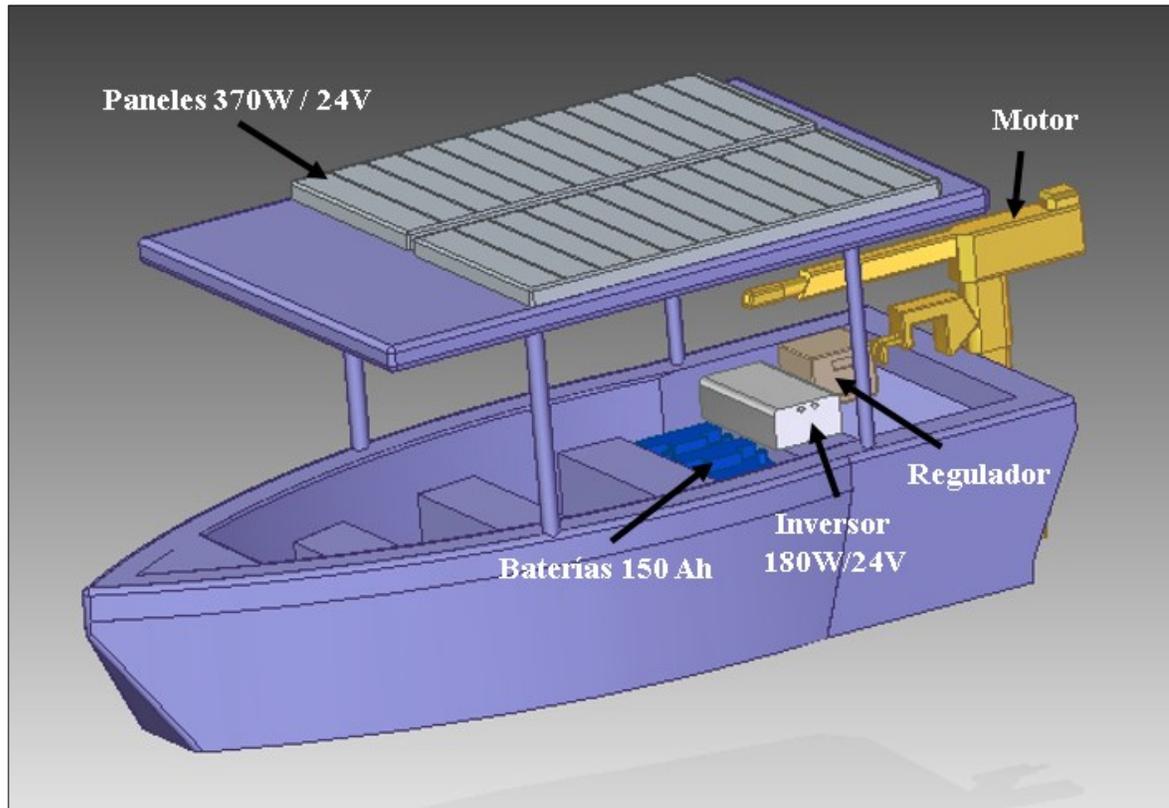
Fuente: Autores

$$\text{Área ocupada por los paneles} = (2 \text{ panel}) \times \left( 1.94 \frac{\text{m}^2}{\text{panel}} \right)$$

$$\text{Área ocupada por los paneles} = 3.88 \text{ m}^2$$

Por consiguiente, el área de paneles en cubierta es de 3.88 m<sup>2</sup>, viable y fácil de instalar en la embarcación ya que se colocan sobre el techo de aluminio que tiene un área de 7.28m<sup>2</sup>. Como resultado del producto del ancho de la manga que es de 1.82m multiplicado por la longitud de la eslora de flotación que son 4.0 como se muestra en la figura 31.

**Figura 31.** Distribución de los paneles sobre la cubierta



Fuente: Autores

Según el catálogo de motores fuera de borda eléctrico Torqeedo, se selecciona un motor con las características expuestas en la figura 23.

Modelo: Travel 1103 CL

Potencia: 2238 W (3.0 HP)

Longitud de Transmisión: 0.508 m (20 pulgadas)

Peso: 17.7 Kg

Batería de litio - Ion: 922 Wh

Peso del bote: 0.130 Ton (130kg)

En la tabla 5, se muestra información técnica relacionada con el uso del motor.

**Tabla 5.** Información técnica del motor

<b>Autonomía</b>	<b>Velocidad en Km/h</b>	<b>Distancia en Km</b>	<b>Autonomía en horas</b>
Velocidad lenta	2.0 (3.7)	40.0 (74.0)	20:00
Velocidad media	3.0 (5.5)	18.0 (33.3)	06:00
Velocidad máxima	5.0 (10.0)	4.6 (8.3)	00:50

Fuente: (Torquedo, 2020).

A continuación, se registra los componentes que, constituyen el sistema necesario y suficiente, para el óptimo funcionamiento del proyecto, los cuales se listan en la tabla 6.

**Tabla 6.** Componentes del sistema en el proyecto

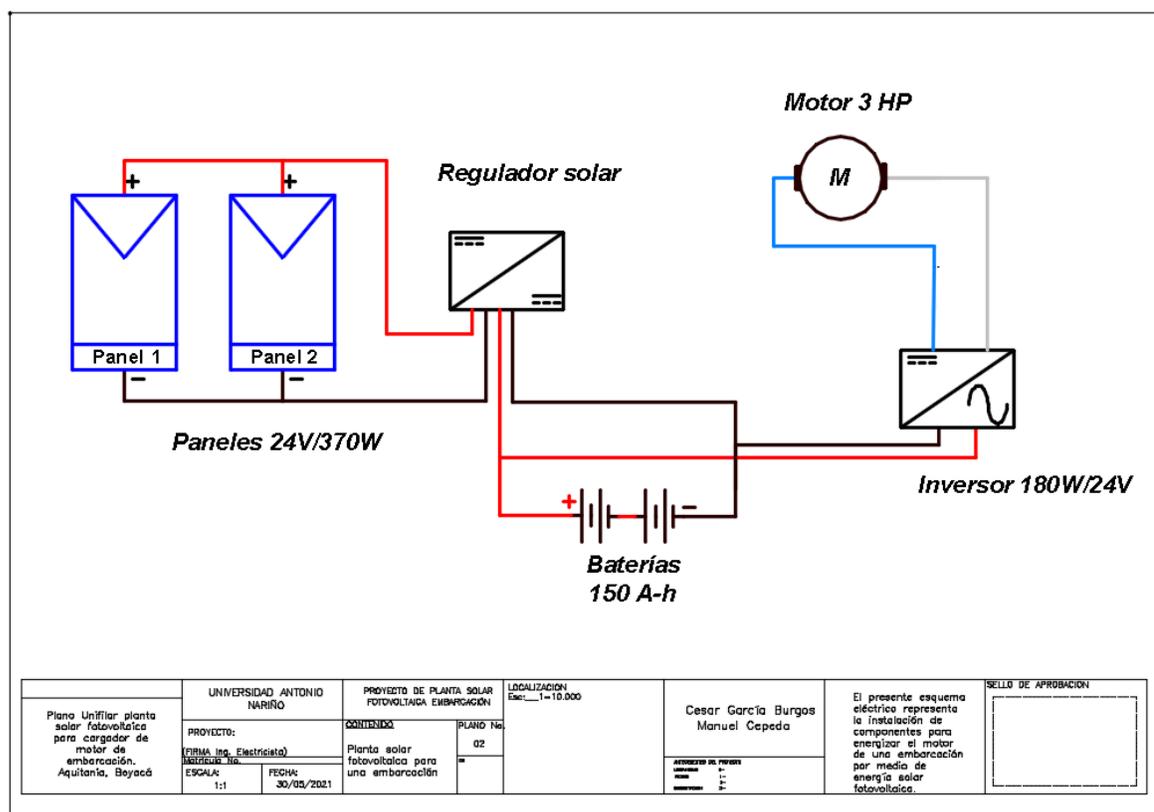
<b>ELEMENTO</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>CANTIDAD</b>
Lancha de aluminio	16 pies Eslora de cubierta: 4.85 m Eslora de flotación: 4.0 m Manga de cubierta: 2.0 m Manga de flotación: 1.82 m	1
Panel solar	Potencia: 370W Voltaje Nominal: 24 V Voltaje Máx. potencia (Vmp): 39.70 V Corriente Max potencia (Imp): 9.32 A	2
Controlador de carga	Tipo: MPPT (Maximum Power Point Transference) Victron MPPT 35/150	1

Batería	Capacidad: 150 Ah NETION, de Gel, con coeficiente de utilización C10h	2
Inversor	PHOENIX 24/180 Onda sinusoidal pura Potencia max salida: 180W/110 VAC Voltaje de entrada: 24VDC	1
Cable	Fotovoltaico (4 mm <sup>2</sup> )	5m
Cable	AWG 8	3m
Cable	AWG 10	2m

Fuente: Autores

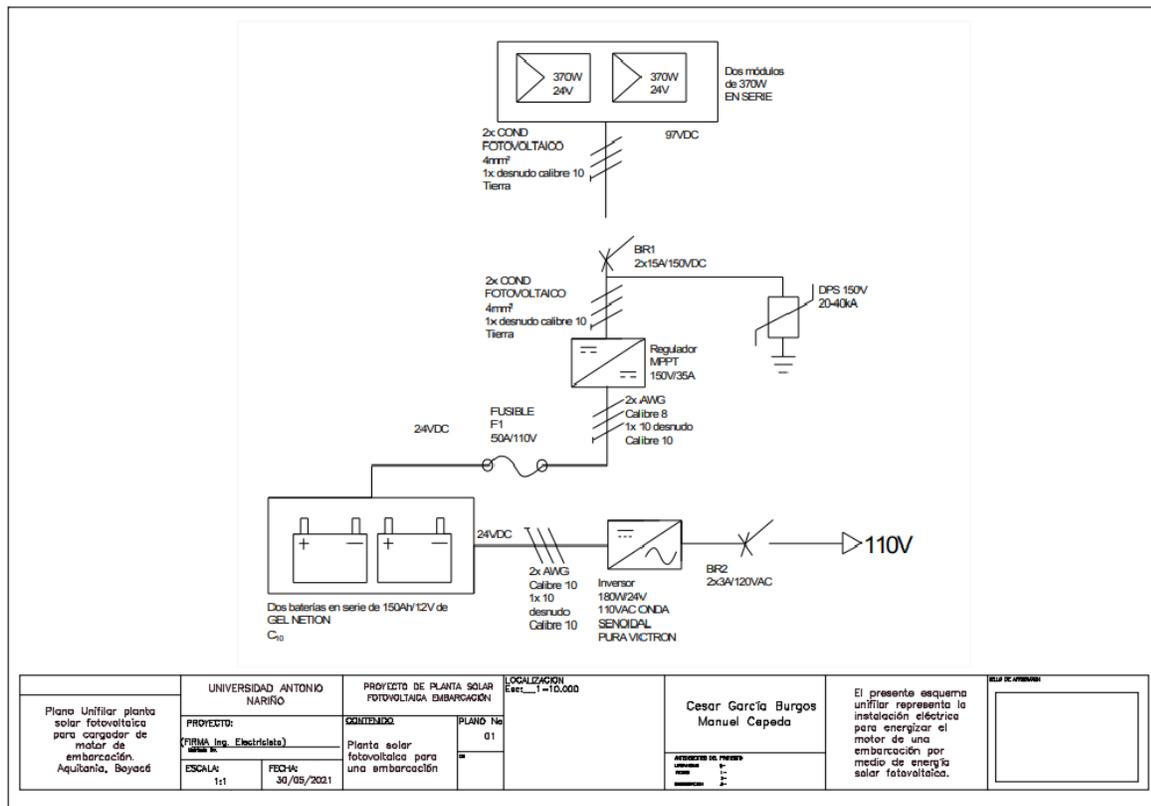
Seguidamente en la figura 33 se presenta el plano de conexionado de todo el sistema eléctrico para el óptimo funcionamiento de la embarcación.

**Figura 32.** Plano de sistema eléctrico con todos los elementos.



Fuente: Autores

**Figura 33.** Plano Unifilar planta solar para cargador embarcación Lago de Tota en Aquitania Boyacá.



Fuente: Autores

Los correspondientes Catálogos y esquemas se han adjuntado en el apartado de anexos, ubicándose en el anexo B, con la finalidad de complementar este trabajo de proyecto de Grado.

### 3.10 Cálculo de los costos de materiales y mano de obra

A continuación, se presenta la Tabla 7, con los diferentes costos para el diseño eléctrico fotovoltaico de la embarcación, desglosados en diferentes rubros.

**Tabla 7.** Costos de materiales y mano de obra

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>COSTOS DE DISEÑO</b>			
Ingeniero Electromecánico (diseño y cálculo)	60 horas	50.000	\$3.000.000
TOTAL COSTOS DE DISEÑO			<b>\$3.000.000</b>
<b>COSTOS MATERIALES DE FABRICACION</b>			
Motor eléctrico fueraborda (fotovoltaico) modelo Travel 1103 CL de 3.0 Hp	1	9.100.000	\$9.100.000
Páneles solares de 370 W a 24 V	2	515.600	\$1.031.200
Regulador MPPT de 24 a 100 V	1	400.000	\$ 400.000
Inversor PHOENIX 24/180	1	700.000	\$ 700.000
Estructura de cubierta	10.5 m <sup>2</sup>	125.000	\$1.312.500
TOTAL COSTOS DE FABRICACION			<b>\$12.543.700</b>
<b>COSTOS DE MANO DE OBRA</b>			
Operarios calificados (6 días de trabajo)	3	1.200.000	\$3.600.000
TOTAL COSTOS MANO DE OBRA			<b>\$3.600.000</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>			
Servicio de internet. Libros, catálogos, movilizaciones		3.000.000	\$3.000.000
TOTAL COSTOS INDIRECTOS			<b>\$3.000.000</b>
TOTAL COSTOS ELABORACION LANCHA SOLAR			<b>\$22.143.700</b>

Fuente: Autores



## Conclusiones

El presente trabajo de grado se ha dedicado al estudio del diseño de adaptación de un motor eléctrico fueraborda a una lancha de pesca fabricada en aluminio naval, para ser propulsada mediante energía fotovoltaica para uso turístico en el lago de Tota ubicado en el departamento de Boyacá, para lo cual en este apartado se presentan las conclusiones concernientes a la presente investigación. Para ello se toman como referencia el objetivo general y específicos de la investigación, para contrastarlas con los resultados obtenidos y de este modo verificar si estos se han cumplido o no, sin dejar de lado los matices que se han podido encontrar a lo largo de la realización del presente trabajo.

Como primera conclusión se determinó que la elección de los materiales y equipos para el diseño eléctrico fotovoltaico de la embarcación debe estar regida por la normatividad náutica del Estatuto Nacional de Navegación Fluvial (Ministerio de Obras Públicas y Transporte hoy Ministerio de Transporte) Adoptado por medio del Decreto No. 2689 de 1.988) y de la American Bureau of Shipping (Normas para la Construcción, Inspección y Clasificación de Embarcaciones Fluviales) Adoptado por medio del Decreto No. 2049 de 1.956.

La navegación en el Lago de Tota se rige bajo las Normas 280604008 que corresponde a SALVAGUARDAR LA VIDA HUMANA, según procedimientos técnicos y normativa de navegación, y 280604009 que corresponde a MANIOBRAR EMBARCACIONES MENORES, según normativa y plan de maniobra.

Para el cálculo de la potencia requerida por el motor eléctrico fuera de borda a utilizar, se pudo concluir teniendo en cuenta las características de la embarcación como lo es su capacidad transportadora y velocidad de arrastre, que el motor apropiado para esta embarcación es un motor con potencia de 2.238 KW (3HP) marca Torqeedo, que cuenta con una batería de Litio – Ion incorporada de 922 Wh y una capacidad transportadora de

0.750 toneladas (750 Kg), lo cual lo hace óptimo y eficiente para el buen desempeño de la embarcación.

Para garantizar una autonomía de la embarcación de 6 horas/día de navegación con velocidad promedio desde 2.0 km/h hasta 9Km/h (4.86 nudos), una vez realizados los estudios de radiación solar promedio mensual del Ideam en el lago de Tota, se requiere de 2 paneles policristalinos de 370 W, los cuales van conectados en paralelo sobre la cubierta, ocupando un área de 3.88 m<sup>2</sup>, lo anterior basado en los cálculos de la potencia fotovoltaica requerida para garantizar dicha autonomía, y la seguridad en el sistema.

Por último, se concluye que con la implementación de este motor eléctrico se disminuye grandemente el impacto ambiental y ahorro en los costes de funcionamiento cuando se trabaja con gasolinas y aceites náuticos, por ende, este proyecto abre expectativas a muchos usuarios por ser un trabajo de innovación y amigable con el medio ambiente.

## Bibliografía

- Abella, A. (2005). *Sistemas Fotovoltaicos* (CIEMAT (ed.)).
- Arencibia-Carballo, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. *REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(6), 1-4.
- Barroso, M., & Flores, D. (2006). La competitividad internacional de los destinos turísticos: del enfoque macroeconómico al enfoque estratégico. *Cuaderno de Turismo*, 17, 7-24.
- Boyacá, G. de. (2016). *Plan de Desarrollo 2016 2019: Creemos en Boyacá Tierra de paz y libertad. Tunja.*
- Bureau Colombo Brasil. (2001). *Reglas para construcción y clasificación de embarcaciones de acero que operan en navegación interior.* Bureau Colombo Brasil. <http://www.bcolombo.com.br/download/regrasbcespanol.pdf>
- Espinoza, H. (2014). Energía limpia: embarcaciones propulsadas por energía solar. *REVISMAR. Ciencia y Tecnología*, 72-81.
- Fernández, M. (2010). *Energía solar: Electricidad fotovoltaica* (Liberfactory (ed.)).
- Gómez-Ramírez, J., Murcia-Murcia, J., & Cabeza-Rojas, I. (2017). La energía solar fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas. *Universidad Santo Tomás*, 19.
- González, M., Cárdenas, V., & Álvarez, R. (2019). Inversores inteligentes en sistemas de energía solar fotovoltaica. *Universitarios Potosinos*, 238, 24-29. <http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Dieciseis/238/238-05.pdf>
- Grado, T., & Gavilan, J. (2016). *Guía de aplicación de energía solar como alternativa de energía renovable en embarcaciones de recreo.*
- Grupo Nap. (2002). *Energía solar fotovoltaica* (Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (ed.)). Editorial Ibergraphi.
- Herrera, V., & Betancourt, M. (2019). *Identificación de las oportunidades de uso de la electro-movilidad fluvial en Colombia. caso de estudio: Embalse de Prado, Tolima.*

- Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Civil.
- Huircán, J. (2002). *Reguladores de tensión*.
- Jiménez, J. (2016). *Modelado de un sistema híbrido con energías renovables para propulsión eléctrica en embarcaciones: aplicación a una plataforma flotante robotizada*. Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento Física Aplicada.
- Medina, S., & Venegas, A. (2018). Energías renovables un futuro optimo para Colombia. *Punto de vista*, 9(13), 16.
- Miyara, F. (2009). *Fuentes Reguladas* (Primera). Universidad Nacional de Rosario.
- Oblitas, N. (2019). *Estudio de Viabilidad de Lanchas Solares para Minimizar el Consumo de Combustible, en el Transporte en los Ríos del Distrito de Nieva, Región Amazona*. Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35910>
- Pasquevich, D. (2016). La creciente demanda mundial de energía frente a los riesgos ambientales. *AAPC, sección "Energía y Ambiente"*, 21.
- Proyecto EnDev/GIZ. (2013). *Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario*. En el marco del Proyecto Energía, Desarrollo y Vida - EnDev/GIZ.
- Quispe, E. (2003). *Una visión integral para el uso racional de la energía en la aplicación de motores eléctricos de inducción. El hombre y la Máquina*. 20-21, 52-59.
- Rodas, F. (2013). *Técnicas actuales de construcción de embarcaciones*. <https://static1.squarespace.com/static/5d7d9ffbd77d004e50ec27b1/t/5dbccced6e50835ed1a0f52d/>
- Rodríguez, D., & Granados, P. (2017). Diagnóstico de competitividad del turismo en Boyacá (Colombia). *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 25(2), 193-205. <https://doi.org/10.18359/rfce.3073>
- Soler, X. (1983). *La construcción sandwich*. Barcelona Xavier Soler Bartomeus.
- Torqueedo. (2020). *Travel Outboards*. Products. Outboards. Travel. <https://www.torqueedo.com/en/products/outboards/travel>
- UPME. (2019). *Plan energético nacional 2020 - 2050*. Unidad de Planeación Minero Energética. [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN\\_documento\\_para\\_consulta.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf)
- Viñas, L. (2011). *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos*. Universidad Nacional del Altiplano.
- WEG. (2010). Motores Eléctricos Guía de Especificación. *weg.neet*, 68.

# Anexos

## Anexo A. Glosario

**ACCESORIOS DE LA EMBARCACIÓN:** Son y se identifican con ella todos los aparejos y utensilios destinados permanentemente a su servicio e indispensables para su operación, los documentos de a bordo, los repuestos y las provisiones que constituyen la reserva constante y necesaria de la misma.

**AGENTE O ADMINISTRADOR FLUVIAL:** Es la persona natural o jurídica que representa en tierra al armador para todo lo relacionado con la embarcación.

**ALIJAR:** Aligerar la carga de una embarcación a fin de ponerla en menor calado.

**AMARRAS:** Cables de acero trenzado para amarrar la embarcación.

**ANCLA:** Es una pesa de forma especial, cuyos brazos se entierran en el lecho del río o lago, sosteniendo la embarcación.

**ARQUEO:** Es la determinación de la capacidad total de una embarcación, evaluada de acuerdo con determinadas normas.

**ARRIBADA:** Se dice cuando una embarcación llega a un puerto que no es el término de su viaje.

**ASTILLERO:** Toda instalación dedicada a la construcción, reparación o modificación de embarcaciones.

**ATRACAR:** Llegada de embarcaciones al muelle.

**AVERÍAS:** Son todos los daños que sufre la embarcación durante la navegación o en puerto, o las mercancías desde el embarque hasta su desembarque.

**BABOR:** Costado izquierdo de la embarcación.

**BAOS O REFUERZOS DE CUBIERTAS:** Barras que están sujetas a lo ancho y por debajo de las cubiertas, unidas a las cuadernas. Sirven para reforzar y darle solidez.

**BITÁCORA:** Registro diario de todos los sucesos durante el viaje de una embarcación.

**BOTE:** Unidad desprovista de sistema de propulsión con o sin superestructura, fondo plano y casco construido en piezas metálicas o de madera. Se destina al transporte de pasajeros, ganado y carga general.

**BORDA:** Es la parte más alta de los costados del buque que sirve de protección a los tripulantes y a la carga.

**CALADO:** Altura de la parte sumergida del casco.

**CALADO DE DISEÑO:** Distancia vertical medida al costado entre la línea (plano) de agua de diseño y la línea de base a la altura de la sección maestra del buque, o sea, la mitad de la EPP (eslora entre perpendiculares)

**CALADO MEDIO:** Es el promedio de los calados a proa y a popa. Estas medidas usualmente son diferentes, ya que generalmente los buques se diseñan con un ligero *apopamiento* o mayor calado hacia la popa.

**CALADO MÁXIMO:** Es la distancia vertical, medida desde el plano de agua, hasta el punto más bajo del casco.

**CALADO VACÍO:** Distancia vertical comprendida entre el plano mínimo de flotación y la línea de base.

**CASCO:** Es el envolvente del buque o lancha hasta la cubierta principal. Es impermeable.

**CORNAMUSA:** Pieza de aluminio o hierro colocada sobre cubierta, utilizada para amarrar cables y asegurar los botes al remolcador o al muelle.

**CUADERNA:** Son las armaduras a las cuales se aseguran las planchas que forman el casco.

**CUBIERTA:** Conjunto de planchas unidas entre sí, que forman una superficie horizontal o piso que une los costados de la embarcación.

**DESPLAZAMIENTO:** Es el peso de la embarcación.

**EMBARCACIÓN:** Es toda construcción principal o independiente apta para la navegación y destinada a ella cualquiera que sea su sistema de propulsión.

**EMBARCACIONES MENORES:** Son todas las embarcaciones fluviales con capacidad transportadora inferior a veinticinco toneladas.

**EMBARCACIÓN FLUVIAL:** Construcción naval, destinada a transitar solamente por ríos, lagos, lagunas, represas, embalses, ciénagas y esteros, no debe utilizarse en la navegación marítima.

**ESLORA:** Distancia medida en el eje principal de la unidad, que se mide entre las superficies interiores de los escudos de proa y popa.

**ESPEJO:** Superficie plana y vertical localizada en la popa de las embarcaciones menores, en el cual se monta un motor fuera de borda.

**FRANCO BORDO:** Distancia vertical comprendida entre el plano máximo de flotación y la parte baja de la cubierta al costado.

**FUERA DE BORDA:** Puede definirse como la distancia entre el plano de agua y la cubierta medida al costado del buque.

**LANCHA:** Embarcación de casco metálico, madera o fibra de vidrio, con una o más cubiertas, motor estacionario dentro de borda, con quilla y proa agudas, destinada al transporte de pasajeros o carga.

**LÍNEA DE FLOTACIÓN:** Es la intersección del plano de nivel libre de agua, con la superficie exterior del casco.

**MANGA:** Distancia horizontal entre las superficies interiores de los costados.

**MUELLE:** Construcción en el puerto o en las riberas del río o lago, donde atracan las embarcaciones, para el cargue o descargue de pasajeros, ganado, semovientes o carga.

**PLANO MÍNIMO DE FLOTACIÓN:** Es el área de la superficie comprendida dentro de la línea de flotación, estando la embarcación vacía.

**PLANO MÁXIMO DE FLOTACIÓN:** Es el área de la superficie comprendida dentro de la línea de flotación, estando la embarcación a plena carga.

**POPA:** Parte posterior de la embarcación.

**PLANO DEL CASCO:** Es la parte inferior del casco.

**PROA:** Parte delantera de la embarcación.

**PUNTAL:** Altura del buque que comprende desde la quilla hasta la cubierta principal

PUNTAL=CALADO +FRANCOBORDO

## Anexo B. Catálogos y Esquemas

LINEA		MODELO	ESLORA Mts	MANGA Mts	PESO Kg	MOTOR Max HP	CAPACIDAD Personas Kg
<b>BOTES</b> Casco en V Profunda		VP 12' VP 14' VP 16' VP 18'	3,60 4,25 4,85 5,45	1,50 1,68 1,82 1,80	70 105 130 175	15 40 90 115	4 350 6 450 8 600 10 800
<b>PANGAS</b> Casco en Semi V		PA 12' PA 14' PA 16' PA 18'	3,60 4,25 4,85 5,50	1,30 1,70 1,56 1,60	78 140 134 160	15 40 60 115	3 300 6 600 8 800 10 1.000
<b>CANOAS</b> Casco Estrecho		CN 60 CN 70 CN 85 CN 100	6,00 7,00 8,50 10,00	1,20 1,35 1,50 1,50	100 140 190 220	40 60 90 115	8 700 10 1.500 12 2.000 18 2.500
<b>PONTONES</b> Casco Catamarán		P 20' P 24' P 28'	6,10 7,30 8,50	2,40 2,40 2,40	250 350 400	40 90 115	10 900 14 1.200 18 1.500
<b>BICICLETAS</b> Casco Catamarán		BA 120	3,65	1,90	113	10	4 300
<b>MUELLES</b> Flotantes		MODULAR	SEGÚN REQUERIMIENTO		LAS MEDIDAS Y PESO VARÍAN DE ACUERDO AL ÁREA DEL MUELLE		

\* Especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso.

**Consola de Lujo**



**Consola Sencilla**



**Carpa Larga**



**Plano Proa**



**Pozo sencillo**



**Bancajón Popa**



ÚNICOS SOLDADOS EN PROCESO TIG Y MIG EN ALUMINIO

Cra 23 # 168 - 54 PBX: 6702255 www.durabotes.com.co Bogotá D.C. - Colombia





# Travel 1103 CL

## MOTOBORDA

### Ventajas

- Idéntico rendimiento que un motor fueraborda de gasolina de 3 CV, aunque más ecológico, silencioso, ligero y confortable.
- Totalmente estanco (IP67).
- Ordenador de a bordo con cálculo de distancia por medio de GPS.
- Mando en la caña del timón.
- Cargador solar opcional, incluso con la batería en funcionamiento.
- Un producto limpio y ecológico: no importa dónde coloque su Travel; no existe riesgo de derrames ni olor a gasolina.



### Características técnicas Travel

Consumo en vatios	1100
Potencia de propulsión de vatios	540
Fueraborda equivalente de gasolina (potencia de propulsión)	3 HP
Fueraborda equivalente de gasolina (empuje)	4 CV
Eficiencia global máxima en %	49
Tracción a punto fijo en libras*	70
Batería integrada	922 Wh Li-Ion
Tensión nominal en voltios	29,6
Tensión final de carga en voltios	33,6
Peso total en kg	17,7 (L)
Peso motor sin batería en kg	11,7 (L)
Peso batería integrada en kg	6
Longitud de transmisión	20"
Hélice estándar v = velocidad en km/h con p = potencia en vatios)	v10/p1100
Hélices alternativas	v10/p1100 diseño weedless
Número de revoluciones de la hélice a plena carga en rpm/min	1.450
Mando	Mando popero
Control	+/-60° bloqueable
Sistema basculante	Manualmente con protección contra el encallamiento
Sistema de trim	Manualmente a 4 niveles
Ordenador de a bordo integrado	Sí
Marcha adelante/atrás regulables sin graduación	Sí

Autonomía	Velocidad en km/h	Distancia en km	Autonomía en horas
Velocidad lenta	2,0 (3,7)	40,0 (74,0)	20:00
Velocidad media	3,0 (5,5)	18,0 (33,3)	06:00
Velocidad máxima	5,0 (10,0)	4,6 (8,3)	00:50

\* Los datos de tracción a punto fijo de Torqeedo se basan en mediciones efectuadas según las normas ISO vigentes a nivel internacional.

# TORQUEEDO

**SPORTS & COMMERCIAL SERIES**

*Brushless & Gearless Motor*



Learn to Operate in Minutes  
 Selectable 3-Speed Modes  
 Tiller or Remote Control  
 Extreme High Efficiency  
 Zero Maintenance  
 Adjustable Heights

**Specifications**

Product Model	<b>S06</b>	<b>S10</b>	<b>S20</b>
Rated Voltage (Vdc)	48	48	48
Input Power (kW/A)	4.3 / 90	6.5 / 135	10.5 / 220
Comparable Petrol Engine (hp)	5-7	8-12	15-20
Maximum Propeller Speed (RPM)	2800	2800	2800
Static Thrust Force (lb)	128	172	260
Propeller Size (inch)	7.8X8	8.5X8	9.25X7
Control	Tiller or Remote	Tiller or Remote	Tiller or Remote
Tilting	Manual or Electric	Manual or Electric	Manual or Electric
Net Weight (kg)	31	35	48

[www.EZoutboard.com](http://www.EZoutboard.com)    [www.goldenmotor.com](http://www.goldenmotor.com)



## Anexo C. Promedios mensuales de brillo solar para todas las estaciones del país (horas de sol al día)

ANEXO: PROMEDIOS MENSUALES DE BRILLO SOLAR PARA TODAS LAS ESTACIONES DEL PAÍS (HORAS DE SOL AL DÍA)

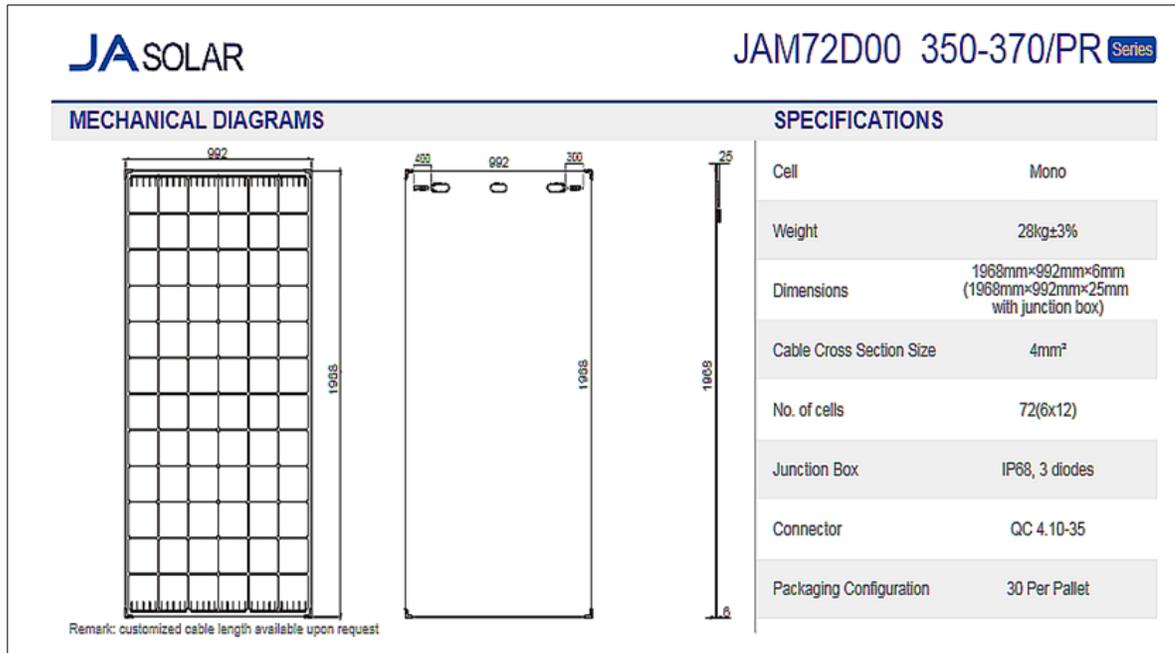
TOTAL ESTACIONES: 497																						
Código	Estación	Municipio	Departamento	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m)	Valor promedio (Horas de Sol al Día)												Promedio Anual	Años de Información	Fecha Inicio	Fecha Final
							ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC				
47075010	La chorrera	La Chorrera	Amazonas	-1,43	-72,78	160	4,8	4,1	3,6	3,5	3,4	3,3	4,0	4,7	5,1	5,0	4,9	4,6	4,3	15	jun-86	feb-11
48015010	Aeropuerto Vásquez Cobo	Leticia	Amazonas	-4,18	-69,93	84	4,3	4,1	4,2	4,7	4,7	4,9	6,1	6,4	5,9	5,5	5,2	4,5	5,0	31	ene-82	abr-12
23085030	Alejandro	Alejandro	Antioquia	6,37	-75,13	1660	4,7	4,5	3,8	3,8	4,6	4,8	6,0	6,5	5,2	4,4	4,2	4,3	4,7	20	sep-88	ago-12
23085050	Santa Rita	Alejandro	Antioquia	6,32	-75,17	1875	6,2	6,0	5,1	4,5	5,2	6,2	7,8	7,2	6,5	5,0	5,2	5,6	5,9	19	sep-59	dic-81
26195020	Ita Andes	Andes	Antioquia	5,68	-75,87	1180	5,3	5,4	4,3	3,9	4,1	4,6	5,5	5,1	4,2	4,0	4,4	4,7	4,6	30	ene-79	sep-12
27025030	Anorí	Anorí	Antioquia	7,07	-75,15	1610	4,5	3,9	3,2	2,9	3,7	5,1	5,9	5,4	4,0	3,3	3,5	3,7	4,1	29	ene-79	ago-12
26205060	La Noque	Anzá	Antioquia	6,40	-75,83	450	6,1	6,6	6,4	5,4	5,8	3,8	7,0	6,0	5,5	4,8	5,3	5,9	5,7	5	sep-83	ene-89
12015020	Uniban	Aparado	Antioquia	7,82	-76,65	23	5,2	4,9	4,0	3,6	3,9	3,2	4,2	4,3	4,0	4,4	4,6	4,5	4,2	32	ene-79	sep-12
12045010	Arboletes	Arboletes	Antioquia	8,83	-76,42	4	7,1	6,9	6,1	5,0	4,7	5,1	5,2	5,2	4,8	4,8	5,9	6,3	5,6	21	sep-79	sep-12
27015090	Tulio Ospina	Bello	Antioquia	6,32	-75,55	1438	6,0	5,3	5,2	4,4	4,8	5,8	6,7	6,2	5,3	4,3	4,6	5,3	5,3	20	ene-79	oct-99
26225040	Hacienda Piunti	Buriticá	Antioquia	6,72	-75,90	1650	4,2	4,1	3,6	2,9	3,0	2,8	3,9	4,2	3,4	2,8	2,9	3,1	3,4	29	ene-79	sep-12
27015260	La Salada	Caldas	Antioquia	6,03	-75,62	1680	4,5	4,6	3,9	3,0	3,4	4,0	5,2	5,0	4,0	3,5	3,6	3,8	4,0	27	oct-84	sep-12
11115020	Cañasgordas	Cañasgordas	Antioquia	6,75	-76,02	1200	5,4	5,2	4,7	3,6	3,7	4,3	4,8	4,5	4,0	3,6	4,1	4,5	4,4	28	ene-79	ago-12
12015060	Tulenapa	Carepa	Antioquia	7,77	-76,65	30	5,9	5,4	4,4	4,0	4,2	4,2	4,8	4,8	4,5	4,9	5,0	5,2	4,8	27	sep-82	dic-10
12015070	Aeropuerto Los Cedros	Carepa	Antioquia	7,82	-76,72	19	5,8	5,4	4,6	4,2	3,9	3,8	4,2	4,4	4,3	4,7	4,7	4,7	4,6	28	nov-83	dic-12
26245040	JHB Caucaasia	Caucaasia	Antioquia	7,98	-75,20	72	5,4	5,2	4,3	4,8	4,3	3,0	5,0	5,6	5,0	4,8	4,6	4,7	4,7	5	may-08	sep-12
26255040	Cacaoteras del Dique	Caucaasia	Antioquia	7,98	-75,12	55	6,7	6,0	5,6	5,1	5,0	5,6	6,5	6,2	5,4	5,2	5,5	5,7	5,7	23	ene-78	jun-06
27045020	Caserí	Caucaasia	Antioquia	7,80	-74,93	400	6,1	5,5	4,0	3,8	4,6	5,0	6,0	5,8	4,7	4,7	4,7	5,1	5,0	22	dic-81	jul-12
12015080	La Cerrazón	Chigorodó	Antioquia	7,72	-76,62	70	3,9	3,2	3,3	2,1	3,0	2,5	4,1	4,2	3,8	3,6	4,1	4,5	3,6	4	sep-86	dic-90
12015090	La Palmera	Chigorodó	Antioquia	7,53	-76,60	58	3,4	3,8	2,1	2,7	2,4	2,5	2,6	3,1	2,7	3,4	3,0	2,8	2,9	6	may-04	jun-09
11025010	La Mansa	Ciudad Bolívar	Antioquia	5,87	-76,08	2100	4,8	5,1	4,8	4,2	4,7	4,9	6,2	6,2	5,0	4,2	4,2	4,4	4,9	33	ene-79	sep-12
23085120	La Maquina	Cocorná	Antioquia	6,07	-75,20	1230	4,8	5,0	5,3	4,8	5,0	7,3	8,0	7,5	6,3	5,5	5,0	5,3	5,8	3	ene-92	dic-94
26215010	Concordia	Concordia	Antioquia	6,03	-75,92	1904	5,1	5,2	4,5	3,7	4,1	5,4	6,1	5,5	4,8	3,7	3,6	4,1	4,7	24	ene-79	jul-12
27035030	Santa Margarita	El Bagre	Antioquia	7,73	-74,77	179	7,4	6,7	6,5	5,4	5,1	5,5	6,6	6,4	5,8	5,4	6,0	6,9	6,1	3	ene-78	abr-80
26175040	Hacienda Túnez	Fredonia	Antioquia	5,80	-75,65	530	6,5	6,4	5,7	5,0	5,2	5,9	6,6	6,4	5,6	5,0	5,5	5,9	5,8	25	ene-79	sep-12
11115040	Musinga	Frontino	Antioquia	6,78	-76,18	1330	5,1	5,2	4,1	3,3	3,3	4,0	4,5	4,3	3,6	3,7	4,1	4,7	4,2	32	mar-85	sep-12
27015210	El Vivero	Guarne	Antioquia	6,28	-75,50	2400	4,4	4,4	3,7	3,2	4,1	5,8	6,8	6,0	4,6	3,1	3,3	3,5	4,4	14	ene-81	jun-96
26225050	El palmar	Ituango	Antioquia	7,12	-75,67	580	6,2	5,9	5,8	4,8	4,3	4,4	5,5	5,3	4,2	4,4	4,7	5,5	5,1	6	may-82	may-92
26195010	Miguel Valencia	Jardín	Antioquia	5,53	-75,85	1570	4,8	5,0	4,8	4,2	4,4	5,6	6,0	5,5	4,5	3,8	4,3	5,0	4,8	10	ene-84	dic-94
26195030	El Jardín	Jardín	Antioquia	5,58	-75,80	2005	4,1	4,6	3,0	2,7	3,0	3,6	4,1	4,4	3,7	3,5	2,6	3,2	3,5	7	ene-01	ago-12
26185020	Mesopotamia	La Unión	Antioquia	5,68	-75,32	2314	5,5	5,1	4,4	3,9	4,7	5,7	7,0	6,7	5,5	4,0	4,1	4,8	5,1	30	ene-78	oct-12
27015070	Aeropuerto Olaya Herrera	Medellín	Antioquia	6,22	-75,58	1490	5,5	5,4	4,8	4,1	4,5	5,5	6,4	6,0	4,9	4,3	4,5	4,9	5,1	34	abr-67	dic-12
27015170	Medellín	Medellín	Antioquia	6,68	-75,58	1491	6,2	6,3	5,5	4,4	4,7	5,8	6,9	6,7	6,2	4,6	4,7	5,8	5,7	10	ene-57	abr-67
12015010	Villarteaga	Mutató	Antioquia	7,35	-76,48	132	3,9	3,7	3,1	2,7	2,7	2,5	2,7	2,6	2,6	3,0	2,9	3,1	3,0	22	ene-79	jul-12
25025140	Nechí	Nechí	Antioquia	8,10	-74,77	200	7,3	6,1	6,1	5,2	5,6	5,8	6,3	6,3	5,8	5,3	5,7	6,4	6,0	13	ene-78	ene-91
12025030	El Mellito	Necoclí	Antioquia	8,53	-76,67	10	6,0	5,6	4,8	4,1	3,8	3,7	4,4	4,4	4,3	4,6	5,1	5,3	4,7	30	oct-83	jun-12
23085170	El Peñol	Peñol	Antioquia	6,23	-75,22	1880	6,3	6,2	5,3	4,7	5,3	6,4	7,7	7,2	6,4	5,0	5,3	5,4	5,9	22	feb-60	dic-81
23095010	Aeropuerto Puerto Berrío	Puerto Berrío	Antioquia	6,45	-74,40	150	7,0	6,2	4,7	5,3	6,0	6,6	7,3	7,2	6,2	5,7	6,1	6,5	6,2	29	ene-83	may-12

23175020	Aeropuerto Otú	Remedios	Antioquia	7,00	-74,70	718	5,6	5,1	3,9	3,8	4,4	5,2	6,3	5,8	4,8	4,3	4,6	5,2	4,9	29	feb-79	ago-12
23085040	La Selva	Rionegro	Antioquia	6,12	-75,40	2090	5,1	4,9	4,2	3,8	4,5	5,6	6,6	6,3	5,1	3,9	4,0	4,6	4,9	31	feb-79	may-12
23085200	Aeropuerto J M Córdova	Rionegro	Antioquia	6,17	-75,42	2073	5,3	5,1	4,4	4,2	5,0	6,0	7,0	7,0	5,8	4,7	4,4	4,5	5,3	18	sep-80	dic-12
23085010	Calderas	San Carlos	Antioquia	6,15	-75,07	1320	4,2	4,4	5,1	4,6	6,3	6,7	7,0	6,4	5,9	3,9	4,4	5,7	5,4	4	ago-85	may-88
23085190	Puerto Belo	San Carlos	Antioquia	6,22	-74,85	790	6,8	6,2	5,1	5,3	5,7	6,4	7,9	7,1	6,5	5,2	5,3	5,7	6,1	8	ago-73	dic-81
23085220	San Carlos	San Carlos	Antioquia	6,15	-75,03	1113	4,3	4,2	3,5	3,5	4,5	5,3	6,4	6,2	5,0	4,1	3,6	3,9	4,5	26	abr-84	jul-12
23085210	Las Violetas	San Rafael	Antioquia	6,33	-75,00	1016	4,9	5,0	4,4	4,5	4,9	5,5	6,4	6,2	5,6	4,8	4,4	4,2	5,1	28	abr-84	sep-11
23085080	Granja Exp El Nus	San Roque	Antioquia	6,48	-74,83	835	5,9	5,6	4,2	4,6	5,3	6,2	6,9	6,7	5,8	5,2	4,9	5,2	5,5	29	ene-79	may-12
23085160	Corrientes	San Vicente	Antioquia	6,30	-75,25	1950	5,7	5,8	4,7	4,3	5,3	5,6	6,8	6,6	5,9	4,5	4,4	5,5	5,4	17	abr-84	mar-93
27015110	Aragón	Santa Rosa De Osos	Antioquia	6,53	-75,82	2600	5,1	4,9	4,0	3,4	3,8	5,1	6,0	5,7	4,4	3,6	3,8	4,4	4,5	31	feb-79	jul-12
26215020	Cañafisto	Santafé De Antioquia	Antioquia	6,42	-75,82	500	6,2	5,8	5,4	5,0	5,1	6,0	6,5	6,2	5,0	5,0	5,2	5,4	5,6	14	jun-87	feb-05
26225030	Hacienda Cotove	Santafé De Antioquia	Antioquia	6,53	-75,82	530	7,1	6,9	5,9	5,4	5,4	6,2	6,9	6,6	5,7	5,4	5,8	6,2	6,1	31	feb-78	sep-12
27015190	Guayabito	Santo Domingo	Antioquia	6,53	-75,13	1700	5,4	5,0	4,0	4,0	4,5	5,6	6,4	6,2	4,8	4,0	4,2	4,7	4,9	28	ene-79	may-12
23075010	Río Claro	Sonsón	Antioquia	5,85	-74,83	449	4,8	4,3	3,3	4,1	4,8	5,4	6,4	5,8	4,9	4,4	4,5	4,5	4,8	24	ene-86	oct-09
26175030	Granja La Nacional	Támesis	Antioquia	5,72	-75,68	1151	6,3	6,2	5,3	4,5	4,3	5,2	6,3	6,1	5,1	4,3	4,7	5,4	5,3	31	ene-79	sep-12
26235030	Matanzas	Toledo	Antioquia	7,03	-75,65	500	5,0	5,3	3,7	3,6	3,4	3,7	4,0	3,7	3,6	4,0	4,2	4,6	4,1	7	sep-06	jul-12
12015050	Riogrande	Turbo	Antioquia	7,92	-76,63	20	4,9	4,4	3,6	3,0	3,3	3,0	3,9	3,5	3,5	4,3	4,4	4,9	3,9	9	ene-84	ene-92
12025010	Aeropuerto Gonzalo Mejía	Turbo	Antioquia	8,12	-76,73	1	6,1	5,8	5,2	5,0	4,9	4,6	5,4	5,4	5,2	5,3	5,7	5,5	5,3	5	mar-79	abr-83
11075010	La Honda	Urrao	Antioquia	6,35	-76,15	1850	5,3	5,0	4,0	3,6	3,8	3,9	4,5	4,7	3,8	3,8	4,0	4,5	4,2	20	sep-82	feb-11
11075020	Urrao	Urrao	Antioquia	6,32	-76,13	1850	5,8	5,6	5,1	4,2	4,4	5,3	5,7	5,5	4,4	4,1	4,4	5,0	5,0	29	ene-79	nov-11
26255020	Santa Isabel	Valdivia	Antioquia	7,15	-75,43	1200	4,0	3,6	3,0	2,8	3,3	3,8	4,7	4,5	3,8	3,4	4,0	3,9	3,7	33	ene-79	sep-12
23105030	Vegachí	Vegachí	Antioquia	6,77	-74,78	995	5,8	5,2	3,9	4,2	4,6	5,6	6,3	6,3	5,3	4,8	4,8	5,2	5,2	22	may-90	sep-12
26205020	El Rosario	Venecia	Antioquia	5,93	-75,72	1600	5,7	5,7	5,4	4,6	4,8	6,2	7,0	6,4	5,2	4,0	4,4	5,7	5,4	10	ene-84	dic-94
26205070	La Plata	Venecia	Antioquia	5,98	-75,82	750	6,2	6,4	5,7	5,4	5,2	5,2	6,9	6,4	5,6	5,2	5,7	5,6	5,8	10	mar-84	mar-85
37055010	Aeropuerto Arauca	Arauca	Arauca	7,07	-70,73	128	8,8	8,1	6,5	5,4	4,9	4,6	4,7	5,3	5,9	6,5	7,0	8,0	6,3	31	jul-81	dic-12
37045010	Saravena	Saravena	Arauca	6,93	-71,88	148	5,2	4,2	2,9	2,7	3,2	3,2	3,8	4,2	4,8	5,0	5,0	4,9	4,1	29	ene-81	may-11
29045100	Base Naval	Barranquilla	Atlántico	11,00	-74,78	5	8,3	8,0	6,6	6,3	5,6	5,9	7,0	6,4	5,9	5,0	6,7	7,9	6,6	6	abr-85	jul-90
29045120	Las Flores	Barranquilla	Atlántico	11,03	-74,82	2	7,9	7,8	7,1	6,5	5,7	6,3	6,8	6,8	5,9	5,5	6,3	7,0	6,6	22	jul-80	may-12
29035080	Normal Manatí	Manatí	Atlántico	10,45	-74,95	10	7,9	7,4	6,4	5,6	5,1	5,5	6,3	6,1	5,0	4,8	5,3	6,7	6,0	29	mar-79	jul-12
29035120	El Limón	Manatí	Atlántico	10,42	-75,07	7	8,7	8,2	7,4	6,4	5,6	6,0	6,6	6,4	5,4	5,2	6,0	7,5	6,6	22	ene-80	may-02
29035070	Repelón	Repelón	Atlántico	10,50	-75,12	10	8,3	8,0	7,1	6,0	5,2	5,8	6,4	6,1	5,1	4,8	5,6	7,1	6,3	31	ene-81	oct-11
29035130	Granja Santa Lucia	Santa Lucia	Atlántico	10,32	-74,95	5	8,0	8,2	7,0	6,2	5,1	6,2	6,7	6,9	5,9	5,5	6,7	7,1	6,6	4	ene-81	sep-87
29045020	Aeropuerto E Cortissoz	Soledad	Atlántico	10,88	-74,77	14	9,2	8,8	7,9	7,0	6,1	6,7	7,0	6,7	5,7	5,4	6,2	7,9	7,0	30	ene-80	oct-12
21205230	Observatorio Meteorológico Nacional	Bogotá	Bogotá D.C.	4,63	-74,10	2556	5,3	4,5	3,8	2,8	2,9	3,3	3,9	4,0	3,7	3,2	3,3	4,6	3,8	13	ene-80	nov-93
21205520	El Dorado Didáctica	Bogotá	Bogotá D.C.	4,70	-74,15	2546	5,8	5,1	4,4	3,4	3,4	3,6	4,1	4,2	4,0	3,7	4,1	5,2	4,3	17	ene-79	jun-96
21205580	Venado Oro Vivero	Bogotá	Bogotá D.C.	4,58	-74,05	2725	4,0	3,6	2,9	2,5	2,7	3,1	3,3	3,5	3,1	2,6	2,5	3,3	3,1	31	ene-79	ene-12
21205590	Aeropuerto Guaymaral	Bogotá	Bogotá D.C.	4,82	-74,08	2560	5,5	4,7	4,7	3,6	3,8	3,6	4,2	3,9	3,9	3,4	4,6	5,8	4,3	9	dic-80	dic-90
21205790	Aeropuerto El dorado	Bogotá	Bogotá D.C.	4,70	-74,15	2547	5,9	5,3	4,4	3,5	3,5	3,9	4,3	4,4	4,1	3,8	4,2	5,1	4,4	32	ene-80	abr-17
21206050	Escuela Col Ingeniería	Bogotá	Bogotá D.C.	4,78	-74,03	2650	5,7	4,8	3,9	3,0	3,1	3,3	3,7	3,5	3,3	3,4	3,9	4,9	3,9	21	abr-86	ene-07
21206130	Radiosonda Eldorado	Bogotá	Bogotá D.C.	4,70	-74,15	2546	6,1	4,7	4,9	3,4	3,5	3,6	4,3	4,3	3,9	3,8	4,5	4,5	4,3	5	ene-81	nov-85
21206220	Universidad Nacional	Bogotá	Bogotá D.C.	4,63	-74,08	2556	6,0	5,1	4,0	3,3	3,2	4,1	4,4	4,6	4,1	3,8	4,0	5,2	4,3	21	ago-87	jun-12
21206240	Centro Gaviotas	Bogotá	Bogotá D.C.	4,60	-74,07	2700	4,6	4,2	3,7	3,0	2,8	4,2	3,2	4,3	4,3	3,6	2,3	3,6	3,7	4	oct-87	jun-92

21206260	C.Universidad.Agrop-Udca	Bogotá	Bogotá D.C.	4,78	-74,03	2570	6,5	5,2	3,1	3,2	2,6	3,8	3,2	3,4	3,1	3,4	3,6	5,0	3,8	4	may-94	dic-12
21206560	Inem Kennedy	Bogotá	Bogotá D.C.	4,65	-74,13	2580	5,4	5,3	3,7	3,0	3,4	3,9	4,5	4,3	3,9	3,8	3,4	4,0	4,0	15	sep-98	jul-12
35025070	Los tanques	Bogotá	Bogotá D.C.	4,18	-74,18	3150	5,7	4,9	3,6	2,7	2,5	2,4	2,7	3,0	3,5	3,6	3,9	4,9	3,6	22	nov-87	nov-11
29035170	Sincerín	Arjona	Bolívar	10,13	-75,27	10	8,3	7,9	6,5	5,6	5,1	5,6	6,1	6,1	4,7	4,6	5,5	7,2	6,1	26	abr-78	dic-11
14015020	Aeropuerto Rafael Núñez	Cartagena	Bolívar	10,43	-75,50	2	8,8	8,5	7,7	7,0	6,2	6,3	6,7	6,4	5,7	5,5	6,2	7,8	6,9	33	jul-79	dic-12
14015030	Escuela Naval Cioh	Cartagena	Bolívar	10,38	-75,53	1	9,2	8,6	7,6	7,0	6,3	6,8	6,8	6,8	5,8	5,7	6,5	8,0	7,1	27	ago-82	sep-12
14015060	Islas del Rosario	Cartagena	Bolívar	10,18	-75,75	3	7,3	6,3	6,4	5,7	5,9	5,9	6,2	6,0	5,6	5,2	6,5	7,4	6,2	12	mar-84	ene-96
29015020	Carmen de Bolívar	El Carmen de Bolívar	Bolívar	9,70	-75,10	152	7,6	7,2	6,0	5,2	4,8	5,4	6,5	5,8	4,6	4,6	5,4	6,2	5,8	32	ene-81	ago-12
25025100	Aeropuerto Baracoa	Magangue	Bolívar	9,27	-74,83	18	8,3	7,7	6,5	5,6	5,1	6,1	6,8	6,5	5,5	4,9	5,7	7,2	6,3	24	ene-81	abr-12
29035030	Presa Ay Grande	María La Baja	Bolívar	9,87	-75,32	60	7,3	6,6	5,7	5,1	4,5	4,7	5,3	5,1	4,3	4,3	5,0	6,3	5,3	29	feb-80	abr-12
29035040	Nueva Florida	María La Baja	Bolívar	9,93	-75,35	13	8,0	7,2	6,1	5,3	4,5	4,7	5,4	5,1	4,2	4,2	4,9	6,8	5,5	24	ene-84	mar-12
29035110	San Pablo	María La Baja	Bolívar	10,03	-75,25	20	8,3	7,8	6,5	5,8	4,9	5,5	6,1	5,8	4,7	4,7	5,4	7,2	6,1	30	ene-79	oct-12
14015010	Galerazamba	Santa Catalina	Bolívar	10,78	-75,25	20	7,6	6,9	6,1	6,0	5,8	5,9	6,2	6,4	5,7	5,4	6,2	6,9	6,3	20	ene-81	jul-12
23205030	Santa Rosa de Similití	Santa Rosa del Sur	Bolívar	7,95	-74,05	650	8,0	6,9	5,3	4,1	4,4	5,3	6,5	6,1	4,9	4,2	4,9	6,7	5,6	33	ene-79	nov-11
23205050	Canelos	Santa Rosa del Sur	Bolívar	7,98	-74,23	750	5,9	5,2	3,7	2,8	3,6	3,9	5,3	5,1	3,9	3,6	3,9	5,0	4,3	28	oct-83	abr-11
25025020	Monterrey Forestal	Zambrano	Bolívar	9,73	-74,83	25	8,6	8,2	7,0	6,3	5,5	6,5	6,8	6,9	5,8	5,6	6,2	7,3	6,7	20	nov-92	nov-12
35095040	El Olarte	Aquitania	Boyacá	5,46	-72,93	3030	7,4	6,2	5,3	4,6	4,1	3,9	4,2	4,0	4,7	4,5	5,2	5,7	5,0	6	ene-85	oct-98
24035330	Boavita	Boavita	Boyacá	6,32	-72,57	2150	7,3	7,0	6,0	4,7	4,3	4,7	5,2	5,1	4,9	5,0	5,7	6,8	5,6	33	ene-79	sep-12
23125100	Buenavista	Buenavista	Boyacá	5,50	-73,93	2200	3,0	2,6	2,0	1,4	1,7	2,2	2,6	2,3	2,2	2,5	2,3	2,5	2,3	17	ene-94	sep-12
24035420	Cerínza	Cerínza	Boyacá	5,95	-72,93	2643	6,6	5,8	3,4	3,1	3,3	4,1	3,1	2,6	3,8	3,3	4,3	5,1	4,0	4	may-09	ago-12
24015160	Esclusa Tolón	Chiquinquirá	Boyacá	5,62	-73,78	2545	6,6	6,2	5,6	5,0	4,8	4,6	5,4	5,2	5,1	4,6	4,8	6,0	5,3	8	ene-83	dic-90
24035310	Chiscas	Chiscas	Boyacá	6,53	-72,50	2350	7,9	7,1	6,0	4,9	4,6	4,3	5,0	5,0	4,7	4,9	5,6	7,1	5,6	34	ene-78	abr-12
24035250	Chita	Chita	Boyacá	6,18	-72,45	2888	7,9	7,1	5,8	4,2	3,7	3,5	3,4	3,7	4,2	4,4	5,1	7,0	5,0	31	ene-79	jun-12
35095030	El Túnel	Cuitiva	Boyacá	5,57	-72,93	3000	7,8	6,5	5,4	4,4	4,5	4,3	4,5	4,2	4,4	4,7	5,2	6,9	5,2	28	ene-79	mar-12
24025030	La Sierra	Duitama	Boyacá	5,97	-73,15	2700	4,9	4,4	3,4	2,5	2,7	3,4	3,8	3,9	3,6	2,9	3,1	4,0	3,5	32	feb-78	sep-12
24035120	Surbata Bonza	Duitama	Boyacá	5,80	-73,07	2485	6,8	5,8	5,1	4,3	4,2	4,5	4,9	4,7	4,3	4,2	5,2	6,3	5,0	32	jul-78	jun-12
24035240	Sierra Nevad Cocuy	Gulcán	Boyacá	6,40	-72,37	3716	7,1	6,5	5,3	3,6	3,1	3,9	4,7	4,5	3,7	3,4	4,3	6,0	4,7	32	ago-78	jun-12
35075040	Inst Agr Macanal	Macanal	Boyacá	4,93	-73,32	1300	5,9	5,1	3,9	3,2	3,1	2,7	2,8	3,0	4,0	4,6	4,8	5,6	4,1	31	ago-82	nov-12
24015020	Bertha	Moniquirá	Boyacá	5,88	-73,60	1700	5,7	5,8	4,9	4,2	3,9	4,7	4,9	4,8	4,7	4,7	5,1	5,4	4,9	6	jul-88	dic-94
24035150	Belencito	Nobsa	Boyacá	5,77	-72,88	2530	6,7	5,8	4,8	3,7	3,9	4,3	4,7	4,4	4,0	3,8	4,6	5,9	4,7	32	feb-78	mar-12
35075010	Nuevo Colon	Nuevo Colon	Boyacá	5,35	-73,45	2438	6,3	5,6	4,9	3,7	3,4	2,9	2,9	3,2	4,2	4,4	5,0	6,0	4,4	33	feb-78	jul-12
24035170	Tunguavita	Paipa	Boyacá	5,73	-73,10	2470	6,7	6,0	5,0	3,7	3,4	3,7	4,2	4,0	3,8	4,0	4,7	5,9	4,6	32	ene-79	ene-11
35085020	Rondón	Rondón	Boyacá	5,35	-73,20	2120	5,6	5,0	4,1	3,1	2,7	2,0	2,0	2,3	3,7	4,2	4,3	4,4	3,6	31	ene-78	jun-12
24015360	Saboya La Granja	Saboya	Boyacá	5,68	-73,75	2550	6,3	5,0	4,0	3,6	4,0	5,1	4,9	5,3	4,6	5,0	4,0	5,1	4,7	4	may-09	jun-12
24015220	Villa Carmen	Samacá	Boyacá	5,50	-73,48	2600	7,1	6,5	5,6	4,8	5,0	5,0	5,6	5,6	5,5	5,2	5,3	6,2	5,6	32	jul-78	sep-12
24015290	Gachaneca	Samacá	Boyacá	5,43	-73,55	3400	6,6	5,7	5,4	4,3	3,4	2,2	2,5	2,9	3,7	3,7	4,6	5,9	4,2	6	ago-79	abr-89
24015310	San Miguel De Sema	San Miguel de Sema	Boyacá	5,52	-73,72	2600	7,0	6,5	5,4	4,7	4,6	4,8	5,5	5,4	5,4	5,2	5,4	6,0	5,5	21	ene-87	nov-08
24035340	Aeropuerto A Lleras C	Sogamoso	Boyacá	5,67	-72,97	2500	7,6	6,7	5,7	4,4	4,1	4,6	4,9	4,6	4,7	4,6	5,5	6,6	5,4	30	ene-83	mar-12
35075020	Sutatenza	Sutatenza	Boyacá	5,02	-73,43	1930	6,5	5,8	4,3	3,7	3,5	2,9	3,1	3,4	4,3	4,6	5,1	6,0	4,4	31	ago-78	nov-12
24035180	San Rafael	Tibasosa	Boyacá	5,78	-72,98	2548	6,8	5,8	5,3	4,0	3,9	4,4	5,0	4,7	4,6	4,2	5,0	6,3	5,0	25	feb-78	ene-04
24035040	La Copa	Toca	Boyacá	5,57	-73,20	2700	6,9	6,6	5,1	4,1	3,9	4,4	4,7	4,6	4,4	4,4	5,0	6,1	5,0	20	ene-92	abr-12
24035130	U P T C	Tunja	Boyacá	5,55	-73,35	2690	7,4	6,8	5,6	4,7	4,4	4,4	4,7	4,9	5,1	5,0	5,4	6,6	5,4	33	ene-79	jul-12



## Anexo D. Especificaciones de panel solar



<b>ELECTRICAL PARAMETERS AT STC</b>					
TYPE	JAM72D00 -350/PR	JAM72D00 -355/PR	JAM72D00 -360/PR	JAM72D00 -365/PR	JAM72D00 -370/PR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	350	355	360	365	370
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	47.28	47.59	47.90	48.18	48.43
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	38.72	38.93	39.18	39.45	39.70
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.52	9.58	9.65	9.72	9.78
Maximum Power Current(Imp) [A]	9.04	9.12	9.19	9.26	9.32
Module Efficiency [%]	18.0	18.2	18.4	18.7	19.0
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )	+0.059%/°C				
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )	-0.300%/°C				
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )	-0.380%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G				

## Anexo E. Especificaciones de controlador de carga MPPT



**BlueSolar charge controller  
MPPT 150 | 35**

150V<sub>PV</sub> 150A<sub>PV</sub> 150A<sub>BAT</sub> 35A<sub>BAT</sub>

**Solar Charge Controller  
MPPT 150/35**

### Ultrafast Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Especially in case of a clouded sky, when light intensity is changing continuously, an ultra-fast MPPT controller will improve energy harvest by up to 30% compared to PWM charge controllers and by up to 10% compared to slower MPPT controllers.

### Advanced Maximum Power Point Detection in case of partial shading conditions

If partial shading occurs, two or more maximum power points may be present on the power-voltage curve. Conventional MPPTs tend to lock to a local MPP, which may not be the optimum MPP. The innovative BlueSolar algorithm will always maximize energy harvest by locking to the optimum MPP.

### Outstanding conversion efficiency

No cooling fan. Maximum efficiency exceeds 98%. Full output current up to 40°C (104°F).

### Flexible charge algorithm

Fully programmable charge algorithm (see the software page on our website), and eight preprogrammed algorithms, selectable with a rotary switch (see manual for details).

### Extensive electronic protection

Over-temperature protection and power derating when temperature is high.  
PV short circuit and PV reverse polarity protection.  
PV reverse current protection.

### Internal temperature sensor

Compensates absorption and float charge voltage for temperature.

### Real-time data display options

- Color Control GX or other GX devices: see the **Venus** documents on our website.
- A smartphone or other Bluetooth-enabled device: VE.Direct Bluetooth Smart dongle needed.

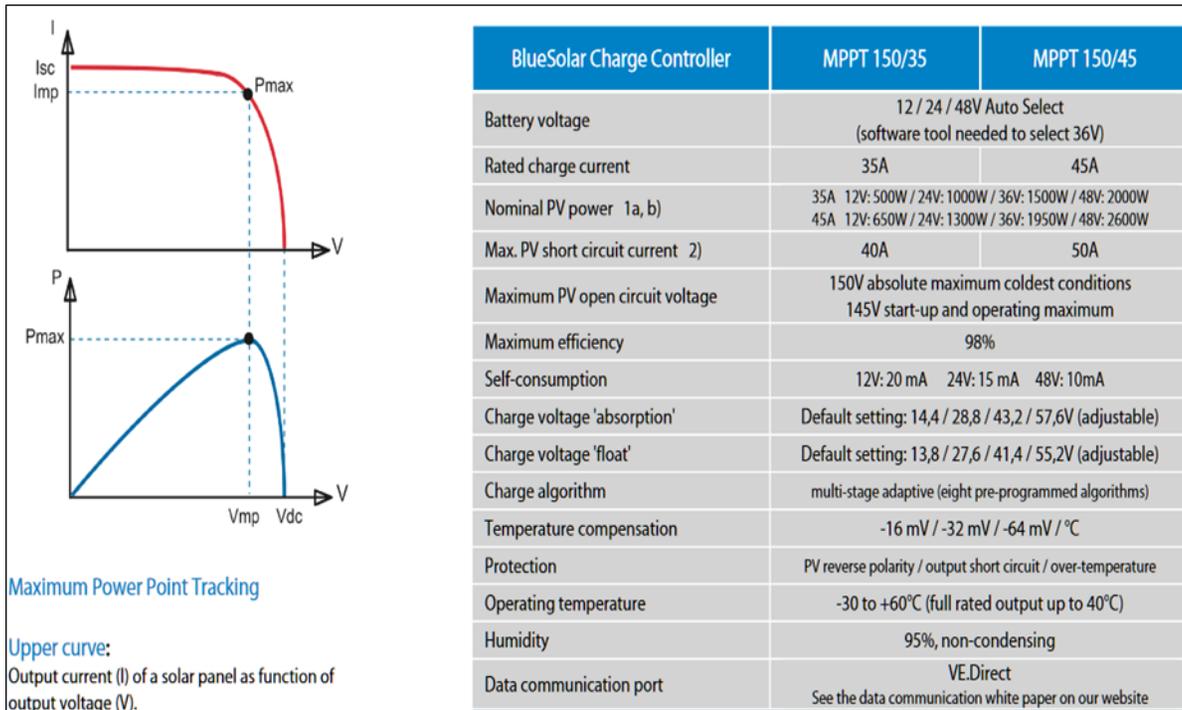


Solar

1999 Wh

Voltage 72.00V

Current 6.7 10V



**ANEXO F.** Plano Unifilar planta solar para cargador embarcación Lago de Tota en Aquitania Boyacá.