

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**“ANÁLISIS ELECTROMECAÁNICO Y PLAN DE MEJORA EN  
CUANTO AL DISEÑO DE UN GENERADOR DE OXÍGENO  
PROPUESTO POR LA COOPERATIVA COOPEAGIR R.L. EN  
COSTA RICA”**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE BACHILLERATO EN  
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**Carlos Moisés Lacayo Fong**

**AUTOR**

**Ing. Adolfo Echandi Arias**

**TUTOR**

**SEDE ARANJUEZ, MARZO, 2022**



## Tabla de Contenido.

Dedicatoria.....	11
Agradecimientos .....	12
Resumen .....	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	14
Planteamiento del Problema .....	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos .....	14
Justificación .....	15
Antecedentes.....	16
Limitaciones.....	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	20
Introducción al Sistema .....	20
Calidad del aire .....	20
El índice de calidad del aire (AQI).....	21
Proceso fijación CO <sub>2</sub> . .....	24
Microalgas .....	25
Efectos intensidad de la luz artificial sobre las microalgas. ....	26
Biomasa Microalgar. ....	27
Energía.....	29
Energías No Renovables.....	29
Energías Renovables .....	30
NEC.....	31

Nomenclatura NEMA.....	32
Bomba de Aire .....	33
Accesorios Bombas de Aire.....	34
Instalación de un sistema de bomba de Aire.....	35
Tiras LED .....	36
LEDs por metro.....	37
Circuitos Tiras LED .....	37
Procedimiento para cortar y unir las Tiras LED .....	38
Temporizador.....	39
Energía Solar.....	40
Energía solar fotovoltaica .....	41
Sistemas fotovoltaicos aislados.....	42
Paneles Solares.....	42
Conexión de las Células.....	43
Tipos de Paneles Solares.....	44
Vida útil de los Paneles Solares .....	45
Reguladores.....	45
Características de tensión y corriente del regulador.....	49
Acumuladores .....	50
Procesos de carga de las baterías solares.....	55
Unidad de medida de las Baterías.....	57
Vida Útil de una Batería .....	57
Inventario Ecuaciones.....	58
PVGIS.....	60
Mantenimiento .....	61

Mantenimiento de los paneles solares .....	62
Mantenimiento de las baterías.....	62
Mantenimiento del regulador .....	63
Tipo de Averías en instalaciones fotovoltaicas.....	63
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>65</b>
Enfoque de investigación.....	65
Fuentes de información .....	65
Unidades de análisis .....	65
Procedimiento de Recolección y Análisis de Datos.....	67
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN .....</b>	<b>68</b>
Diseño Estructural.....	70
Cargas del Sistema .....	71
Bomba de Aire .....	72
Luminaria.....	74
Temporizador .....	75
Sistema Solar Fotovoltaico .....	76
Diagnóstico .....	77
Panel Solar .....	79
Ángulo de inclinación.....	84
Batería.....	84
Regulador de Carga.....	85
Interruptor Principal .....	86
Circuitos Ramales .....	87
Gabinete Nema.....	87
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>89</b>

Recomendaciones.....	90
CAPÍTULO VI: PROPUESTA .....	93
REFERENCIAS.....	97
1. Referencias.....	97
APÉNDICES Y FIGURAS .....	100
Apéndice A. Datos Radiación Solar del Instituto Meteorológico Nacional. ....	100
Apéndice B. Datos PVGIS. ....	101
Apéndice C. Fichas Técnicas Paneles Solares. ....	102
Apéndice D. Ficha Técnica Batería Solar Victron Energy BAT12550084.....	104
Apéndice E. Ficha Técnica Regulador de Carga Victron Energy Smart Solar MPPT 75/10..	105
Apéndice F. Ficha técnica de las Bombas de Aire.....	107
Apéndice G. Aprobación de la Bomba por parte de la Microbióloga de la cooperativa. ....	110
Apéndice H. Ficha Técnica Temporizador THC-15A. ....	110
Apéndice I. Ficha Técnica de las Tiras LED. ....	112
Apéndice J. Artículos referenciados del NEC. ....	112
Apéndice K. Emisiones por gas y sector en Costa Rica.....	114
Apéndice L. Programas de diseño utilizados en la Investigación.....	114
Apéndice M. Prototipo del Smarttree.....	116

## Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Indicadores índices calidad del aire.</i> .....	21
Tabla 2. <i>Comparativa entre los Paneles Solares de Silicio.</i> .....	44
Tabla 3. <i>Secuencia de carga y descarga en acumuladores.</i> .....	52
Tabla 4. <i>Operaciones de mantenimiento en paneles.</i> .....	62
Tabla 5. <i>Operaciones de Mantenimiento en Baterías Solares.</i> .....	62
Tabla 6. <i>Mantenimiento en reguladores.</i> .....	63
Tabla 7. <i>Matriz de conceptualización: Investigación con planteamiento metodología en Enfoque Cuantitativo.</i> .....	65
Tabla 8. <i>Cálculo ciclos de trabajo de la bomba.</i> .....	74
Tabla 9. <i>Radiación Promedio mensual del Año 2020-2021 en MJ/m<sup>2</sup>.</i> .....	78
Tabla 10. <i>Radiación Solar Promedio Mensual en HSP (año 2020-2021).</i> .....	78
Tabla 11. <i>Inventario de las cargas del sistema.</i> .....	80
Tabla 12. <i>Consumo energético de la estructura por hora del día.</i> .....	81
Tabla 13. <i>Potencia necesaria del panel por mes.</i> .....	82
Tabla 14. <i>Factor de Corrección Panel Solar.</i> .....	83
Tabla 15. <i>Ángulo de Inclinación.</i> .....	84
Tabla 16. <i>Comparativa Baterías.</i> .....	85
Tabla 17. <i>Verificación del Regulador MPPT 75/15.</i> .....	86
Tabla 18. <i>Dimensiones de los elementos.</i> .....	87
Tabla 19. <i>Amperaje consumido por carga.</i> .....	93
Tabla 20. <i>Inventario de elementos del sistema.</i> .....	94
Tabla 21. <i>Costos finales estimados por estructura.</i> .....	95

## Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i> Mitigación de CO <sup>2</sup> estimada al mes por recipiente. ....	16
<i>Figura 2.</i> AQI de Costa Rica. ....	23
<i>Figura 3.</i> Spirulina platensis LMPA55, aumento: 40x. ....	25
<i>Figura 4.</i> Curvas de crecimiento de S. platensis a distintas intensidades de luz.....	26
<i>Figura 5.</i> Efecto de distintas intensidades de luz sobre la producción de biomasa de S. platensis. .....	26
<i>Figura 6.</i> Proceso producción biomasa microalgar. ....	27
<i>Figura 7.</i> Edificio BIQ, en Hamburgo, abastece parte de su consumo energético a través de paneles que contienen microalgas. ....	29
<i>Figura 8.</i> Curva de la población global a lo largo del último millón de años en correlación con la curva de emisión de CO <sup>2</sup> . ....	30
<i>Ilustración 9.</i> Código Eléctrico Nacional 2014. ....	31
<i>Figura 10.</i> Ficha de Bomba de Aire Comercial AquaMiracle con sus principales características. .....	33
<i>Figura 11.</i> Válvula Anti-retorno para Acuario. ....	35
<i>Figura 12.</i> Distribuidor de Aire de 8 salidas. ....	35
<i>Figura 13.</i> Rollo de tiras LED 5m para Exteriores. ....	36
<i>Figura 14.</i> Dos tiras LED a una fuente de alimentación. ....	37
<i>Figura 15.</i> Conexión en serie con 2 drivers para evitar caída de tensión. ....	38
<i>Figura 16.</i> Tiras LED, conexión en Paralelo. ....	38
<i>Figura 17.</i> Temporizador programable semanal THC15A. ....	40
<i>Figura 18.</i> Energía Solar. ....	40
<i>Figura 19.</i> Estructura de una Célula Solar. ....	41
<i>Figura 20.</i> Esquema de un sistema fotovoltaico aislado. ....	42
<i>Figura 21.</i> Estructura de una célula solar. ....	43
<i>Figura 22.</i> Regulador en Paralelo (Izquierda) y Regulador en serie (Derecha). ....	46
<i>Figura 23.</i> Descripción de un regulador en serie. ....	47
<i>Figura 24.</i> Regulador Blue Solar MPPT. ....	48
<i>Figura 25.</i> Regulador Blue Solar PWM. ....	49
<i>Figura 26.</i> Batería solar de 12V en una configuración de 6 celdas en serie de 2V. ....	51

<i>Figura 27.</i> Batería solar de Gel 12-90 (12V-90Ah).....	54
<i>Figura 28.</i> Batería AGM 12-110 (12V-110Ah). ....	55
<i>Figura 29.</i> Etapas de carga de una batería. ....	57
<i>Figura 30.</i> Vida útil en ciclos y profundidad de descarga en baterías estacionarias. ....	58
<i>Ilustración 31.</i> Proceso obtención de datos mediante PVGIS.....	61
<i>Figura 32.</i> Vista Frontal de la Estructura Smartree.....	68
<i>Figura 33.</i> Vista Lateral de la Estructura Smartree. ....	69
<i>Figura 34.</i> Vista Superior de la Estructura Smartree.....	69
<i>Figura 35.</i> Diagrama unifilar para el diseño interno de la estructura Smartree. ....	71
<i>Figura 36.</i> Compresor de aire BOYU ACQ-910.....	73
<i>Figura 37.</i> Conexión de las tiras LED recomendada.....	75
<i>Figura 38.</i> Diagrama de conexiones del THC-15A.....	76
<i>Figura 39.</i> Radiación Solar Promedio en HSP.....	79
<i>Figura 40.</i> Consumo diario del Sistema (W/h). ....	82
<i>Figura 41.</i> Consumo Total del Sistema (W). ....	82
<i>Figura 42.</i> Ah consumidos por hora. ....	93
<i>Figura 43.</i> Diagrama eléctrico del sistema.....	95

**Índice de Ecuaciones**

Ecuación 1. Ley de Ohm .....	58
Ecuación 2. Consumo Energético .....	58
Ecuación 3. Conversión Hora Solar Pico. ....	59
Ecuación 4. Promedio. ....	60
Ecuación 5. Potencia Panel Solar.....	60
Ecuación 6. Potencia Panel Solar aplicando el factor de corrección. ....	60
Ecuación 7. Días de Autonomía. ....	60

## Dedicatoria

*No puedo explicar lo afortunado que me siento de poder compartir este momento contigo, a ti te quiero dedicar esta victoria, ya que jamás hubiera podido conseguirlo sin todo el cariño, confianza y seguridad que depositaste en mí desde el día uno.*

*Finalmente estamos aquí, en el momento que tanto hemos anhelado, lo hemos conseguido como un equipo y confío que así seguiremos hasta que Dios nos dé la oportunidad.*

*De corazón mi querida madre te doy gracias por todo lo que has hecho por mí, te quiero un montón.*

## Agradecimientos

*Primero que nada a Dios por acompañarme en cada paso que di y darme fortaleza en los momentos más difíciles.*

*A mi familia y amigos, a mis hermanas por haber confiado en mí y haberme motivado a seguir adelante.*

*A mi profesor tutor Adolfo Echandi Arias por su paciencia, disponibilidad y todos los consejos que han sido de sumo provecho en la elaboración de esta tesis.*

*A COOPEAGIR por haberme abierto las puertas, a Doña Marielos y a Mariel Obando por su disponibilidad, a Don Tomás y a mi hermana Karla los cuáles fueron el puente para conocer del proyecto del Smartree.*

*A la institución de CONAPE por brindarme la oportunidad de estudiar, y a Don Luis Azofeifa por toda la ayuda brindada.*

*A todos mis compañeros/as y profesores de la Universidad Internacional de las Américas, personas excelentes con las cuales me alegra haber compartido esta travesía, espero el día de mañana podamos encontrarnos nuevamente, esta vez como compañeros de trabajo.*

## Resumen

El avance tecnológico que se ha presentado a lo largo de los años sin duda ha sentado una base en la sociedad que vivimos, han hecho nuestra vida mucho más sencilla, pero lamentablemente también han dejado cicatrices en nuestro planeta, hoy podemos ver cómo estas cicatrices están empezando a pasarnos factura, afortunadamente aún estamos a tiempo de sanarlas, con concientización, pequeñas acciones como pueden ser el reciclaje a grandes y ambiciosas como puede ser el reemplazo total de los combustibles fósiles, en este proyecto se abarca una idea que demuestre la compatibilidad de un desarrollo tecnológico con la responsabilidad ambiental en Costa Rica.

El nombre del producto se define como Smarttree (o bien, árbol inteligente), y busca ofrecer una reforestación artificial alrededor de todo el país, brindando un aire más limpio en áreas urbanas y una regulación en la emisión de CO<sub>2</sub>, todo esto es posible gracias a unos microorganismos fotosintéticos conocidos como microalgas.

El presente estudio se realizará en la cooperativa COOPEAGIR R.L., en la zona del Tejar del Guarco, en Cartago, en el mismo se desarrollará un análisis de implementación que brinde a la cooperativa una guía a la hora de escoger estratégicamente los componentes electromecánicos del sistema, permitiendo una mejora en el rendimiento, así como un beneficio económico en su producción.

Según los requisitos del Smarttree, el sistema deberá contar con una máquina hidráulica que permita el movimiento del fluido en los recipientes de microalgas, un sistema de iluminación y un temporizador digital que configure las horas de encendido y apagado de los según se requiera.

Una vez se determina el consumo total de las cargas se diseñará un sistema solar fotovoltaico, estimando un módulo solar, una batería y un regulador de carga, se analizarán las diferentes zonas en donde se contempla instalar el producto con las horas solar pico mediante los datos del Instituto Meteorológico Nacional.

Finalmente se realizará el diseño final con la justificación de la solución electromecánica y una estimación del costo del diseño por estructura.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### **Planteamiento del Problema**

¿Qué dispositivos electromecánicos en el mercado cumplen con las necesidades del generador de oxígeno y cómo podemos implementarlos de tal modo que resulten en un diseño sencillo que facilite la producción a la Cooperativa?

### **Objetivo General**

Analizar el prototipo del generador de oxígeno basado en microalgas con el fin de diseñar una propuesta electromecánica sencilla de bajo consumo que cumpla con los requerimientos del cliente y optimice los costos en la producción.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar las carencias electromecánicas del sistema.
- Diseñar el sistema de cargas electromecánicas aisladas a la red eléctrica para el generador de oxígeno de acuerdo con las limitantes del proyecto.
- Recomendar una serie de prácticas de mantenimiento según lo investigado que permita a la cooperativa optimizar el ciclo de vida útil de cada uno los componentes del sistema.
- Estimar los costos de cada componente tomado en consideración que permita a la cooperativa evaluar la implementación de este diseño en su sistema.

## **Justificación**

Luna (2007) y García (2014), denominan a las microalgas como microorganismos unicelulares (una sola célula) que contienen clorofila y otros pigmentos y que les permite fotosintetizar. Estas microalgas fueron las responsables de oxigenar nuestra atmósfera primitiva, lo que permitió el desarrollo de la vida actual.

Por medio de la fotosíntesis estos microorganismos convierten la luz del sol en energía química que les permite realizar los procesos metabólicos para poder vivir. Uno de los procesos más importantes y energéticamente demandantes que las microalgas llevan a cabo, a diario, es la fijación del carbono ambiental ( $\text{CO}_2$ ). Este dióxido de carbono lo utilizan para poder introducir dentro de la célula elementos (i.e: nitrógeno, fósforo, y azufre), así como para generar moléculas complejas que necesita el organismo (i.e: aminoácidos, carbohidratos, ácidos grasos) para “crecer” es decir sobrevivir y reproducirse (García, 2014).

Entonces las microalgas son un sistema biológico eficiente para usar energía solar y así poder producir materia orgánica mediante la fijación de carbono. Ya que las microalgas crecen más rápido que las plantas terrestres y es posible obtener mayores rendimientos anuales de biomasa (células) (Luna, 2007; Lupatini et al., 2017). Específicamente, Sáez (2017) menciona que las microalgas absorben  $\text{CO}_2$  10 veces más rápido que las plantas y producen el 75% del oxígeno de nuestro planeta.

Por lo tanto las estructuras denominadas Smartree presentan la oportunidad de cultivar estos microorganismos en zonas con alta exposición a contaminación por  $\text{CO}_2$  para así absorber estos gases y ayudar en la mitigación del efecto invernadero.

Cada una de las estructuras cuenta con 9 cilindros donde se van a mantener en cultivo 13.7 litros de microalgas que debe ser renovado/cosechado una vez al mes.



Figura 1. Mitigación de CO<sup>2</sup> estimada al mes por recipiente.

Fuente: Obtenido de COOPEAGIR R.L.

A partir de estos cultivos se prevé obtener 1 gramo de microalgas por cada litro al mes, y cada gramo de microalgas puede llegar a absorber 1.83 gramos de CO<sub>2</sub> (Boffill-Rodríguez, García-Rodríguez, & Castellanos-Estupiñán, 2012; Hernández & Castellanos, 2017). Por lo tanto, cada estación va a absorber en un mes 225 gramos de CO<sub>2</sub> y en un año una sola estación llegará a mitigar 2.7 kg de CO<sub>2</sub>. Por lo que su cultivo es una opción viable para paliar el problema de la acumulación dióxido de carbono, por el rápido crecimiento del alga en comparación al crecimiento de un árbol y su alta absorción. (Fuente: Obtenido de COOPEAGIR R.L)

## Antecedentes

### Antecedente No.1

Título: Eliminación de CO<sub>2</sub> con microalgas autóctonas.

Autora: Lorena Martínez García.

Institución: Universidad de León, España.

Año: 2009.

La autora de esta tesis Lorena Martínez García plantea el problema del aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera el cual supone un problema ambiental y económico a nivel mundial, ante esta incógnita se presenta la biofijación de CO<sub>2</sub> con microalgas como una alternativa natural y respetuosa con el medio ambiente.

Un aspecto fundamental del fenómeno de la fotosíntesis es que todos los fotones captados son finalmente absorbidos por el centro de reacción de la clorofila, que tiene el máximo de 42,1 Kcal por mol de fotones. Asumiendo el caso más optimista, (8 moles de fotones por mol de CO<sub>2</sub>) y que el producto es un carbohidrato (114 kcal/mol de carbono fijado), la máxima eficiencia fotosintética posible es del 34%.

Sin embargo, hay una serie de factores que impiden que se alcance esta eficiencia, como que (*Benemann, 1992*):

- Solo el 43% de la energía solar llega con una longitud de onda que puede ser absorbida por el aparato fotosintético.
- Es probable que se necesiten más de 8 fotones por mol de CO<sub>2</sub>.
- No todos los fotones incidentes pueden ser absorbidos por el aparato fotosintético: alrededor de 10-20% son reflejados o absorbidos por otros componentes inactivos.
- La productividad global debe tener en cuenta el gasto energético en la respiración, en el mantenimiento de la célula, reproducción, etc.

El anterior estudio será utilizado de referencia de modo que los diferentes conceptos tratados en el mismo sean de provecho en la elaboración de esta tesis, Se deberán tener en cuenta las constantes anteriormente mencionadas a la hora de trabajar con el cálculo de la eficiencia del proceso de la fotosíntesis para las microalgas.

## **Antecedente No.2**

Título: Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica en una vivienda aislada.

Autor: Pedro López Ruiz.

Institución: Universitat Rovira I Virgiri, España.

Año: 2015.

La tesis del autor Pedro López Ruiz propone un diseño de sistema fotovoltaico como una alternativa para una casa rural que debido a la ubicación de la zona presenta dificultades a la hora de entregar suministro eléctrico de manera habitual, en la presente tesis se encuentran los cálculos y estudios a tener en cuenta para evaluar la factibilidad de un proyecto de sistema fotovoltaico.

Para la realización de un proyecto fotovoltaico se siguieron los siguientes pasos:

- Determinar las necesidades energéticas de la vivienda. Determinación de los tipos de receptores y consumo.
- Determinación de los datos de irradiación de la zona. Se muestra una comparativa de dos fuentes diferentes para remarcar las diferencias que pueden haber en los datos obtenidos.
- Exposición de las principales características de los componentes de la instalación solar.
- Descripción de las soluciones basadas en la incorporación de nuevos equipos que permitan aumentar la eficiencia de la instalación. Se definirán las funcionalidades que debería tener el **sistema de control**.
- Se determinará la solución más idónea para una vivienda considerando la información de los puntos anteriores y los cálculos correspondientes incluidos en la memoria de cálculo. Esto abarca la determinación del criterio a seguir para el dimensionamiento de la instalación y la determinación de los principales componentes de la instalación.
- Se extraerán las principales conclusiones del presente proyecto.
- Determinación de las condiciones facultativas y técnicas necesarias para la ejecución del proyecto, que se incluirán en el pliego de condiciones.

El anterior estudio será utilizado a modo de referencia para conocer los factores a tener en cuenta para realizar la instalación de un sistema solar fotovoltaico aislado, así mismo se tomará de referencia la hoja de cálculo correspondiente para realizar los cálculos que correspondan.

### **Antecedente No.3**

Título: Microrred con energías renovables para base Crestones.

Autores: Angie Torres Salas.

Institución: Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica.

Año: 2019.

La presente tesis plantea un análisis mixto de energías renovables, abarcando estudios en energía eólica y fotovoltaica con el fin de suministrar electricidad a los albergues en Base Crestones ubicado en el cerro Chirripó.

De acuerdo al estudio anterior se tomarán como referencias los diferentes cálculos realizados para la implementación de un sistema solar fotovoltaico, la fuente de datos de la que se obtienen los valores de radiación global es gracias a la base de datos del Instituto Meteorológico Nacional.

#### **Antecedente No.4**

Título: Influencia de la luz sobre la producción y la composición de la biomasa microalga de *Spirulina platensis* LMPA55.

Autora: Paola Álvarez.

Institución: Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires, Argentina.

Año: 2018.

La cianobacteria *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis* es una microalga con gran potencial biotecnológico, no solo porque permite su utilización como biomasa, dado su gran valor nutritivo, sino también porque puede ser utilizada para la obtención de varios productos de interés como vitaminas, clorofila, carotenoides, ficocianina, etc.

La autora de esta tesis enfoca en el análisis de la influencia de la intensidad de la luz, de los fotoperiodos y de distintas longitudes de onda sobre la producción de biomasa y la composición bioquímica de la microalga *Spirulina platensis* LMPA55, con especial énfasis en la obtención de pigmentos, los cuales tienen particular interés biotecnológico.

Para efectos de nuestra tesis es necesario conocer el comportamiento de la *Spirulina* en diferentes situaciones, para así aprovechar al máximo el rendimiento del sistema, por lo que la presente tesis será usada a modo de referencia para conocer la respuesta que tiene la microalga con respecto a la luz solar, oscuridad e incluso luz azul.

#### **Antecedente No.5**

Título: Producción de biomasa de microalgas rica en carbohidratos acoplada a la eliminación fotosintética de CO<sub>2</sub>.

Autor: Rafael García Cubero.

Institución: Universidad de Sevilla, España.

Año: 2014.

En este trabajo de investigación el autor Rafael García Cubero nos brinda información abundante en el concepto de las microalgas, siendo una investigación anterior al tema la

podemos tomar como referencia para abarcar la indagación necesaria del tema de las microalgas en nuestra tesis.

### **Limitaciones**

La limitante principal con la que se desarrollará este proyecto es el contexto financiero del mismo, es importante tomar en cuenta en todo momento el impacto que puede tener realizar un cambio en el diseño del prototipo, el objetivo siempre será reducir costos de producción, no incrementarlos.

Para este proyecto todas las cargas se buscan trabajar a 12VDC, esto nos permita evitar la inclusión de un inversor solar al sistema, induciendo a una mitigación en los costos y permite un diseño más sencillo de cara a la cooperativa.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.**

### **Introducción al Sistema**

La cooperativa COOPEAGIR R.L., en Costa Rica es una cooperativa medioambiental, en donde buscan siempre el desarrollo de productos innovadores y que aporten un beneficio al medio ambiente.

El proyecto que abarcará este trabajo de investigación se llama “Smartree”, se define como un árbol inteligente que aprovecha la capacidad de las micro algas para efectuar el proceso de la fotosíntesis (es decir transforma dióxido de carbono en oxígeno), el objetivo que tiene es la “reforestación artificial”, al poder simular el comportamiento de un árbol pero de manera artificial nos presenta una versatilidad para poder instalar uno de estos en cualquier lugar del país, su foco principal serán áreas urbanas donde existe mucha concentración de CO<sub>2</sub> y el alcance para poder plantar árboles de manera natural es limitado.

Con esta propuesta se espera dar un impacto al calentamiento global y permitir un aire más limpio gracias a la mitigación de CO<sub>2</sub> mejorando así la calidad de vida de los ciudadanos de Costa Rica, asimismo aportar nuestro granito de arena a la meta del 2050 para una Costa Rica 100% carbono neutral.

### **Calidad del aire**

Los factores que afectan de manera directa e indirecta a la calidad del aire son diversos. Por ejemplo, en esta calidad influyen drásticamente las variables meteorológicas que condicionan la dispersión y las reacciones químicas de los elementos presentes en la atmósfera. La temperatura, la humedad, los vientos, las precipitaciones, la radiación solar y la

presión atmosférica desempeñan un papel fundamental en el proceso de medición del aire que respiramos.

Para conocer cómo se mide la calidad del aire se deben tener en cuenta, a su vez, varios elementos contaminantes básicos que son aquellos que detectan las estaciones de vigilancia:

- Monóxido de azufre (SO)
- Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Partículas totales en suspensión (PST)

Gran parte de las grandes ciudades ofrecen de manera abierta, pública y diaria los índices de calidad del aire y la contaminación atmosférica. O también se puede consultar el mapa interactivo del World Air Quality Index (<https://waqi.info/es/#/c/8.705/46.02/2.2z>), que ofrece información de un gran número de países a tiempo real. (Fundación Aequae, s.f.)

#### **El índice de calidad del aire (AQI).**

Para conocer el proceso de medición de la calidad del aire, también es importante conocer el AQI, el valor índice de la calidad del aire. Este índice notifica de manera diaria el grado de pureza o contaminación atmosférica y los efectos para la salud. (Fundación Aequae, s.f.)

En la tabla 1 se observan los indicadores de los índices de calidad del aire (AQI) que van desde 0 hasta 500, como se puede observar entre menor sea el AQI mayor es la calidad del aire en la zona, los valores mayores a 150 pueden ser preocupantes ya que influyen de manera negativa a la salud del ser humano.

**Tabla 1**

*Indicadores índices calidad del aire.*

<b>AQI</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>IMPLICACIONES PARA LA SALUD</b>	<b>DECLARACIÓN DE ADVERTENCIA</b>
0-50	Bueno.	La calidad del aire se considera satisfactoria y la contaminación del aire representa poco o ningún riesgo.	Ninguna.

50-100	Moderado.	La calidad del aire es aceptable, sin embargo, para algunos contaminantes puede haber un problema de salud moderado para un número muy pequeño de personas que son inusualmente sensibles a la contaminación del aire.	Los niños y adultos activos y las personas con enfermedades respiratorias, como el asma, deben limitar la exposición prolongada al aire libre.
100-150	No es saludable para grupos sensibles.	Los miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos para la salud. El público en general no es probable que sea vea afectado.	Los niños y adultos activos, y las personas con enfermedades respiratorias, como el asma, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
150-200	Insalubre	Todos pueden comenzar a experimentar efectos en la salud; los miembros de grupos sensibles pueden experimentar efectos de salud más graves.	Los niños y adultos activos, y las personas con enfermedades respiratorias, como el asma, deben evitar el esfuerzo prolongado al aire libre; todos los demás, especialmente los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.

200-300	Muy poco saludable	Advertencias sanitarias de emergencia. Existe la posibilidad que la población entera se vea afectada.	Los niños y adultos activos, y las personas con enfermedades respiratorias, como el asma, deben evitar todo esfuerzo al aire libre; todos los demás, especialmente los niños, deben limitar el esfuerzo al aire libre.
300-500	Peligroso	Alerta de salud: todos pueden experimentar efectos de salud más graves.	Todos deberían evitar todo esfuerzo al aire libre.

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

En la figura 2 podemos observar que en Costa Rica somos afortunados de contar con un índice de calidad del aire que se considere “bueno”, eso quiere decir que exponernos al aire del país no presentará ningún tipo de riesgo para la salud, el alcance del Smartree es en primera instancia Costa Rica, sin embargo dependiendo del análisis de resultados que se presenten en su implementación se puede valorar la comercialización del producto internacionalmente a países con un índice AQI mucho mayor.



Figura 2. AQI de Costa Rica.

Fuente: Obtenido de (<https://waqi.info/>).

*Nota.* Obtenido el 24 de octubre de 2021 a las 16 horas.

Otra desventaja que presenta este tipo de energías es el impacto en la atmósfera debido al alta de emisión de CO<sub>2</sub> que produce la combustión de los combustibles fósiles, el calentamiento global, la lluvia ácida y la contaminación atmosférica. El calentamiento global aparentemente deriva de la emisión de gases con efecto invernadero producido por la combustión de combustibles fósiles, mientras que la lluvia ácida se asocia a otros productos de la combustión, como el SO<sub>2</sub> o los óxidos de nitrógeno. Como se puede observar en la Figura 8 el crecimiento en la población humana tiene una relación directa con la emisión de gases producida por las diferentes actividades necesarias por el ser humano.

### **Proceso fijación CO<sub>2</sub>.**

La fijación fotosintética del CO<sub>2</sub> atmosférico en plantas y árboles juega un papel fundamental para mantener el nivel de este gas en la atmósfera. De hecho, se cree que la deforestación es en parte responsable del aumento del CO<sub>2</sub> y que la reforestación podría ser una solución al problema del efecto invernadero. Es difícil evaluar la cantidad de CO<sub>2</sub> que puede fijar una masa forestal o un cultivo y por eso se están llevando a cabo numerosos estudios por todo el mundo. Investigaciones preliminares (Dang y Steingerg, 1980 citados por Martínez, 2009) estimaron que una superficie de 1000 km<sup>2</sup> de árboles de crecimiento moderado es suficiente para fijar el CO<sub>2</sub> producido anualmente por una central térmica de carbón de 1000 MW, a lo largo de toda su vida útil.

Otra vía biológica para la reducción de CO<sub>2</sub> atmosférico es la llevada a cabo por los organismos acuáticos, especialmente los microorganismos. En este caso nos encontramos con organismos fotosintéticos, como (macro-) algas y microalgas, que fijan CO<sub>2</sub> en forma de biomasa, o como los cocolitoforos, que además lo incorporan como carbonato cálcico a su estructura microscópica, quedando así retenido en las profundidades marinas.

Sin embargo, solo las microalgas son adecuadas para la eliminación directa del CO<sub>2</sub> en gases de combustión, porque son los únicos organismos capaces de utilizar altas concentraciones de este gas (Benemann, 1992 citado por Martínez, 2009) y de adaptarse a ambientes extremos (temperatura, salinidad, pH, etc.). Por otro lado, el pequeño tamaño de estos seres fotosintéticos y su alta relación superficie/volumen permite una fácil y rápida difusión de nutrientes y CO<sub>2</sub> desde el seno del medio de cultivo hasta la célula, reduciendo,

además, el gasto energético de agitación y posibilitando cultivos de alta densidad. (Watanabe, 1992 citado por Martínez, 2009, p.13).

“En España, una persona emite una media de 7,15 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente al año. Esto varía mucho en función del estilo de vida de cada persona (alimentación, transporte, vivienda, etc.).

Aunque su capacidad de absorción de carbono puede variar, se puede considerar que un árbol almacena unos 167 kg de CO<sub>2</sub> al año, o 1 tonelada de CO<sub>2</sub> al año para 6 árboles maduros” (Garret, 2021).

### Microalgas



Figura 3. Spirulina platensis LMPA55, aumento: 40x.

Fuente: Adaptado de (Alvarez, 2018).

Nota: Tipo de Microalga utilizada en el sistema de Smartree.

García (2014) nos da una definición concisa sobre lo que debemos entender por microalgas, son organismos microscópicos, con clorofila  $\alpha$ , que realizan fotosíntesis oxigénica y sin diferenciación en raíces, tallo y hojas. Incluyen tanto a microorganismos eucariotas (clasificados tradicionalmente según sus pigmentos fotosintéticos en rodofitas, clorofitas, dinofitas, crisofitas, prymnesiofitas, bacillariofitas, xantofitas, eustigmatofitas, raphidofitas y feofitas) como a procariotas (cianobacterias y proclorofitas) distribuidos por todos los hábitats terrestres y acuáticos (Richmond, 2004 citado por García, 2014). Estos microorganismos fueron los responsables del cambio en la composición de la atmósfera primitiva hace unos 3500 millones de años, aumentando el nivel de oxígeno, originando una atmósfera rica en este gas, que ha permitido el desarrollo de la vida tal como la conocemos

(Demirbas y Demirbas, 2010 citados por García 2014). Son responsables de al menos la mitad de la productividad primaria del planeta. (p.37)

### Efectos intensidad de la luz artificial sobre las microalgas.

Las microalgas mitigan carbono tanto con luz natural o artificial, el potencial es mayor si se encuentran en un cuerpo de agua, (Alvarez, 2018) nos muestra los resultados de una investigación relacionada a la incidencia de luz tipo LED realizada en un bio-reactor a la microalga de tipo Spirulina los cuales podemos observar en las siguientes figuras. (p.63)

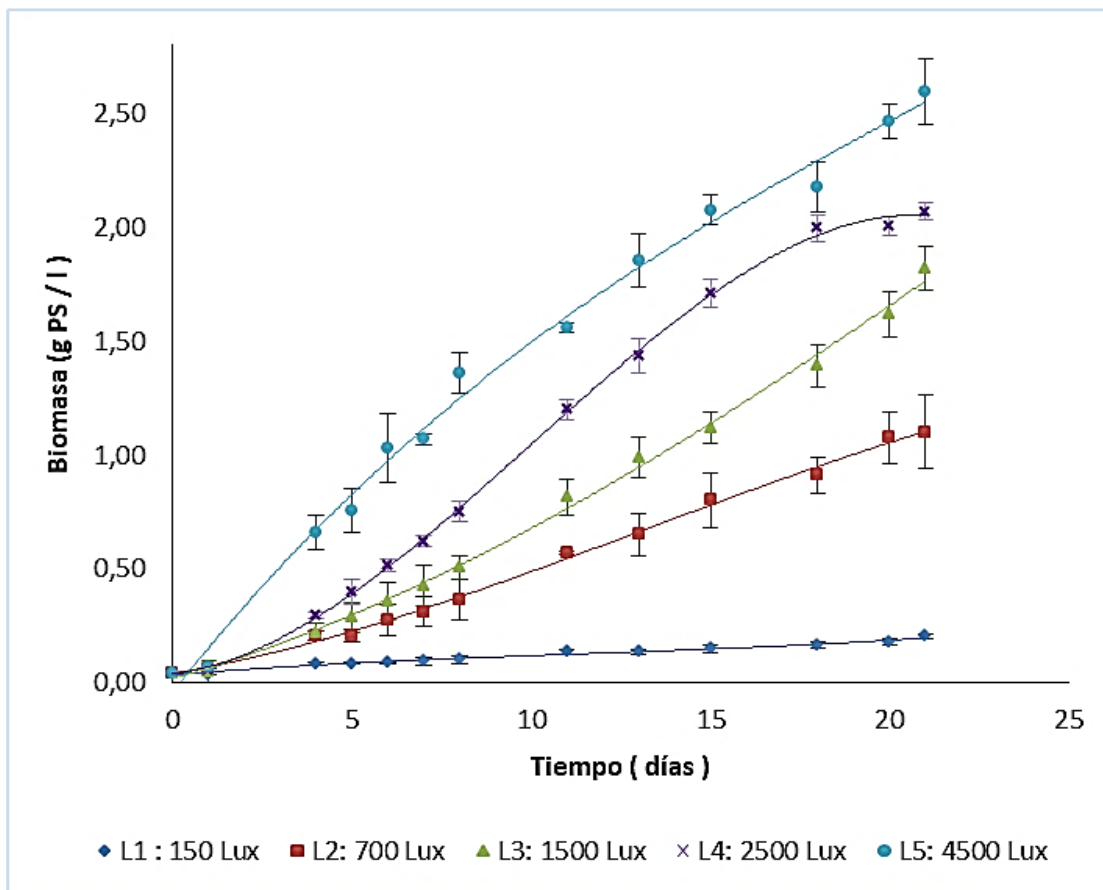


Figura 4. Curvas de crecimiento de S. platensis a distintas intensidades de luz.

Fuente: Obtenido de (Alvarez, 2018).



Figura 5. Efecto de distintas intensidades de luz sobre la producción de biomasa de S. platensis.

Fuente: Obtenido de (Alvarez, 2018).

Se destaca que el comportamiento de las microalgas varía en función de los lux incididos sobre las mismas, como observamos a mayor lux mayor será su biomasa generada por tanto mayor será la mitigación de carbono.

### **Biomasa Microalgar.**



Figura 6. Proceso producción biomasa microalgar.

Fuente: Obtenido de (AlgaEnergy, 2022).

La luz es el nutriente que proporciona la energía a las microalgas para que puedan llevar a cabo la generación de nueva biomasa y es por tanto el motor del crecimiento. La luz es siempre el nutriente limitante en un fotobiorreactor bien diseñado, ya que los demás nutrientes se pueden añadir en exceso. Sin embargo, la luz es limitada y además es difícil hacerla penetrar en el fotobiorreactor.

Las microalgas son organismos con un potencial que está siendo explorado a lo largo de los últimos años pero que ha dado muy buenos resultados. La biomasa de microalgas puede ser utilizada en la fertilización y acondicionamiento de suelos para uso agrícola, en la detección de contaminantes y evaluación de ecotoxicidad, en la depuración de aguas

residuales y gases contaminantes y fundamentalmente, en la generación fotosintética de productos de interés agrícola, alimentario, industrial y energético. (García, 2014, pp.35-36)

En el contexto energético tenemos dos principales exponentes, la primera es el aprovechamiento de la biomasa generada por las microalgas para ser utilizada en la producción de biocombustibles por medio de bio-refinerías.

La otra forma de obtener energía de las microalgas consiste en capturar el intercambio de electrones que se produce cuando realizan la fotosíntesis para así generar electricidad. Utilizando este proceso se han obtenido algunos logros relevantes, pero la tecnología que lo consiguiera todavía no está lo suficientemente desarrollada.

Sin embargo, en la ciudad de Hamburgo (Alemania) se construyó en 2013 el primer edificio del mundo que abastece parte de su consumo energético a través de paneles que contienen microalgas (Figura 7). Estos paneles de vidrio, situados en la fachada y con capacidad giratoria para orientarse hacia el Sol, se abastecen de CO<sub>2</sub> y nutrientes que favorecen la reproducción de las microalgas. El espectro de luz no absorbido por las algas durante la fotosíntesis se convierte en calor, que se utiliza para generar agua caliente para el edificio o para calentar el interior. Las microalgas sobrantes se recogen periódicamente y se envían a una instalación externa donde se fermentan para producir gas metano, que se quema para producir electricidad. (García P. , s.f.)



*Figura 7.* Edificio BIQ, en Hamburgo, abastece parte de su consumo energético a través de paneles que contienen microalgas.

*Fuente:* Obtenido de (García P. , s.f.).

## **Energía**

Cualquier alteración en la posición, propiedades, constitución o estado de un sistema determinado requiere la realización de un trabajo, el cual puede llevarse a cabo por aplicación sobre el sistema de fuerzas exteriores (viento, oleaje) o de fuerzas internas (una explosión). Según esto, los cuerpos tienen una cierta capacidad de realizar trabajo, que puede tener su origen en su constitución, en la posición que ocupan en un campo gravitatorio o eléctrico, o en su estado de movimiento. A esta capacidad de realizar trabajo que poseen los cuerpos, cualquiera que sea su causa, se le denomina energía. (González, 2009, p6)

La energía puede clasificarse según su fuente de obtención en energías de tipo renovable y no renovable.

### **Energías No Renovables.**

Se denominan energías no renovables al tipo de energía que se obtiene de fuentes agotables como el carbón, el gas natural y el petróleo. Y sus principales representantes son la energía fósil y la energía nuclear. Tal como su nombre lo indica son un recurso limitado, según la Comisión Europea se estima que para el año 2050 los combustibles fósiles se terminarán

agotando, es por eso que en los últimos años se han buscado diferentes alternativas para disminuir su uso.

“Los combustibles fósiles se forman mediante un proceso de descomposición parcial de la materia orgánica y restos vegetales. Este proceso de transformación dura millones de años y es consecuencia de la elevada presión y temperatura que varias capas de sedimentos ejercen sobre la materia orgánica” (Energía Solar, s.f.).

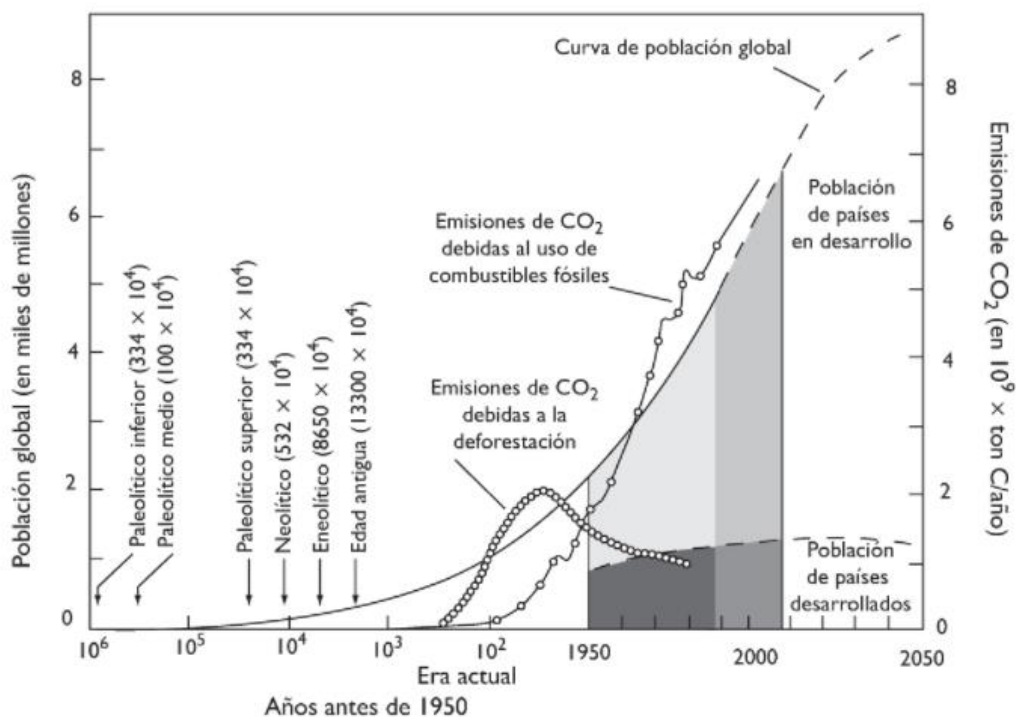


Figura 8. Curva de la población global a lo largo del último millón de años en correlación con la curva de emisión de CO<sup>2</sup>.

Fuente: Adaptado de (González, 2009, p.3).

### Energías Renovables

Las energías renovables también conocidas como energías verdes, energías limpias o alternativas corresponden a todo aquel tipo de energía considerada virtualmente infinita, ya sea por su gran cantidad de energía potencial o por sus fuentes de origen natural. Dentro de este tipo de energías se encuentran la energía solar, energía eólica, energía hidráulica, energía geotérmica y la biomasa.

“Llámesse energía renovable a todo aquel tipo de energía que se obtiene a partir de corrientes de energía continuas y recurrentes en el mundo natural” (*Twidell & Weir, 2015*).

A partir del año 1970 es cuando este tipo de energías se consideran como la alternativa para ayudar a resolver los problemas medio ambientales, de sostenimiento y sociales que nos generan las energías no renovables.

## NEC

NFPA 70®: NEC® 2014 cubre los últimos requisitos sobre cuestiones relacionadas con la instalación de equipos y cableado eléctricos, incluyendo las cláusulas mínimas para la utilización de conexiones, marcas de voltaje, conductores y cables. Los capítulos abordan circunstancias específicas en torno a ocupaciones especiales y equipos y maquinas industriales. Asimismo contiene información detallada específica sobre la instalación segura y utilización de los conductores de señalización y comunicaciones.

Todos los requisitos en el Código Eléctrico Nacional se confirman a través de un proceso riguroso de análisis, especificaciones, anotaciones y revisión, abarcativos. NEC se ha publicado desde 1897, y en ese entonces el código y su Manual del Código Eléctrico Nacional acompañante han sido sometidos a una reestructuración radical para reflejar las últimas tecnologías eléctricas y de cableado. (National Fire Protection Association, 2013).



Ilustración 9. Código Eléctrico Nacional 2014.

Fuente: Adaptado de (National Fire Protection Association, 2013).

En el artículo 690 del código eléctrico nacional (National Fire Protection Association, 2013, pp. 609-624) se estipulan una serie de recomendaciones y guías para instalaciones solares fotovoltaicas, este artículo será tomado como la principal referencia para el diseño de las protecciones del Smartree.

Todos los artículos que se tomarán como referencia para el diseño del sistema solar fotovoltaico de la estructura serán mencionados en la sección de apéndices.

### **Nomenclatura NEMA**

Separadamente de las protecciones eléctricas también debemos proteger el equipo ante factores de intemperie puesto que la estación del Smartree se planea instalar en exteriores, es por eso que se tomará como referencia la norma NEMA en cuanto a gabinetes de seguridad para proteger los elementos electromecánicos del sistema.

NEMA 250-2020 describe las especificaciones para brindar protección a los equipos cerrados contra condiciones ambientales específicas. El equipo eléctrico instalado bajo la guía de esta norma tiene una clasificación de 1000 voltios o menos y está diseñado para ser utilizado e instalado de una manera específica para su tipo.

Las clasificaciones de gabinetes NEMA varían en función de la disposición que se necesite, existen de uso en interiores o exteriores, para efectos de esta tesis nos interesa la tabla de clasificación gabinetes NEMA para uso en exteriores.

#### **NEMA 3:**

- Uso en interiores o exteriores para proporcionar un grado de protección al personal contra el acceso a piezas peligrosas.
- Para proporcionar un grado de protección del equipo dentro del gabinete contra la entrada de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo arrastrado por el viento)
- Para proporcionar un grado de protección con respecto a los efectos nocivos en el equipo debido a la entrada de agua (lluvia, aguanieve, nieve).
- Y eso no se verá afectado por la formación externa de hielo en el recinto.

#### **NEMA 3R:**

- Recintos construidos para uso en interiores o exteriores para proporcionar un grado de protección al personal contra el acceso a partes peligrosas

- Para proporcionar un grado de protección del equipo dentro del gabinete contra la entrada de objetos sólidos extraños (suciedad que cae)
- Para proporcionar un grado de protección con respecto a los efectos nocivos en el equipo debido a la entrada de agua (lluvia, aguanieve, nieve).
- Y eso no se verá afectado por la formación externa de hielo en el recinto.

### **NEMA 3RX:**

- Recintos construidos para uso en interiores o exteriores para proporcionar un grado de protección al personal contra el acceso a partes peligrosas.
- Para proporcionar un grado de protección del equipo dentro del gabinete contra la entrada de objetos sólidos extraños (suciedad que cae)
- Proporcionar un grado de protección con respecto a los efectos nocivos en el equipo debido a la entrada de agua (lluvia, aguanieve, nieve); que no sufrirá daños por la formación externa de hielo en el recinto
- Los gabinetes NEMA 3RX están diseñados con la misma resistencia a la corrosión que NEMA 4X, pero como no se requiere que sean herméticos al polvo, se pueden agregar rejillas y otras opciones de ventilación. (Arguello, 2021)

### **Bomba de Aire**



POWER	MAX FLOW	MAX PRESSURE	MANIFOLD OUTLET
18W	600GPH	0.02MPa	6
35W	1000GPH	0.027MPa	6
58W	1200GPH	0.028MPa	8
80W	1400GPH	0.03MPa	8
120W	1750GPH	0.032MPa	12

*Figura 10.* Ficha de Bomba de Aire Comercial AquaMiracle con sus principales características.

*Fuente:* Adaptado de (Amazon, s.f.).

Uno de los segmentos más importantes a tener en cuenta en el diseño del Smartree es aquel elemento que propicie un ligero movimiento a las microalgas que permita una mejor distribución de las mismas en el recipiente, esto nos ayuda a que reciban luz solar de manera más equitativa y logre un óptimo periodo de trabajo.

Existen diferentes tipos de mecanismos que se pueden emplear para esta tarea, al final necesitamos un movimiento pero que no sea demasiado brusco para evitar resentir a los microorganismos, es por eso que para este diseño se optó por un pequeño flujo de aire obtenido de una bomba de aire, también conocidos como motores aireadores o compresores de aire que se emplean sobretodo en el sector de acuarios y peceras.

Una bomba de aire o aireador, sirve básicamente para garantizarnos de que no exista una barrera que bloquee el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono en el acuario. Si se tienen muchos peces o plantas pueden influenciar en un indeseable volumen de CO<sub>2</sub>, que podría poner en peligro la vida de los habitantes del acuario. Este aparato aportará un buen equilibrio entre el aire y el dióxido de carbono.

#### **Accesorios Bombas de Aire**

Las bombas de aire vienen con una serie de accesorios, algunos incluidos o bien vendidos por separado, que intervienen en el resultado deseado para cada aplicación, dentro de la investigación se encontraron los 2 principales accesorios que podemos contemplar en la implementación de la bomba de Aire.

**Válvulas check:** También llamadas válvulas anti retorno, son un elemento de control comúnmente utilizado en diseños de redes de tuberías, su funcionamiento es sencillo, podemos definirlos como los diodos de los sistemas hidráulicos, estos regulan el paso del fluido en una sola dirección.

Estas válvulas también son utilizadas para los sistemas de bombas de aire, dependiendo de la instalación de la bomba, se recomiendan instalar una válvula en cada salida, para evitar que el flujo de agua pueda regresar a la salida de la bomba dañándola, las ventajas de este tipo de válvulas es la exigencia de poca presión para evitar restarle rendimiento al sistema.



Figura 11. Válvula Anti-retorno para Acuario.

Fuente: Obtenido de (Ideas Marinas, s.f.).

**Distribuidores de Aire:** Los distribuidores de aire son un elemento de control utilizado cuando se piensa instalar una bomba de aire que suministre un caudal a más de un acuario o pecera, estos distribuyen el flujo dependiendo de la cantidad de salidas que tenga el distribuidor, por ejemplo para un flujo de 600GPH, si instalamos un distribuidor de aire de 4 salidas para alimentar 4 peceras estaríamos distribuyendo 150GPH en cada salida.

También existen distribuidores de aire con válvulas de control que permiten regular el fluido que se está deseando en cada salida para alimentar peceras de diferente capacidad.



Figura 12. Distribuidor de Aire de 8 salidas.

Fuente: Obtenido de (Amazon, s.f.).

### **Instalación de un sistema de bomba de Aire**

Para instalar un sistema aireador de manera óptima en el blog mundo animal de Kiwoko nos recomiendan seguir los siguientes pasos:

1. Elegir el modelo adecuado.

2. Cortamos un tramo de la tubería de 20 centímetros y la conectamos al aireador, al lado contrario conectaremos la válvula anti retorno.
3. Conectamos al extremo contrario de la válvula anti retorno el resto de la tubería, y medimos cuanto necesitaremos de tubería antes de cortar.
4. El aireador/compresor se sitúa fuera del acuario. Nunca dentro.
5. Al extremo de la tubería que está conectada colocaremos la piedra difusora o la decoración animada, que debe estar lo más abajo posible para aprovechar a tope la inyección de aire.
6. Por seguridad, se apaga el sistema para comprobar que el agua no vuelve al dispositivo o haya pérdida. (Kiwoko, s.f.)

### Tiras LED



*Figura 13.* Rollo de tiras LED 5m para Exteriores.

*Fuente:* Esteren Costa Rica.

La tira Led es una placa flexible con diodos semiconductores que emiten luz (Led) montados sobre ella, esta placa flexible viene con un respaldo flexible. Suelen funcionar a 12 o 24V en corriente continua mediante una fuente de alimentación denominada driver.

**Estanqueidad:** El grado de Protección IP indica el grado de protección al polvo y el agua de las tiras LED. La tira de Led puede comercializarse sin grado alguno de estanqueidad IP20 o hasta con IP65 este grado nos indica que la tira admite chorros de agua en todas las direcciones.

Un juego de tiras LED nos aporta una serie de ventajas para la iluminación en el proyecto, la primera es su consumo, según grupo Novelec el consumo de las tiras se encuentra

en un rango de los 5W/m hasta los 25 W/m, la tensión de alimentación, las tiras LED funcionan a 12V lo cual nos permite mantenernos dentro de la limitante de mantener el diseño en corriente continua, estas mismas vienen en modelos para uso en interno o bien para intemperie, debemos tener en cuenta este factor antes de determinar el tipo de tira que conviene al diseño. (Grupo Novelec, 2021)

### LEDs por metro

La cantidad de LEDs por metro afecta directamente a la luminosidad y al consumo eléctrico. Por este motivo, antes de acometer la instalación es importante plantear el objetivo de iluminación para optar por un tipo de tiras u otros.

- 30 LEDs/metro: destinada a iluminación presencial y resaltar de forma tenue elementos muy concretos (Una mesa, un árbol, el perfil de un espejo por la parte trasera...)
- 60 LEDs/metro: para iluminación estándar. Es la cantidad perfecta para integrar en molduras, pasillos o barras de bares.
- 120 LEDs/metro: para exigencias lumínicas muy altas. Especialmente útil en iluminación exterior.

### Circuitos Tiras LED

Las tiras LED nos permiten configurarlas en serie o en paralelo, dependiendo del tipo de acabado que se les quiera dar, aquí el elemento que debemos tomar en cuenta es la caída de tensión, es importante no pasar de los 5 metros pues nos genera una caída de tensión que repercute en la luminosidad del tramo. A continuación el blog LEDBOX nos presenta ejemplos de configuraciones típicas de tiras led.

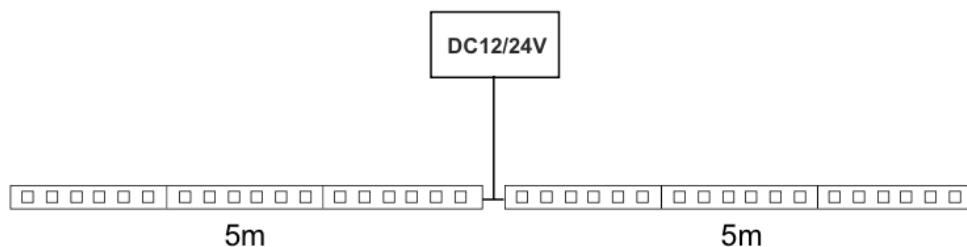


Figura 14. Dos tiras LED a una fuente de alimentación.

Fuente: Obtenido de (LED box, 2012).

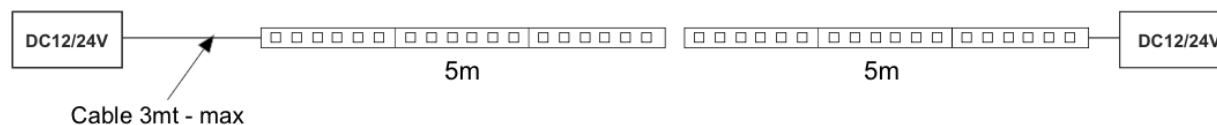


Figura 15. Conexión en serie con 2 drivers para evitar caída de tensión.

Fuente: Obtenido de (LED box, 2012).

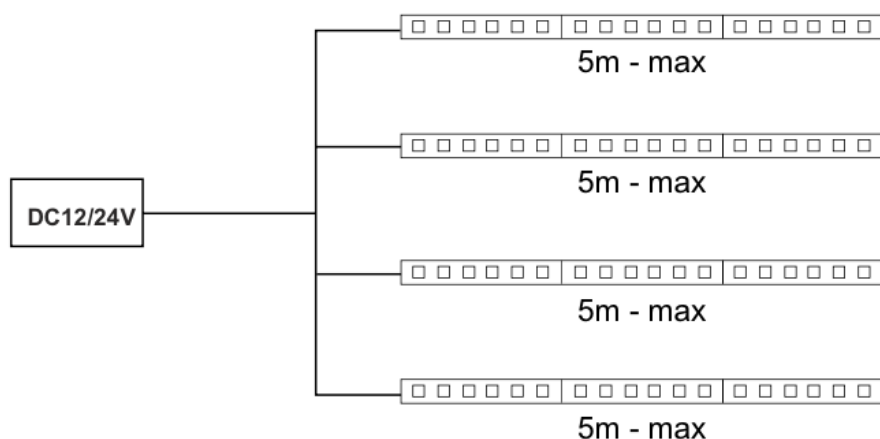


Figura 16. Tiras LED, conexión en Paralelo.

Fuente: Obtenido de (LED box, 2012).

### Procedimiento para cortar y unir las Tiras LED

¿Se pueden cortar las tiras LED? Esta es una pregunta que viene a la mente a la hora de dimensionar la distribución de las tiras sobre la estructura, hay que tener en cuenta que las tiras LED se venden en diferentes configuraciones por metro, por lo que dependiendo de su distribución en el sistema debemos contemplar la posibilidad de trabajar con tramos de tiras más pequeños a un metro por ejemplo. En Greenice nos explican cuál es el procedimiento para cortar y unir las tiras LED según el uso que le vayamos a dar.

1. Calcula y corta el tramo (solo si necesitas cortar) de tiras LED que necesites. Si vas a realizar un corte recuerda que, por regla general, las tiras en 12 VDC se pueden cortar cada 5 cm y cada 10 cm si son de 24 VDC. Generalmente, viene claramente indicado donde se puede hacer la separación.
2. Es necesario asegurarse de que el perfil donde se instalará la tira LED está limpio antes de pegarlas. A pesar de que no es obligatorio hacerlo en perfiles, sí que es muy recomendable que las tiras de LED se instalen en este tipo de piezas, eliminando la tentación de colocarlas directamente sobre madera o escayola.

3. Conecta la tira al transformador correspondiente siguiendo las instrucciones pertinentes. Necesitarás dos cables (rojo y negro) que conectarás con el signo + (+V) o - (-V) respectivamente. Posteriormente se debe conectar la fuente de alimentación a la red eléctrica. (Greenice, 2018)

Aparte del procedimiento también recomiendan vigilar que la instalación no supere los 10 a 15 metros ya que podría generar ciertos problemas relacionados a la caída de tensión.

### **Temporizador**

Los temporizadores son elementos universalmente utilizados para todo tipo de procesos, y hay una gran variedad de ellos, están los de tipo mecánico, tipo electrónico, de uso industrial como los PLC, y su funcionamiento consiste en abrir o cerrar circuitos eléctricos con contactos NC (Normalmente cerrados) o NO (Normalmente abiertos) en un periodo programable.

Para el diseño del Smartree es importante contemplar la implementación de un temporizador con reloj digital, el funcionamiento de la bomba e iluminación se deben programar a ciertas horas del día, consultando en diferentes electrónicas tales como Steren o Teltron, o ferreterías como EPA se evalúan las diferentes opciones que ofrecen, sin embargo en la mayoría de lugares los temporizadores que trabajan son temporizadores mecánicos de muy alto consumo, ya que su usos es principalmente doméstico, por ejemplo encendedor una lámpara a una hora deseada.

Después de una búsqueda exhaustiva se logró localizar un temporizador que cumple con los requisitos del diseño, hablamos del temporizador THC15A, encontrado en la electrónica Micro JPM en Cartago, este mismo trabaja a un voltaje DC/AC 12V/240V, es un dispositivo electrónico que cuenta con un muy bajo consumo (7.5W) además de poseer un reloj digital que facilita la programación de las cargas.



Figura 17. Temporizador programable semanal THC15A.

Fuente: Micro JPM Cartago.

## Energía Solar

La fuente de energía solar es el Sol como su nombre lo indica, más concretamente de la radiación electromagnética del Sol. Hay diferentes tipos de aprovechamiento de la energía solar, de manera fotovoltaica, térmica y termoeléctrica, así como la energía solar pasiva.

La energía solar se puede captar a través de células fotoeléctricas (que conforman los paneles fotovoltaicos), heliostatos o colectores solares, que posteriormente la transforman en energía solar térmica (a través de la temperatura) o energía solar fotovoltaica (a través de la luz). También puede aprovecharse de forma pasiva con técnicas de *arquitectura bioclimática*.



Figura 18. Energía Solar.

Fuente: Obtenido de (Aprean, 2020).

## Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es un tipo de energía renovable que aprovecha la luz del Sol para producir energía eléctrica, el principio de este tipo de energía se realiza por medio de un semiconductor que transforma parte de la energía recibida en corriente continua.

Este semiconductor se denomina *célula solar* y consiste en un material al que artificialmente se le han creado dos regiones, una que podríamos considerar cargada positivamente (P) – en realidad huecos – y otra negativa (N) – exceso de electrones –. La unión de ambos materiales (P. N), al ser expuestos a la radiación solar, produce una circulación de electrones y al conectar una carga se establece una corriente continua.

Una instalación fotovoltaica está compuesta por:

- Placa o captador solar fotovoltaico.
- Regulador.
- Acumulador o batería.
- Convertidor o inversor.
- Elementos para el conexionado y puesta de funcionamiento. (Tobajas, 2018, p.8)

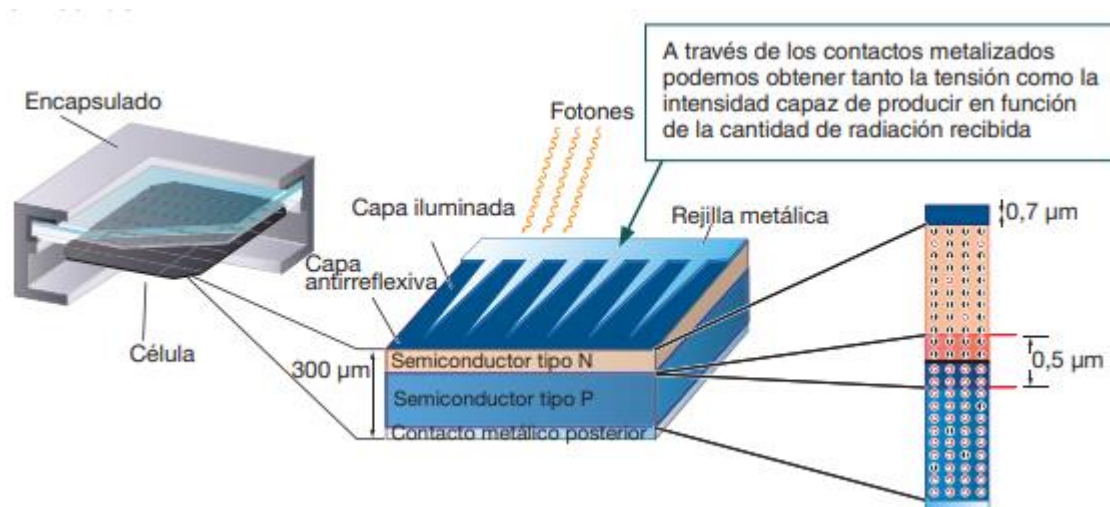


Figura 19. Estructura de una Célula Solar.

Fuente: Adaptado de (Díaz y Carmona, 2018, p.6).

## Sistemas fotovoltaicos aislados.

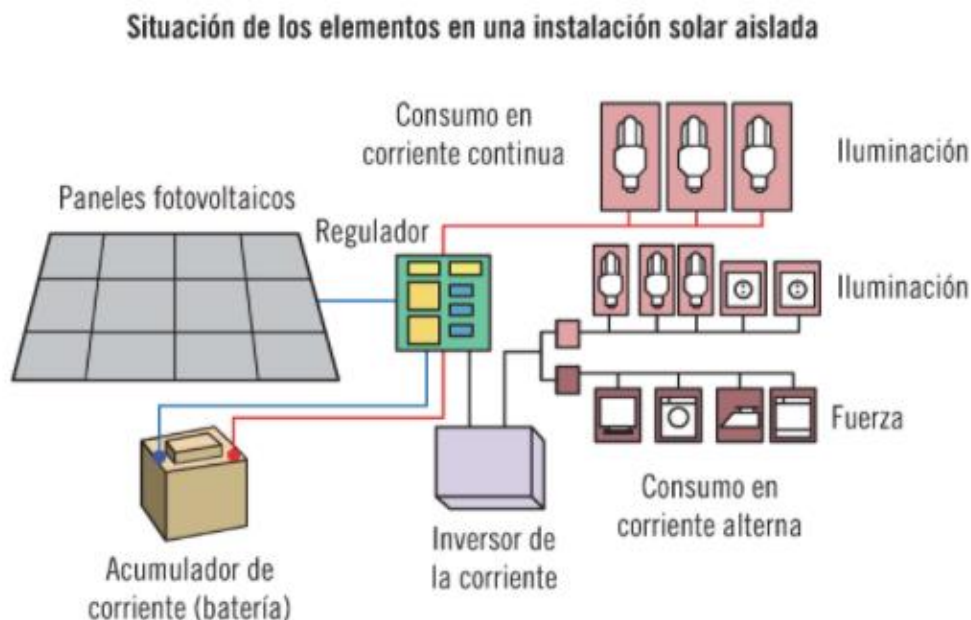


Figura 20. Esquema de un sistema fotovoltaico aislado.

Fuente: Adaptado de (López, 2016, p.242).

Este sistema se utiliza cuando no hay acceso a la red eléctrica o se quiere prescindir totalmente de ella. Para ello será necesario el uso de baterías solares que nos permitan almacenar toda la energía generada para usarla en los momentos que no hay producción de electricidad por falta de sol.

Para este tipo de instalaciones hay que tener muy en cuenta la cantidad de potencia diaria que vamos a consumir. De ello dependerá el número de paneles solares y baterías que habrá que instalar. Al ser un sistema aislado no hay opción de recurrir a la red en caso necesario, por lo que hay que asegurarse que se produzca y se acumule lo suficiente para nuestro consumo. Es importante también el tipo de batería que almacenará la electricidad, siendo siempre recomendables que sean de alto rendimiento para incrementar la eficiencia y la potencia de la instalación. Finalmente, será necesario un regulador solar, y un inversor si necesitamos corriente alterna.

### Paneles Solares.

Según Díaz *et al.*, (2018) un panel solar o módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una

estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión, por ejemplo 12V, 24V y los interconectados a la red. En la siguiente figura podemos contemplar la estructura de un panel solar. (p.9)

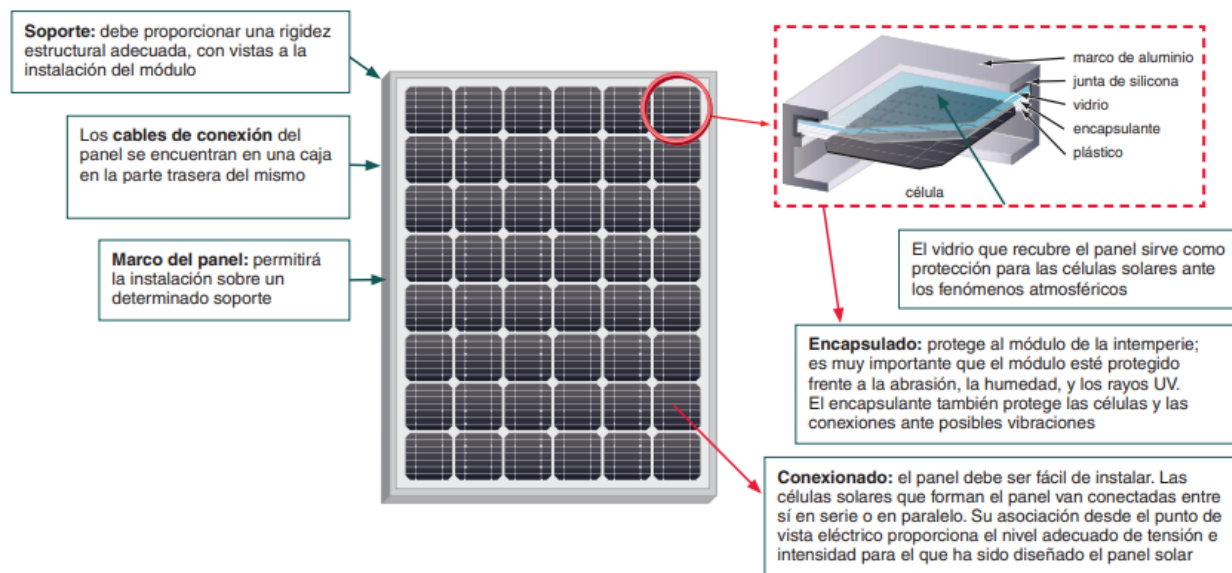


Figura 21. Estructura de una célula solar.

Fuente: Obtenido de (Díaz et al., 2018, p.9).

### Conexión de las Células

Los paneles solares vienen en diferentes elecciones de voltaje, estos dependen de la configuración de las células que tenga el panel:

- Paneles de 36 células conectadas en serie. Son paneles capaces de producir una tensión suficiente para cargar una batería que funcione a 12V. Pueden funcionar con un regulador de carga PWM o un maximizador MPPT.
- Paneles de 72 células conectadas en serie. Son paneles capaces de producir una tensión suficiente para cargar una batería que funcione a 24V. Pueden funcionar con un regulador de carga PWM o un maximizador MPPT.
- Paneles de “conexión a red”, normalmente de 60 células. No funcionan ni a 12V ni a 24V. Este tipo de paneles solo funcionan con un maximizador MPPT. (TecnoSol, 2016)

Aparte de las recomendaciones que nos dan los autores del Blog de Tecnosol acerca de la elección del regulador en función del voltaje de los paneles solares, también nos advierten que es un error muy común el combinar paneles de diferentes tensiones.

## Tipos de Paneles Solares

Cuando hablamos de los tipos de paneles solares hay una gran diversificación de ellos están los de tipo: monocristalinos, policristalinos, amorfos, de sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre, de arsénico de galio y bifaciales. Sin embargo los más comunes que se emplean comercialmente son los de silicio: monocristalinos, policristalinos y amorfos, los cuáles serán tomados como referencia para su uso en el proyecto de diseño.


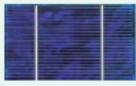
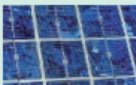
**Paneles solares monocristalinos:** Proporcionan el rendimiento más elevado, alrededor del 20% en la fabricación en serie y un 24% en modelos de laboratorio. Se obtienen de silicio puro fundido y dopado con boro, su inconveniente es que tienen un precio medio alto. Por su rentabilidad energética son las placas más utilizadas.

**Paneles solares policristalinos:** Proporcionan un rendimiento entre 12 y 14%, tienen un espesor reducido de varias micras. Se diferencian de los paneles monocristalinos en que son de forma cuadrada, esto hace que se aproveche mejor el espacio entre las células que componen el panel solar, también se tendrá en cuenta que el coste por panel es menor, ya que se aplica menos silicio en su fabricación y su proceso es menos complicado.

**Paneles solares amorfos:** Proporcionan un rendimiento inferior al 10%, tienen como ventaja su maleabilidad. Actualmente se instalan en tejados (tejas solares) y superficies de edificios de oficinas donde se aplica en tamaños considerables por su adaptabilidad. Ser extremadamente delgados y económicamente rentables hace que tengan un futuro muy prometedor (Tobajas, 2018, p.11).

**Tabla 2**

*Comparativa entre los Paneles Solares de Silicio.*

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Fuente: Obtenido de (Díaz et al., 2018, p.8).

### **Vida útil de los Paneles Solares**

Los paneles solares son el elemento del sistema solar fotovoltaico que más expuesto va a estar a condiciones meteorológicas, estas pueden repercutir en su ciclo de vida útil, diferentes fuentes concuerdan en que el promedio de vida útil de los paneles solares suele rondar los 20 a 25 años. Por eso es importante aplicar un correcto plan de mantenimiento ya que esto permite prolongar la vida útil del panel solar y evitar invertir en un costo de reemplazo, al menos a corto plazo.

### **Reguladores**

El regulador es un elemento clave en la instalación solar, además es el encargado de cargar y descargar la batería, también comprobará que ésta se mueva dentro de los límites correctos de funcionamiento.

En el mercado existen una gran variedad de reguladores de carga de diferentes fabricantes y con diferentes prestaciones, a continuación detallamos las prestaciones más habituales de los reguladores empleados en instalaciones solares autónomas:

- Protección contra sobrecarga del acumulador (corte de energía eléctrica por alta), función básica del regulador porque evita el calentamiento de la batería y, por tanto, la pérdida de agua del electrolítica y la oxidación de las placas.
- Alarmas por batería baja, consiste en indicadores sonoros, pueden ser luminosos, que indican que el acumulador está muy descargado, este aviso hace que el usuario modere el consumo de energía eléctrica.
- Desconexión por batería baja (corte de energía eléctrica por baja), hace que el regulador corte el suministro de corriente eléctrica a los consumos si el nivel de la batería es muy bajo, tanto que pueda poner en peligro de una descarga profunda, cuya consecuencia podría ser problemas de sulfatación de las placas.
- Protección contra cortocircuitos, permite, por medio de un fusible, proteger el regulador, así como proporcionar a una batería una sobre intensidad.
- Visualizar funciones, la mayoría de los reguladores del mercado tienen algún sistema visual que permite obtener alguna información sobre el estado de la instalación por medio de instrumentos incorporados en el regulador, voltímetro y amperímetro. (Tobajas, 2011, pp. 100-101)

Existen principalmente 2 tipos de reguladores, reguladores shunt o en paralelo y reguladores en serie, cumplen con la misma función, sin embargo tienen ciertas diferencias en cuanto a su configuración y precio, que terminan haciendo del regulador shunt más rentable para instalaciones pequeñas y el regulador en serie utilizado para instalaciones en donde se necesite una intensidad de trabajo mucho más alta.

Todos los reguladores suelen disponer de: amperímetro, voltímetro, alarma por baja tensión, sensor de temperatura que regula automáticamente el valor máximo de la tensión de carga, también tienen un diodo de bloqueo que facilita el paso de la corriente en el sentido panel a batería, este diodo impide por las noches, cuando la generación no es favorable y la tensión de la batería es mayor que la del panel, que la corriente de la batería vaya al panel, produciendo su descarga. Este diodo puede suponer una caída de tensión al panel de 0,5 a 1 V, por esta razón es conveniente diseñar los paneles de forma que produzcan mayor tensión. (Tobajas, 2018, p.23)

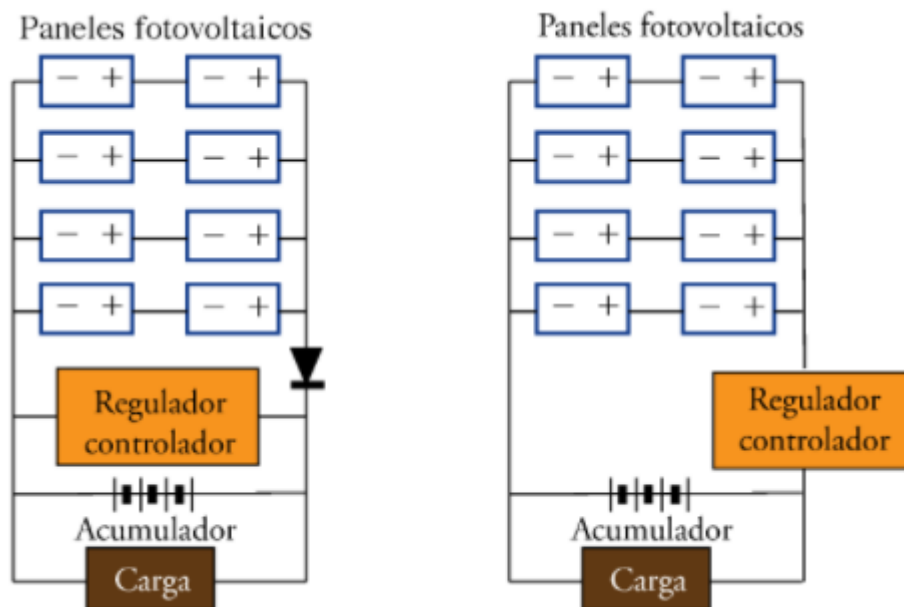


Figura 22. Regulador en Paralelo (Izquierda) y Regulador en serie (Derecha).

Fuente: Obtenido de (Tobajas, 2018, p.23).

Como podemos observar en la Figura 22 los reguladores en serie no disponen de un diodo para regular el paso de corriente ya que ellos mismos poseen un circuito de control que cumple esa función, siendo más eficientes que los reguladores en paralelo.

**Reguladores en paralelo.** Este regulador está basado en la disipación por calor de la energía sobrante, es decir, una vez que la batería está cargada si el panel fotovoltaico sigue dando energía eléctrica esta no puede guardarse y por medio de un circuito de control hace que se disipe, gracias a un sistema dotado de diodo Zener y disipador de calor.

También puede darse el caso que sea de noche, por tanto el panel fotovoltaico ya no produce energía eléctrica, pero la batería está cargada, y para que no ceda electricidad al panel fotovoltaico, dispone de un diodo de bloqueo, que ofrece una resistencia considerable al paso contrario de la corriente (corriente inversa).

**Reguladores en serie.** En este aparato la regulación se efectúa por medio de un sistema de desconexión automática de los módulos fotovoltaicos, en definitiva, este equipo es equivalente a un desconectador automático de batería, formado por un interruptor, que proporciona muy baja resistencia cuando la batería está cargando, y un circuito abierto cuando la batería está plenamente cargada. La ventaja principal de este sistema es que el regulador no disipa nada de energía, por tanto, la única potencia que se consume es la de mando y control.

La gran ventaja de los reguladores serie reside en que se centran en grandes sistemas, donde un regulador paralelo debería utilizar disipadores muy grandes que obligarían a instalar sistemas de refrigeración. Como desventaja, se observa que, una vez la batería está cargada, la energía eléctrica que produce el panel se pierde, por tanto sigue siendo una carencia, que si bien se puede limitar introduciendo más baterías, no es rentable por el mantenimiento y el aumento de los costes. (Tobajas, 2018, pp.24-25)

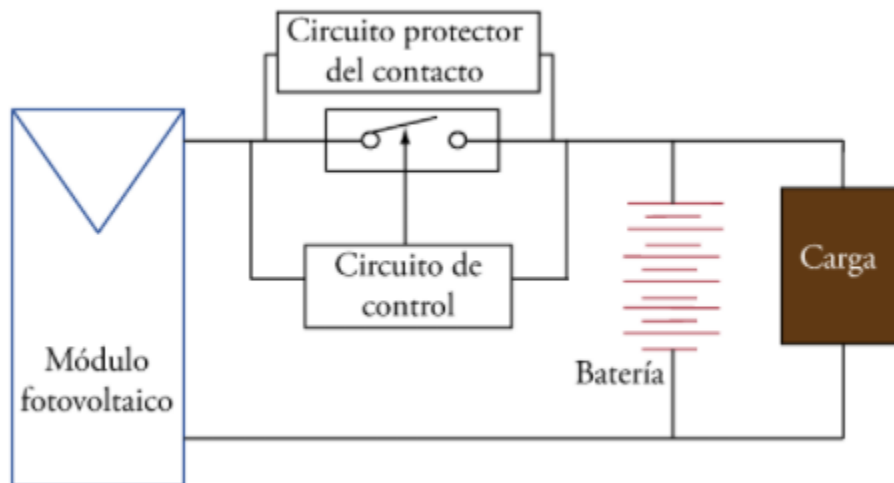


Figura 23. Descripción de un regulador en serie.

*Fuente:* Adaptado de (Tobajas, 2018, p.24).

Los principales exponentes de reguladores solares que podemos encontrar en el mercado son los del tipo PWM y MPPT, a continuación, la página web de Auto Solar nos brinda una breve definición sobre la diferencia entre cada uno de ellos para determinar cuál nos conviene implementar en el proyecto.

### **Reguladores MPPT**

Los reguladores MPPT (Seguidor de Punto de Máxima Eficiencia) maximizan su corriente a la salida de las baterías. Son capaces de adaptar la entrada fotovoltaica a la tensión de las baterías. Esto lo que permite es hacer funcionar la placa solar en su punto de máxima potencia para así obtener la máxima eficiencia de producción en cada instante.

- Los reguladores MPPT se dimensionan dependiendo de la potencia fotovoltaica y la tensión de las baterías.
- Se averían cuando se sobrepasa la tensión máxima de entrada fotovoltaica.
- Pueden trabajar con paneles de 36 células, 72 células y paneles de conexión a red.



*Figura 24.* Regulador Blue Solar MPPT.

*Fuente:* Obtenido de Victron Energy.

**Reguladores PWM:** Los reguladores PWM (Ancho de Pulso Modulado) únicamente pueden ser utilizados si la tensión de las placas solares y las baterías es la misma, es decir, si los paneles son de 24V y las baterías también. Si los paneles fueran de 24V y las baterías de 12V la única opción posible sería un regulador de carga MPPT.

- Los reguladores PWM se caracterizan por tener un precio inferior a los reguladores MPPT.
- Se dimensionan dependiendo de la intensidad máxima de las placas y la tensión de las baterías.
- Se averían al sobrepasar su intensidad nominal.
- Solo pueden trabajar con placas de 36 y 72 células, es decir, módulos de 12V y 24V. (AutoSolar, s.f.)



Figura 25. Regulador Blue Solar PWM.

Fuente: Obtenido de Victron Energy.

### ***Características de tensión y corriente del regulador.***

El cálculo del regulador a utilizar en un sistema solar fotovoltaico dependerá del número de módulos solares y del tamaño de las baterías, normalmente los fabricantes nos proporcionan unos datos y unas prestaciones, partiendo de ellas deberemos calcular el regulador o reguladores necesarios para que la instalación tenga el resultado esperado. El relé que interrumpe o permite el paso de corriente de los módulos a la batería deberá de soportar la siguiente intensidad:

$$I_{\text{regulador}} = \text{Número de módulos paralelos} \times \text{Intensidad del módulo}$$

En caso de ser necesario, se pueden dividir los módulos fotovoltaicos en dos conjuntos en paralelo, colocando dos reguladores de intensidad inferior, de este modo también

aminoraremos costes, ya que el coste de un regulador va en función de la intensidad con la que trabajemos.

Es importante que se tenga en cuenta, en el momento de conexionar, que un regulador es un aparato electrónico y, por tanto, muy sensible, que no soporta el clásico chisporroteo que se produce cuando le conectamos una carga, por lo que es elemental seguir para su conexionado la secuencia siguiente: Conectar al regulador los cables de todas sus salidas debidamente señalizados por aparato y polaridad (cables de batería, polaridad + y –, cable de paneles, etc.).

1. Se conectarán los cables a la batería.
2. Se conectarán los cables al panel/es fotovoltaico/s.
3. Se conectarán los cables a la carga. (Tobajas, 2018, pp.26-27)

### **Acumuladores**

Basándonos en el modelo sistema del sistema solar fotovoltaico de la figura 20 podemos observar que es necesario contar con un elemento que almacene la energía por la luz que incide sobre el módulo fotovoltaico, es por ello que es necesario valorar un acumulador para nuestro sistema, o batería como es popularmente llamado.

Estas baterías están formadas por elementos o celdas de 2V conectados en serie para alcanzar la tensión del conjunto deseada, 6 elementos de 2V para baterías de 12V, 12 elementos de 2V en serie para baterías de 24V y 24 elementos de 2V para baterías de 48V son las configuraciones más habituales.

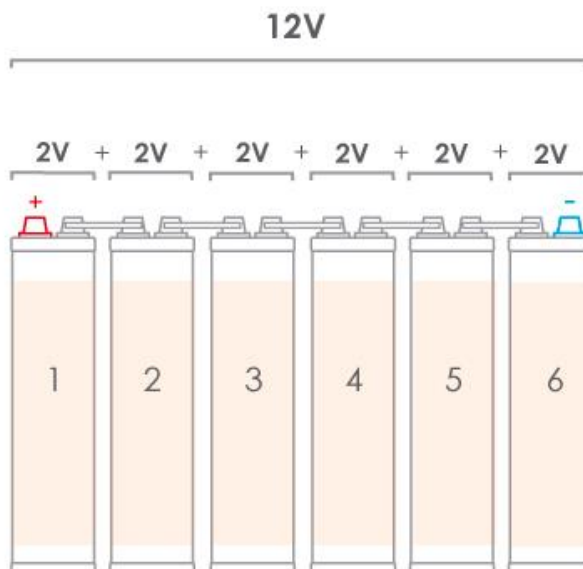


Figura 26. Batería solar de 12V en una configuración de 6 celdas en serie de 2V.

Fuente: Adaptado de (Insa, 2022).

“Se puede decir que un acumulador es un verdadero transformador de energía ya que transforma la energía química en energía eléctrica y viceversa” (Tobajas, 2018, p.20).

Los acumuladores pueden ser de tipo:

- Estacionarios: Están destinados a permanecer fijos en un determinado lugar, tienen corrientes permanentes y no están obligados a producir corrientes elevadas en periodos cortos de tiempo.
- De arranque: Están previstos a suministrar una cantidad elevada de energía eléctrica en un espacio breve de tiempo (generalmente segundos), su función es parecida a una batería de automóvil.

En cuanto a las diferencias de estos 2 tipos de acumuladores están el tamaño de sus placas, los acumuladores de arranque poseen placas más gruesas, la vida útil es mayor en un acumulador estacionario.

Los acumuladores varían según su composición y existen una gran variedad de ellos, Tobajas (2018) nos ilustra las diferentes tipos de baterías que existen actualmente:

**Batería de plomo-ácido.** Tipo de batería más utilizado debido a su bajo coste. Está formada por dos electrodos de plomo (Pb) y ácido sulfúrico ( $\text{SO}_4 \text{H}_2$ ) como electrolito, todo ello en una solución de agua destilada. Cuando la batería está cargada el electrodo positivo tiene un depósito de dióxido de plomo ( $\text{PbO}_2$ ) y el electrodo negativo es plomo. Al

descargarse la reacción química, tanto la placa positiva como la negativa, tienen un depósito de sulfato de plomo ( $\text{PbSO}_4$ ), produciéndose la siguiente transformación en el interior del acumulador:

En la tabla 3 se puede observar el proceso químico que permite la carga y descarga de una batería.

**Tabla 3.** *Secuencia de carga y descarga en acumuladores.*

	Electrolito	Placa positiva	Placa negativa	Resultado
1°	Máximo ácido sulfúrico Mínimo agua	Plomo Esponjoso	Dióxido de plomo	Batería cargada
2°	Decrece el ácido Aumenta el agua	Decrece el plomo aumenta el sulfato de plomo	Crece el dióxido de plomo aumenta el sulfato de plomo	Batería descargándose
3°	Mínimo ácido Máximo agua	Mínimo plomo Máximo sulfato de plomo	Mínimo de dióxido de plomo máximo sulfato de plomo	Batería descargada
4°	Aumenta el ácido Decrece el agua	Aumentando el plomo decreciendo el sulfato	Aumentando el dióxido decreciendo el sulfato	Batería cargándose
5°	Máximo ácido sulfúrico Mínimo agua	Plomo esponjoso	Dióxido de plomo	Batería cargada

*Fuente:* Obtenido de (Tobajas, 2018, p.20).

**Batería de plomo-antimonio (Pb-Sb).** Batería de placas tubulares, es la más utilizada en instalaciones medias o grandes, admite descargas moderadamente altas, aunque, como todos los acumuladores, su vida depende de la profundidad de sus descargas. Para una vida de 10 a 15 años lo ideal es mantener una profundidad de descarga del 30%, también es posible llegar a una profundidad de descarga mayor del 80%, pero no es recomendable ya que acortaría su duración. Están formadas con celdas de polipropileno translúcido de 2 V, uniéndose en elementos en serie hasta llegar a 12 o 24 V, la conexión queda bien fijada gracias al atornillado entre las celdas.

**Batería de plomo-calcio (Pb-Ca).** La batería más apropiada para instalaciones pequeñas, no necesita mantenimiento y tienen una auto descarga baja, aunque no aguanta descargas superiores al 40%, siendo la capacidad utilizable la mitad. Su forma es como las baterías de automóviles, tienen una estructura del tipo monoblocks, se pueden transportar

fácilmente, su precio es aceptable y, por tanto, son bastante utilizadas en pequeñas instalaciones.

**Batería de níquel-cadmio (Ni-Cd).** Está compuesta por un proceso electroquímico, basado en que la placa positiva, está formada por hidróxido de níquel, y la negativa por hidróxido de cadmio. Estas placas se encuentran bañadas en un electrolito, donde hay una disolución acuosa de hidróxido potásico con otros elementos. Como las baterías de plomo-ácido, estas también se dividen por elementos de 1,2 V; por tanto para formar una batería de 12 V necesitamos 10 elementos puestos en serie. Durante la descarga de la batería, el oxígeno pasa de la placa positiva a la negativa, dando lugar al óxido de cadmio. Es durante la carga cuando el oxígeno vuelve a pasar de la placa negativa a la positiva. Al contrario de las baterías de plomo ácido, el electrolito solo actúa de conductor, no siendo peligroso por no producir sulfatación.

**Batería de níquel-hidruro metálico (Ni-MH).** Tiene un electrodo de níquel (Ni), el otro electrodo es de una aleación de hidruro, es menos contaminante que el cadmio (Cd). Tiene el inconveniente de una-auto descarga mayor que las de níquel-cadmio, su uso en instalaciones solares fotovoltaicas es muy limitado.

**Baterías herméticas.** Cuando los consumos son bajos, o los tiempos de duración entre carga y descarga son pequeños, se pueden utilizar baterías herméticas. Estas baterías pueden ser de plomo-ácido o de níquel-cadmio y tienen las siguientes ventajas respecto a las anteriores:

- No existe peligro de pérdida del electrolito.
- Mantenimiento nulo.
- Funcionan en cualquier posición.
- No emiten gases.
- Trabajan en un rango de temperatura mayor.
- Resiste mejor los choques fortuitos.

Como desventaja presentan una vida discreta, unos 1.700 ciclos a 30% de descarga. En el mercado se pueden encontrar en diversos formatos 2, 4, 6, 12 V, según sea monoblocks o de plomo, las capacidades oscilan desde 0,5 a 300 Ah.

**Baterías monoblocks.** Las baterías tipo monoblock se utilizan en pequeñas instalaciones fotovoltaicas donde la relación calidad precio tiene que ser equilibrada. Sus

placas están reforzadas con rejilla y aislamiento especial, son de una aleación plomo-antimonio que tiene una pérdida de agua muy reducida, tiene hasta una capacidad de 250 Ah y se pueden agrupar fácilmente. (pp.19-22)

**Baterías de gel.** Las baterías de gel son muy útiles para instalaciones solares aisladas o fuera de un punto de conexión a red. Las baterías de GEL destacan por su gran durabilidad, por no necesitar mantenimiento ni emitir gases nocivos. Las características de la batería de gel permiten su buen funcionamiento en instalaciones que se encuentren en movimiento como caravanas o barcos. Batería de gel, la mejor opción por prestaciones y durabilidad. (AutoSolar, s.f.)



Figura 27. Batería solar de Gel 12-90 (12V-90Ah).

Fuente: Obtenido de Victron Energy.

**Baterías AGM.** Son baterías de la máxima calidad que previamente han pasado estrictos procesos de control.

Este tipo de baterías se suele llamar “sin mantenimiento”. Presentan una baja auto descarga, pudiendo almacenarse durante largos periodos de tiempo sin necesidad de recarga. Cuentan con una duración media más elevada que las baterías monoblock.

Además, son baterías selladas de tecnología AGM (Esteras de Cristal Absorbente) con válvulas de regulación de gases. Gracias a su fabricación y diseño cuentan con una recombinación de gases optimizada. Esto aumenta de manera considerable tanto la seguridad (sin fuga de gases) como el rendimiento.

Las Baterías AGM Power son ideales para instalaciones que no tengan atención continua, como casetas de riego y también para aplicaciones con elevados picos de corriente, como arranque de motores y vehículos de tracción. (TecnoSol, 2016)



Figura 28. Batería AGM 12-110 (12V-110Ah).

Fuente: Victron Energy.

### Procesos de carga de las baterías solares.

En la actualidad las etapas de carga de una batería solar son tres (bulk, absorción y flotación), más una adicional de “ecualización” que se realiza según el tipo de batería que se disponga.

**Etapas Bulk.** Es la primera etapa de carga de una batería. Es un primer impulso que se le da a la batería, suministrando una corriente elevada. En este proceso aumenta rápidamente la tensión de la batería, hasta una primera tensión límite. Aquí se consigue que la batería este cargada entre un 80-90%.

En este primer proceso de carga el regulador no realiza ninguna función, ya que se suministra la potencia máxima que pueda dar el sistema a la batería. Si es necesario el regulador puede terminar el proceso de carga de batería sin sobrecargarlas. Si no existiera este elemento sería como si siempre estuviera en etapa bulk y la elevada corriente procedente de los paneles podría dañar la batería.

**Etapas de absorción.** En esta segunda etapa la corriente de carga al sistema de baterías disminuye hasta completar su carga (100%), manteniendo la tensión límite (tensión de absorción) conseguida en el proceso anterior.

En este segundo proceso se recupera el electrolito que se ha visto alterado en la descarga profunda. También de este modo cuanto más profunda haya sido la descarga de la batería, la fase de absorción durará más tiempo, para asegurar el restablecimiento del electrolito.

**Etapa de flotación.** Es el último proceso de carga, el sistema de baterías ya están cargadas al 100%, el regulador mantiene la carga del sistema de acumulación. Se suministra a las baterías una intensidad muy baja para compensar la auto descarga, de forma que sigan cargadas. También en este proceso se puede decir que se realiza un mantenimiento de la carga en las baterías.

**Etapa de ecualización (o gaseo).** En esta última etapa, se aplica un voltaje alto de carga con baja intensidad, consiguiendo que el gas ascienda dentro del ácido de la batería, provocando el burbujeo o gaseo.

En esta etapa se remueve la parte inferior de la batería, igualando las densidades y voltajes entre la parte inferior y la superior, consiguiendo una mezcla de electrolito homogénea y evitando la sulfatación de las placas. Mediante este proceso se consigue igualar el voltaje de las celdas de las baterías.

El regulador de carga puede realizar este proceso cada cierto tiempo. Es conveniente realizar este proceso si detecta valores de densidad de electrolito diferentes en las celdas de las baterías.

También en baterías con electrolito líquido es recomendable realizar, al menos, de 4 a 6 ecualizaciones al año, para igualar la carga de las celdas y eliminar la sulfatación de la superficie de las placas de plomo.

Sin embargo, cuando estando la batería a plena carga la densidad de algún celda es menor a  $0,030 \text{ gr/cm}^3$  por debajo de la máxima, entonces se recomienda que dicha batería sea reemplazada, pues podría estar defectuosa o demasiado envejecida. (TecnoSol, 2016)

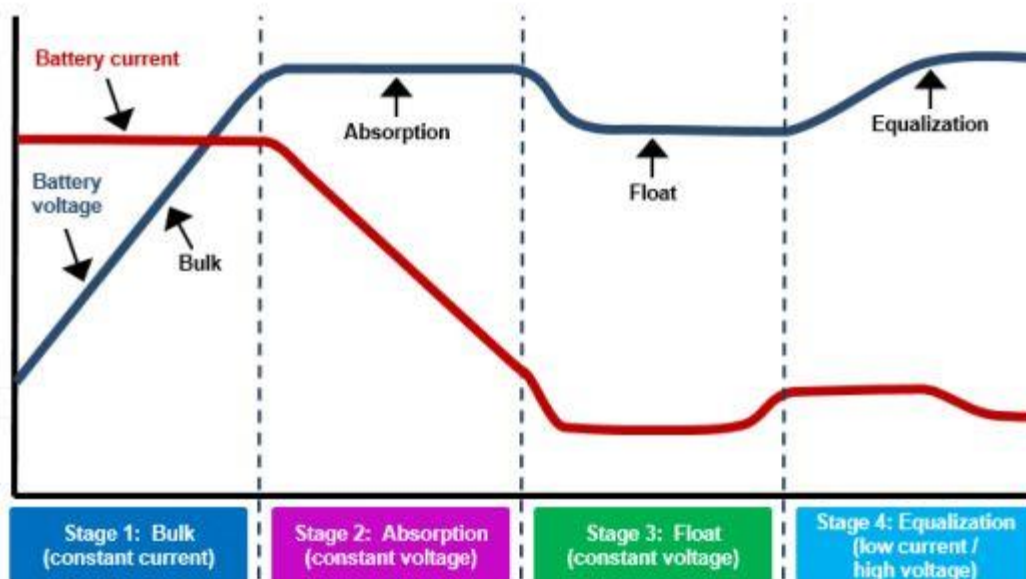


Figura 29. Etapas de carga de una batería.

Fuente: Obtenido de (Solar Web, s.f.).

Nota: Línea azul y roja son referentes al voltaje e intensidad de la batería respectivamente.

### **Unidad de medida de las Baterías.**

Se define la capacidad de una batería como la cantidad de electricidad que puede obtenerse durante una descarga completa de la batería plenamente llena. Esta capacidad se mide en amperios/hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga.

Por ejemplo, cuando nos definen la capacidad de una batería dándonos el dato de capacidad en C20, nos están diciendo la cantidad de carga que es posible extraer en una batería en 20 horas a una temperatura de 20°C hasta que la tensión entre sus terminales llegue a 1,8V por vaso. Si el tiempo de descarga es muy corto, la capacidad de la batería disminuye, mientras si el tiempo de descarga aumenta haciéndose más lenta, la capacidad de la batería aumenta. Así, si tenemos un acumulador C100=250Ah, significa que la batería puede darnos 250A durante 100 horas.

### **Vida Útil de una Batería**

Cuando se habla de la vida útil de una batería se da el número de ciclos de carga y descarga que puede ser sometida a una determinada profundidad de descarga. Además, la vida de la batería es proporcional a la profundidad de descarga habitual. Por ejemplo una batería monoblock que tenga una vida útil de 180 ciclos a una profundidad de descarga del 80%, si

las descargas se reducen a un 30% la vida útil de esa misma batería aumentará a más de 1000 ciclos. (Tecno Sol, s.f.)

Las temperaturas elevadas tienen una influencia muy negativa en la vida útil de una batería.

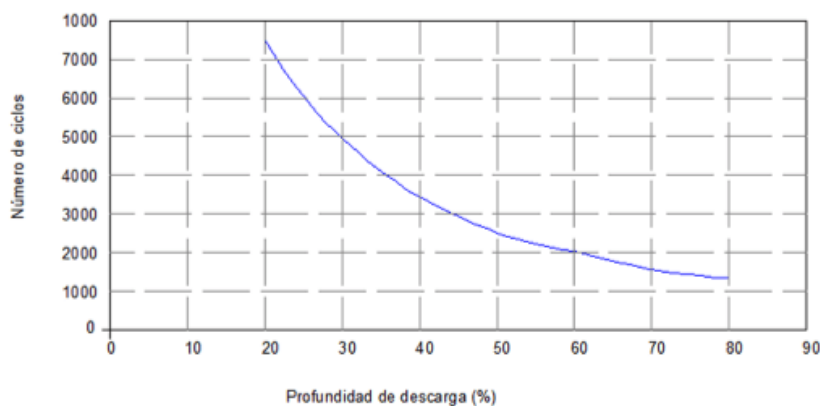


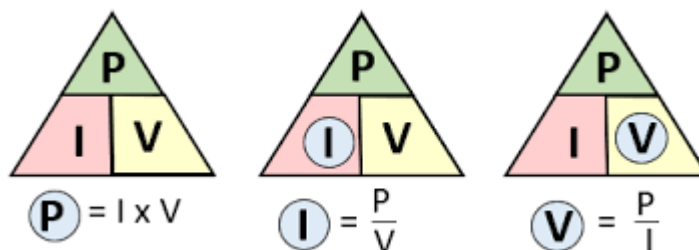
Figura 30. Vida útil en ciclos y profundidad de descarga en baterías estacionarias.

Fuente: Adaptado de (Tecno Sol, s.f.).

## Inventario Ecuaciones.

### Ley de Ohm

#### Ecuación 1. Ley de Ohm



Fuente: Universidad Nacional de la Plata.

Donde:

**P:** Potencia del dispositivo, en Watts.

**I:** Corriente del dispositivo, en Amperios.

**V:** Tensión del dispositivo, en Volts.

### Cálculo Consumo Energético.

#### Ecuación 2. Consumo Energético

$$\text{Consumo (KWh)} = \frac{P(W) * Hd * N}{1000}$$

*Fuente:* Adaptado de (Torres, 2019, p.33).

Donde:

**P:** Potencia real de cada dispositivo.

**Hd:** Horas diarias de uso del dispositivo.

**N:** Número de dispositivos utilizados.

### ***Conversión Hora Solar Pico.***

La hora solar pico (HSP) es una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una hipotética irradiación solar constante de 1000 W/m<sup>2</sup>.

Una hora solar pico equivale a 3,6 MJ/m<sup>2</sup> o, lo que es lo mismo, 1 kWh/m<sup>2</sup>, tal como se muestra en la siguiente conversión:

#### **Ecuación 3. Conversión Hora Solar Pico.**

$$1HSP = \frac{1000W * 1h}{m^2} * \frac{3600s}{1h} * \frac{1J}{1W} = 3,6MJ/m^2$$

*Fuente:* Adaptado de (Torres, 2019, p.34).

### ***Inclinación del panel solar***

La orientación idónea para dirigir los paneles solares es hacia el sur (ángulo azimutal de 180°). Si orientamos los módulos hacia esta dirección, la instalación de módulos fotovoltaicos recibirá la máxima irradiación solar posible durante el día y, por tanto, el rendimiento del sistema será óptimo. Asimismo, es importante verificar que no haya sombras sobre nuestro sistema fotovoltaico. (Selectra, 2021)

Tal como se explica en la información anterior, si la instalación lo permite es importante definir un buen ángulo de inclinación del panel solar, este ángulo depende de la ubicación en el hemisferio del país donde se ubique la instalación, para agregar a la información, en Costa Rica nos ubicamos en el hemisferio Norte, entre los 8° y 11° latitud Norte.

Para determinar el ángulo de inclinación adecuado de los paneles solares, que maximice la radiación sobre ellos, se utilizará la herramienta online de PVGIS. (Comisión Europea, 2019)

### ***Promedio***

El promedio es un concepto estadístico que se utiliza cuando trabajamos con un número “x” de variables y queremos condensarlas a un solo valor para su análisis.

**Ecuación 4. Promedio.**

$$Promedio = \frac{\sum \text{datos}}{n_{\text{datos}}}$$

Donde:

$\Sigma$ : Sumatoria de todos los datos.

**n**: Número de datos.

**Capacidad del Panel**

Para determinar el panel solar mínimo en nuestra instalación debemos tomar el consumo diario y dividirlo entre las HSP, en este caso el valor más crítico.

**Ecuación 5. Potencia Panel Solar.**

$$Capacidad (W) = \frac{Consumo_{W/h}}{HSP}$$

Según (Batallé) a la capacidad del panel debemos adicionar las pérdidas que pueda tener el panel por temperatura, incidencia e incluso las propias pérdidas del panel de fábrica, así que a la ecuación 6 debemos aplicar un factor de corrección para obtener:

**Ecuación 6. Potencia Panel Solar aplicando el factor de corrección.**

$$Capacidad (W) = \frac{Consumo_{W/h}}{HSP * Pr}$$

Fuente: Adaptado de (Batallé)

Donde:

Pr: Performance Ratio.

**Días de autonomía de la Batería**

“Los días de autonomía son una suma de la energía diaria necesaria en el lugar de la instalación multiplicado por los días que necesitamos que sea autónoma.” (Yuba, 2016)

**Ecuación 7. Días de Autonomía.**

$$I_{Autonomía} = I_{Batería} * \text{Días de autonomía}$$

Dónde:

**I<sub>Batería</sub>**: Capacidad de la batería calculada en A/h.

**Días de autonomía**: Número de días que ocupamos que la batería sea autónoma.

**PVGIS**

Para el diseño de la instalación solar fotovoltaica se utilizará como referencia la herramienta de simulación del PVGIS.

PVGIS es un software gratuito de la comisión europea Joint Research Center, para facilitar el estudio del recurso solar y el potencial fotovoltaico en Europa. Se trata de una herramienta muy útil para hacer estudios de viabilidad de sistemas fotovoltaicos. (Censolar, s.f.)

El uso del simulador es sencillo, se deben ingresar las coordenadas en latitud y longitud como vemos en la siguiente figura, la herramienta nos permitirá obtener tanto el ángulo de inclinación recomendable para la zona, el factor de pérdidas estimado y la orientación del panel recomendada.

Cursor: 10.030, -84.166  
 Elevation: 1086 (m)  
 PVGIS ver.: 5.2

Use terrain shadows:  
 Calculated horizon  
 Upload horizon file  
 Switch to version 5.1

GRID CONNECTED

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

Solar radiation database\*: PVGIS-NSRDB  
 PV technology\*: Crystalline silicon  
 Installed peak PV power [kWp]:  
 System loss [%]: 20

Fixed mounting options  
 Mounting position\*: Free-standing  
 Slope [°]: 35  
 Azimuth [°]: 0  
 Optimize slope  
 Optimize slope and azimuth

PV electricity price  
 PV system cost (your currency):  
 Interest [%/year]:  
 Lifetime [years]:

Visualize results

Location changed. Click to refresh display of results

Address: Eg. Ispra, Italy Go! Lat/Lon: 10.03 -84.1658 Go!  
 Se ingresan las coordenadas de la zona

Esta opción nos permite obtener el ángulo de inclinación optimizado.

Ilustración 31. Proceso obtención de datos mediante PVGIS.

Fuente: Adaptado de (Comisión Europea, 2019).

## Mantenimiento

Tobajas (2011) nos describe una serie de recomendaciones y guías prácticas para realizar un óptimo plan de mantenimiento para las instalaciones solares fotovoltaicas con el objetivo de evitar influir de manera negativa en la vida útil de la instalación, dicho plan de mantenimiento puede ser de 2 tipos:

- **Mantenimiento Preventivo:** Es la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión necesarias para mantener un elemento a un estado en el que pueda desarrollar la función prevista.

- **Mantenimiento Correctivo:** Consiste en reparar una instalación cuando se presenta una avería, este sistema tiene como inconveniente principal que cuando la instalación presenta la avería deja de funcionar, siendo poco rentable por pérdida económica. (p.95)

En este caso, consideraremos como mantenimiento, el preventivo, por ser el que mejor responde a las necesidades de las instalaciones solares, con este objetivo, el seguimiento se realizará en los siguientes elementos que componen la instalación: panel solar, regulador, baterías, cableado y uniones eléctricas.

### **Mantenimiento de los paneles solares**

Los paneles son el elemento principal de la instalación, pero en cambio su mantenimiento es mínimo, se reduce a su limpieza, que se efectuará periódicamente con productos que no sean abrasivos, para así no dañar el cristal de vidrio templado de protección. Normalmente, en las instalaciones solares que están situadas en ciudades o junto a alguna industria, suele depositarse la suciedad más a menudo que en las que están en el campo, pues lógicamente, el ambiente es más limpio.

**Tabla 4**

*Operaciones de mantenimiento en paneles.*

Semanal o cada mes	Cada 6 meses
Inspección visual	Inspección visual
Limpieza	Comprobar conexión eléctrica
Eliminación de sombras	Comprobar características de los paneles

*Fuente.* Adaptado de (Tobajas, 2011, p.99).

### **Mantenimiento de las baterías**

De toda instalación solar fotovoltaica, los acumuladores o baterías son los elementos a los que hay que prestar una mayor atención, ya que de eso depende su duración. Las tareas de mantenimiento son las siguientes:

**Tabla 5**

*Operaciones de Mantenimiento en Baterías Solares.*

Semanal o cada mes	Cada 6 meses
Inspección visual	Medidas de tensiones sin carga

Limpieza	Vigilar nivel gasificación
Vigilar la corrosión	Reciclaje de batería
Vigilar el electrolito	Comprobar la humedad y ventilación

*Fuente:* Adaptado de (Tobajas, 2011, p.99).

### **Mantenimiento del regulador**

Los reguladores no tienen un mantenimiento especial, mediante una inspección visual se puede averiguar si el sistema funciona correctamente o no. Las averías que provocan pueden producir una vida anormal, con frecuentes actuaciones. La mejor forma de actuar es utilizando los equipos de medida y efectuando las comprobaciones pertinentes. Las dos cuestiones que pueden plantearse son: cambiar el elemento averiado o repararlo, todo dependerá de la importancia de la avería. (Tobajas, 2011, p. 101)

**Tabla 6**

*Mantenimiento en reguladores.*

Semanal o cada mes	Cada 6 meses
Inspección visual	Inspección visual
	Comprobar conexión eléctrica
	Comprobar tensiones regulador

*Fuente:* Adaptado de (Tobajas, 2011, p. 101).

### **Tipo de Averías en instalaciones fotovoltaicas**

A lo largo de su vida útil, una instalación solar fotovoltaica puede verse sometida a cortes de suministro de diversos orígenes, los más habituales son:

- Lluvia. Puede producir manchas en los paneles que afectan al rendimiento de la instalación.
- Granizo. Se trata de uno de los mayores problemas en las instalaciones de módulos solares, ya se pueden producir roturas que requieren la total sustitución de los módulos.

También se pueden producir averías dentro del local donde se halla la ubicación de la instalación:

- Descargas Eléctricas Atmosféricas. Los rayos pueden producir alteraciones eléctricas importantes y daños en los equipos. También la sobretensión puede afectar a los módulos solares fotovoltaicos.
- Fusibles. En los circuitos, sobre todo en instalaciones de un cierto tamaño, se colocan fusibles en el campo solar fotovoltaico y en el regulador o en las baterías, esto suele ser muy útil para separar los circuitos y poder encontrar averías debidas a sobre intensidades o sobretensiones. (Tobajas, 2011, p. 102)

### CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

#### Enfoque de investigación

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), existen 3 enfoques metodológicos: cuantitativo, cualitativo y mixto (p.2). Estas se pueden definir como herramientas para “enfrentar problemas de investigación” (Hernández, 2014).

El presente proyecto será diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, las cualidades de este nos presentan una base sólida para el desarrollo de las ideas y necesidades de nuestra investigación.

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Hernández et al., 2014, p.4).

#### Fuentes de información

El objetivo de esta investigación es la optimización del diseño propuesto del Smarttree, para lograr este objetivo debemos enriquecernos de información sobre las instalaciones fotovoltaicas y las cargas que se implementarán en el diseño, es por ello que se realizó una exhaustiva búsqueda basándonos en diferentes publicaciones, medios electrónicos, antecedentes y libros que nos brinden la información necesaria para desarrollar nuestra idea, analizar y presentar los resultados a la cooperativa.

En adición se tiene la necesidad de recopilar y analizar los diferentes datos de irradiación solar del país, y definir una media de valores que nos permita obtener un mejor criterio a la hora de definir un esquema solar fotovoltaico que cumpla con la demanda del sistema y así evitar una mayor inversión en materiales a futuro que pueda generarle a la cooperativa un ahorro sustancial en la producción del mismo.

#### Unidades de análisis

##### Tabla 7

*Matriz de conceptualización: Investigación con planteamiento metodología en Enfoque Cuantitativo.*

OBJETIVO	VARIABLE	INDICADOR	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DEFINICIÓN INSTRUMENTAL

Determinar el esquema solar fotovoltaico del sistema.	Irradiación solar, horas de uso, factor de demanda.	Potencia suministrada al sistema. Eficiencia del equipo.	Se debe analizar la zona donde se planea instalar un panel para adaptarlo según sus especificaciones.	Análisis de datos del mapeo solar del país a través de los datos del IMN.	Hora Solar Pico.
Automatización del sistema.	Periodo del proceso fotosintético de las microalgas.	Hora de encendido y apagado de la bomba y la luminaria.	Importante determinar el periodo de trabajo de las microalgas, pues es cuando la bomba del sistema debe operar, la luminaria debe de diseñarse para que permita un periodo de descanso a las microalgas.	Observación de las diferentes propuestas implementadas.	Horas de programadas en el Temporizador.
Ahorro económico en el proceso de fabricación.	Financiera.	Costo estimado del diseño final.	Comparativa con respecto a la proyección financiera del proyecto que asumían en la Cooperativa.	Demostrar la rentabilidad del diseño.	Resumen costos del diseño en dólares.

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Procedimiento de Recolección y Análisis de Datos**

Para efectos de este proyecto se utilizarán los datos del Instituto Meteorológico Nacional para estudiar los datos de radiación de las zonas indicadas.

Se visitarán las instalaciones del producto en la zona del Tejar del Guarco, en Cartago así como los diferentes eventos donde planean dar a conocer el prototipo, para conocer más a fondo el funcionamiento del sistema, asimismo se han realizado vídeo-conferencias con la directiva de la cooperativa y la microbióloga para discutir las limitantes y objetivos del proyecto, por medio de ellas fue posible obtener los planos del producto.

Junto al tutor se medirán las diferentes variables de la investigación, una vez se concluyan las propuestas y se obtenga una solución financiera se presentará el plan de implementación a la cooperativa que les ayude a la comercialización del Smarttree alrededor de Costa Rica.

Para la compilación y análisis de los datos se tomarán las hojas de cálculo de Excel.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Antes de empezar con la propuesta que daremos en el diseño es importante determinar lo que necesitan en la cooperativa, en COOPEAGIR nos han brindado el plano inicial en donde podemos contemplar las dimensiones del sistema.

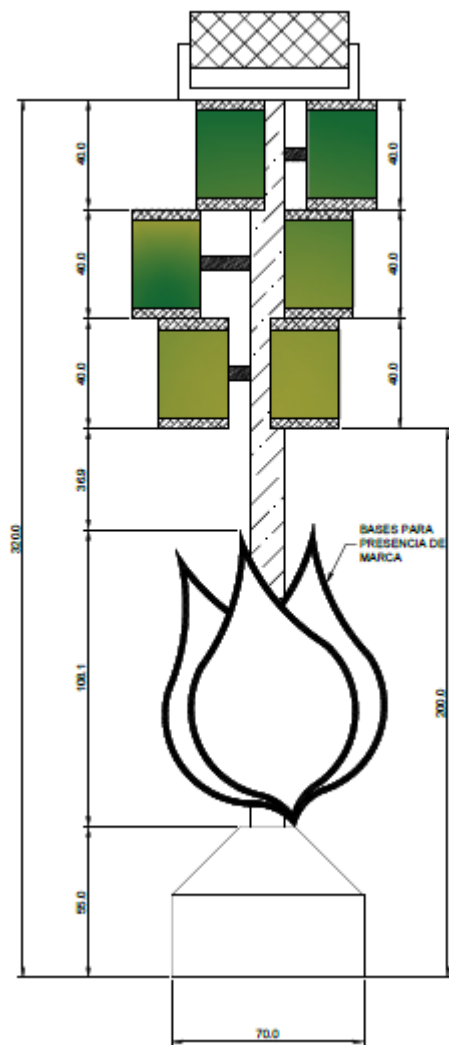


Figura 32. Vista Frontal de la Estructura Smarttree.

Fuente: Coopeagir R.L.

Nota: Las medidas son en cm.

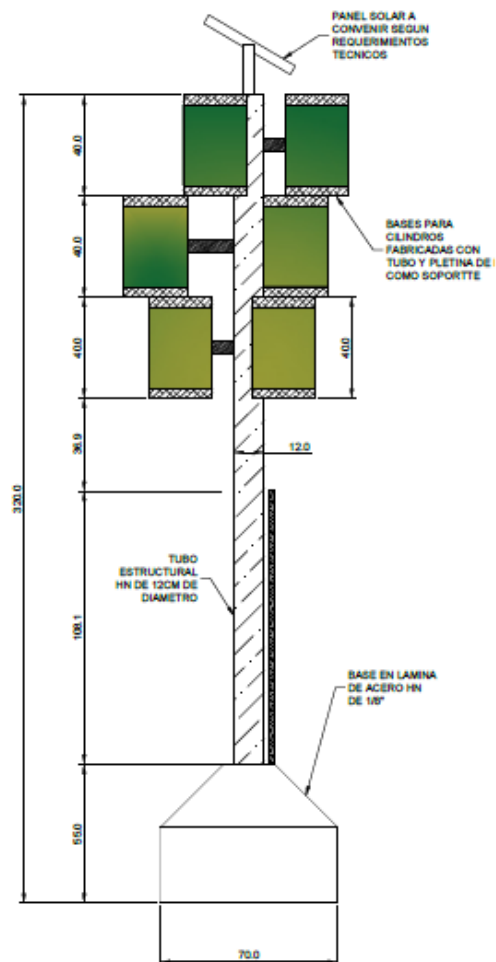


Figura 33. Vista Lateral de la Estructura Smarttree.

Fuente: Coopeagir R.L.

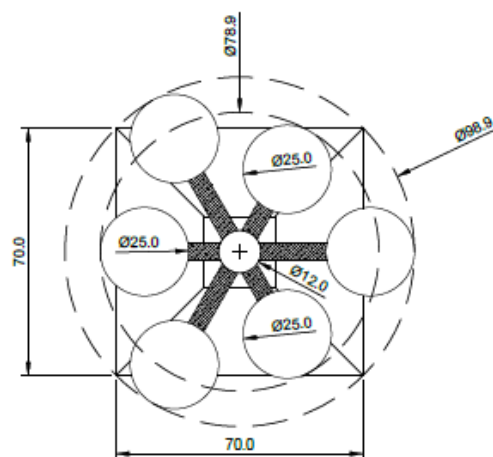


Figura 34. Vista Superior de la Estructura Smarttree.

Fuente: Coopeagir R.L.

Charlando con la directiva de la cooperativa se realiza una evaluación sobre el área técnica del sistema, gracias a ello se determinan una serie de requisitos que se buscarán abarcar mediante las diferentes opciones de mercado.

Los requisitos dados por la cooperativa sirven para complementar el trabajo de las microalgas por medio del sistema y estos serían:

- La escogencia de un mecanismo que supla de un movimiento a las microalgas.
- Luminaria que pueda ser programada de 6:00 p.m. a 10 p.m. diariamente.
- La necesidad de un dispositivo que supla de energía a los dispositivos mencionado previamente, presuntamente optando por un sistema solar fotovoltaico.

Este capítulo abarcará todos los cálculos y procedimientos seguidos para el análisis y la escogencia de los diferentes elementos que aplicaremos a la propuesta de diseño final.

### **Diseño Estructural**

Se realizó un diagrama unifilar inicial que tomaremos como base para el análisis y escogencia de cada uno de los elementos creado gracias a la versión gratuita de Smartdraw.

(Fuente: [www.smartdraw.com/](http://www.smartdraw.com/))

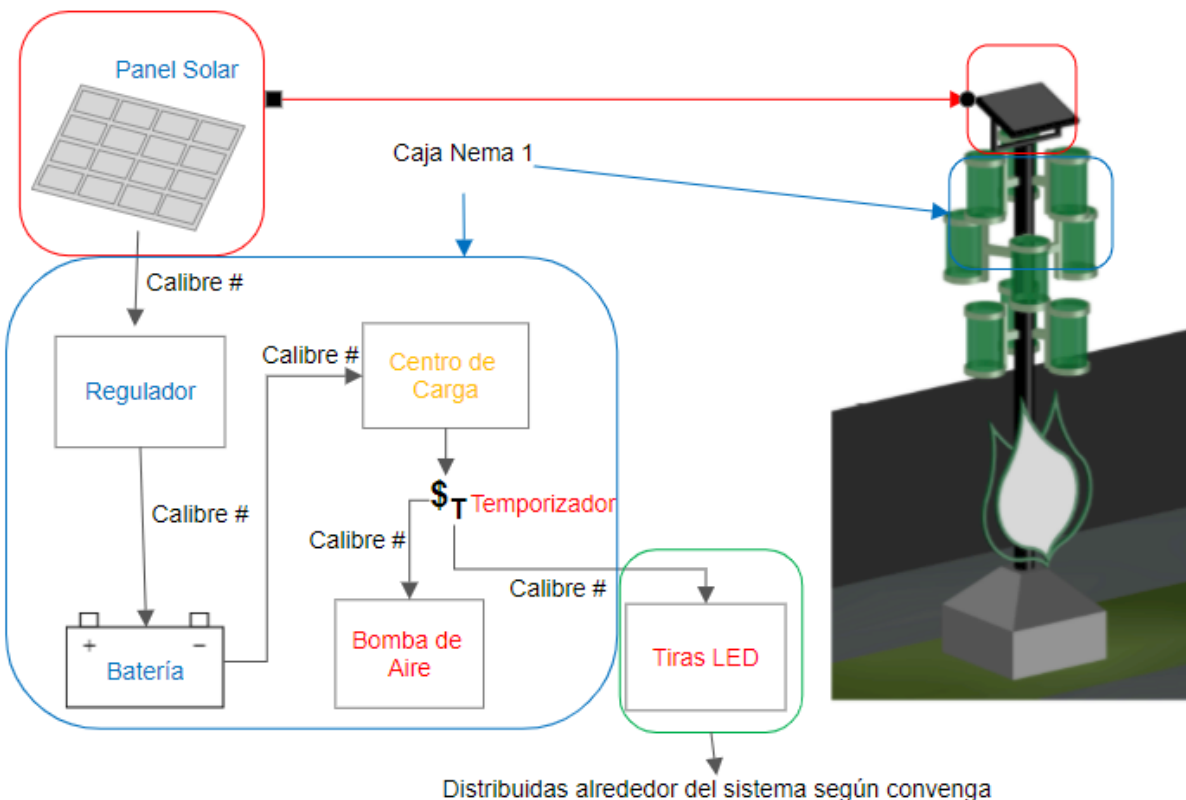


Figura 35. Diagrama unifilar para el diseño interno de la estructura Smarttree.

Fuente: Elaboración propia en Smartdraw.

Observemos que el diseño es sencillo a nivel estructural, el sistema solar fotovoltaico consta de un panel solar, regulador y batería, este esquema se encarga de alimentar las diferentes cargas del sistema.

Las cargas se encargan de cumplir con los diferentes requisitos de diseño de la cooperativa, para el movimiento del cultivo se planea incluir una bomba de aire que suministre susodicho movimiento a las microalgas, para la iluminación se contará con un sistema de tiras LED y finalmente para la automatización del sistema se requerirá de un temporizador que permita programar los eventos de encendido/apagado de la bomba y el encendido/apagado de las tiras LED.

Asimismo se contempla en el diseño un esquema de protecciones como dicta el NEC y la normativa NEMA para salvaguardar todos los componentes del sistema.

### Cargas del Sistema

El primer paso para el diseño del sistema es determinar las cargas con el que podamos estimar un consumo total del sistema.

La estructura necesita de 3 funciones principales:

- Movimiento en los recipientes, en donde determinaremos cual bomba de aire se ajusta a las necesidades del sistema.
- Iluminación, la principal solución recurre a un juego de tiras LED debido a que se ajusta a las limitaciones que buscamos trabajar en el proyecto (Bajo consumo), asimismo tienen la particularidad de ser fáciles de instalar en este tipo de estructura.
- Temporizador, optaremos por un temporizador digital electrónico que permita programar tanto el encendido y apagado de la bomba de aire y tiras LED en función del tiempo.

### **Bomba de Aire**

El principal objetivo que tiene el Smartree es la mitigación de carbono gracias al trabajo fotosintético de las microalgas, para ello necesitan de un dispositivo que les permita un ligero movimiento a lo largo de todo su ciclo de trabajo, estos microorganismos son repartidos en 9 recipientes del sistema estáticos, el objetivo es una mejor distribución de luz en el recipiente para un óptimo trabajo y evitar un estancamiento de las microalgas.

Las diferentes propuestas encontradas se presentaron a la microbióloga encargada para determinar con cuál bomba se diseñará la estructura, dentro de las opciones han escogido los modelos de la marca BOYU, RESUN y Aqua Miracle de diferentes salidas y capacidades, las mismas se encuentran en la sección de apéndices.



*Figura 36.* Compresor de aire BOYU ACQ-910.

*Fuente:* Obtenido de Ideas Marinas México.

Esta bomba tiene un consumo de 120W (Ficha técnica en apéndices), lo cual nos puede generar complicaciones a la hora de diseñar el panel solar, la otra opción que tenemos al alcance es la bomba ACQ-906 la cual tiene un consumo de 60W, pero solo 8 salidas, debemos determinar cuál conviene más al diseño.

Como mencionamos en el marco teórico estas salidas se controlan por medio de los distribuidores de aire y estos controlan el flujo por la cantidad de salidas, la bomba ACQ-910 tiene una capacidad de 160L/min y 10 salidas, estaría distribuyendo 16L/min por salida, mientras que la ACQ-906 tiene una capacidad de 120L/min y 8 salidas, estaría distribuyendo 15L/min en 8 salidas.

En la Figura 1 se observa que la capacidad que posee cada recipiente de cultivo es de 13.7L, en teoría cada salida de las bombas es capaz de suplir el movimiento a cada recipiente por aparte, pero la bomba ACQ-906 posee solo 8 salidas, así que habría que optar por un codo en “T” para dividir una salida y poder alimentar todos los 9 recipientes, si dividimos la salida tendríamos entonces un flujo de 7.5L/min, con estos datos podemos hacer una comparativa del tiempo que necesitaría cada bomba para mover para mover los 13.7L de cultivo.

**Tabla 8**

*Cálculo ciclos de trabajo de la bomba.*

Bomba ACQ-910	Bomba ACQ-906
$16 \frac{\text{Litros}}{\text{min}} = 13.7 * \frac{1}{\text{min?}}$ $\frac{16}{13.7} = \frac{1}{\text{min?}}$ $(1.17)^{-1} = \left(\frac{1}{\text{min}}\right)^{-1}$ $0.85 = \text{min}$	$7.5 \frac{\text{Litros}}{\text{min}} = 13.7 * \frac{1}{\text{min?}}$ $\frac{7.5}{13.7} = \frac{1}{\text{min?}}$ $(0.54)^{-1} = \left(\frac{1}{\text{min}}\right)^{-1}$ $1.85 = \text{min}$

*Fuente:* Realización propia.

Si analizamos los 2 datos anteriores podemos observar que no se justifica la inversión en la Bomba ACQ-910 puesto que la diferencia de tiempo es mínima, de solo un minuto si redondeamos los valores, la Bomba ACQ-906 puede mover igualmente los 9 recipientes si invertimos en un codo en “T” y nos ahorramos 60W de consumo. Solamente debemos tomar en cuenta que la bomba debe estar encendida mínimo 2 minutos para controlar el flujo.

Uno de los requisitos del diseño es que la estación genere movimiento a las microalgas 5 veces al día, con esto calculamos el tiempo de trabajo de la bomba diario.

$$2\text{min} * 5\text{ciclos} = 10\text{Min diarios}$$

El precio de la bomba de aire se tomará como referencia de la página de Ebay en donde ronda los \$70.

### **Luminaria**

La iluminación en el sistema es uno de los requisitos que hay que abarcar en el diseño del producto, se debe implementar un tipo de iluminación que funcione de 6 p.m. a 10 p.m. para dar un margen de descanso nocturno a los microorganismos.

Dentro de la solución se plantea el uso de tecnología tipo LED ya que permite una luz eficiente y un mejor uso de la energía, dentro de la limitante de diseño debemos indagar sobre un tipo de luminaria LED que funcione a 12VDC. Dentro de los rangos de alcance en el mercado se encontraron las tiras LED. Este tipo de luminaria se vende por metro y permitiría un acabado muy estético en la estructura.

Las tiras LED se venden por metro, así que debemos calcular la cantidad de metros necesarios para la instalación, en la figura 34 observamos que cada recipiente tiene un

diámetro de 25cm. Con el perímetro del círculo podemos determinar la cantidad necesaria de tira LED por recipiente.

$$P = \pi * d$$

$$P = \pi * 25$$

$$P = 78.53 \text{ cm}$$

Podemos estimar unos 80cm de tira LED por recipiente, si son 9 recipientes los que ocupamos iluminar necesitamos un total de 720 LED/cm, es decir unos 7.2m en tiras LED.

Dentro de las diferentes de mercado se encuentra, Solo Led Costa Rica, se hizo una visita al establecimiento donde nos recomendaron hacer un juego de conexión en “araña” donde de la base del driver se alimentarían 3 nodos en paralelo que se distribuirían en 3 tiras LED también en paralelo para iluminar los 9 recipientes como se muestra en la figura 37.

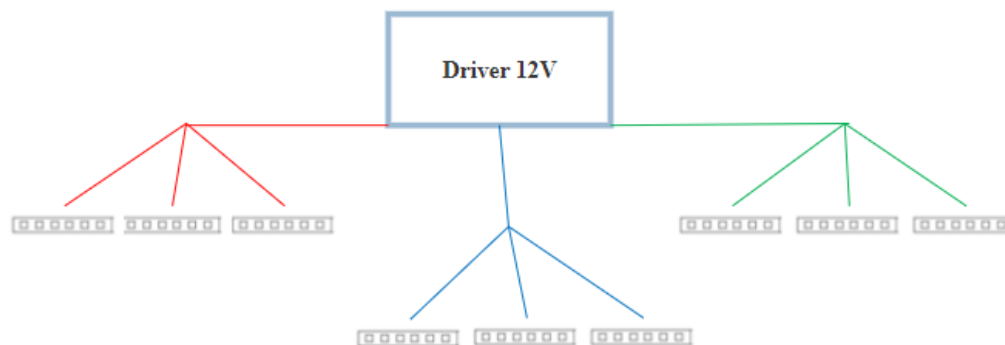


Figura 37. Conexión de las tiras LED recomendada.

Fuente: Realización propia en Smartdraw.

Cabe destacar que este tipo de conexión personalizada se debe realizar por medio de soldadura, por lo que la contratación de mano de obra en soldadura se debería contemplar en los costos. Las tiras LED que usaremos como referencia para la primera versión del diseño serán las que trabajan en Solo Led, tiras LED RGB funcionan tanto a 12VDC como 100-240VAC gracias al pequeño transformador del dispositivo, y cuentan con un consumo de 3.2W por metro, se venden en juegos de 10 metros por \$52.

### **Temporizador**

El sistema de control del diseño se realizará por medio de un temporizador programable digital, dentro de las ventajas que tenemos en aplicar un temporizador de este tipo están:

- Bajo consumo, el modelo de referencia que encontramos en la tienda de electrónicos Micro JPM tiene un consumo de solamente 7.5W.
- Funcionan a 12VDC.
- Poseen reloj digital, lo cual permite programar encendidos y apagados en función de la hora del día, lo cual es justamente lo que necesitamos para programar la bomba y la luminaria.

Desventaja:

No existen modelos de temporizadores a 12VDC que tengan programación para 2 canales, es por eso que en el diseño se debe contemplar la instalación de 2 temporizadores como mínimo, dando un consumo en total de 15W/h. El precio de referencia se tomará de la tienda de electrónicos Micro JPM en Cartago, con un valor de \$36 por unidad.

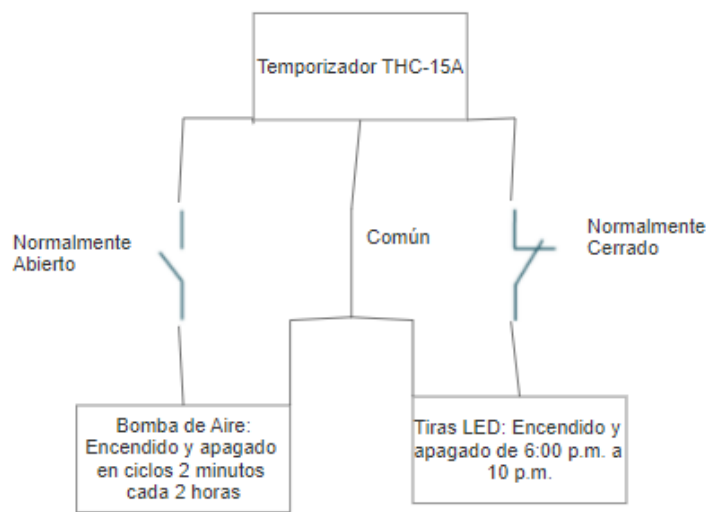


Figura 38. Diagrama de conexiones del THC-15A.

Fuente: Realización propia en Smartdraw.

Como podemos observar con un solo contacto NC y uno NO, no es posible concretar las 2 programaciones en 1 temporizador en este diseño, eso porque habría que definir una secuencia de programación simultánea, es decir, cuando la bomba no está trabajando la iluminación si y viceversa.

### Sistema Solar Fotovoltaico

Una vez que definimos las cargas podemos proceder al sistema solar fotovoltaico, para ello partimos del diagrama unifilar de la figura 35. En este mismo se define el esquema fotovoltaico del sistema.

Tomamos como referencia la figura 20 del marco teórico, en la vemos que el diseño debe contar con un panel solar, una batería y un regulador, desatendiendo al uso de un inversor solar debido a que trabajamos exclusivamente en consumo DC.

La decisión se basa en nuestro objetivo de mitigar los costos del producto, entre ellos la inclusión de un inversor, sabemos que el inversor se encarga de convertir la energía continua (DC) que suministra el panel en energía alterna (AC), por lo que uno de los principales retos del proyecto era buscar soluciones para trabajar todo el sistema en energía continua (DC) de bajo consumo y no incluir el inversor en el diseño a no ser que fuera completamente necesario, gracias a las diferentes soluciones electromecánicas se pudo tomar la decisión de prescindir del inversor y trabajar todo el esquema estructural en corriente continua lo cual conlleva a un gran ahorro en componentes y asimismo podemos evitar trabajar con cargas que entreguen un alto consumo.

### **Diagnóstico**

Para empezar con cualquier análisis de sistema solar fotovoltaico debemos hacer un estudio en la zona donde lo implementaremos y determinaremos el potencial de radiación solar de cada zona.

La proyección de Coopeagir es distribuir 6000 estructuras en 5 años, estamos hablando de un promedio de 100 unidades por mes, estas mismas se planean instalar sobre todo en zonas donde exista una gran concentración de personas y vehículos así que el objetivo de estudio será principalmente en la zona del GAM.

Debido a esto el diagnóstico tomará 4 diferentes zonas para obtener valores más fiables en promedio, se tomó un punto de referencia en la zona de San José en la Plaza de la Cultura, en el cementerio central de Cartago, el centro de Heredia y el centro de Alajuela. Los datos de radiación ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) fueron adquiridos gracias al Instituto Meteorológico Nacional y se encuentran en la sección de Apéndices.

Para efectos del análisis se decidió optar por una solución estadística y trabajar con un promedio de todos los datos (Ecuación 4) ya que resultaría complejo realizar un estudio diferente para cada zona por aparte.

$$Promedio = \frac{\sum \text{datos}}{n_{\text{datos}}}$$

Se realizará la sumatoria de datos de radiación solar de cada mes sobre el número de zonas, en este caso 4, lo cual daría como resultado la siguiente tabla.

**Tabla 9**

*Radiación Promedio mensual del Año 2020-2021 en MJ/m<sup>2</sup>.*

<b>Radiación Promedio Mensual 2020-2021</b>		<b>MJ/m<sup>2</sup></b>
	<b>Enero</b>	18.45
	<b>Febrero</b>	22.83
	<b>Marzo</b>	24.95
	<b>Abril</b>	20.84
	<b>Mayo</b>	16.99
	<b>Junio</b>	16.85
	<b>Julio</b>	16.76
	<b>Agosto</b>	17.13
	<b>Septiembre</b>	18.38
	<b>Octubre</b>	16.94
	<b>Noviembre</b>	16.55
<b>Diciembre</b>	16.96	

*Fuente:* Realización Propia en Excel.

Lo que queda por hacer será convertir los datos de MJ/m<sup>2</sup> a HSP utilizando la Ecuación 3.

$$1HSP = \frac{1000W * 1h}{m^2} * \frac{3600s}{1h} * \frac{1J}{1W} = 3,6MJ/m^2$$

Por lo tanto si queremos pasar de MJ/m<sup>2</sup> a HSP solamente debemos aplicar:

$$\frac{MJ}{m^2} \\ 3.6$$

La tabla 4.3 nos muestra el promedio de los datos de radiación del año 2020-2021 de las 4 zonas resultantes en HSP.

**Tabla 10**

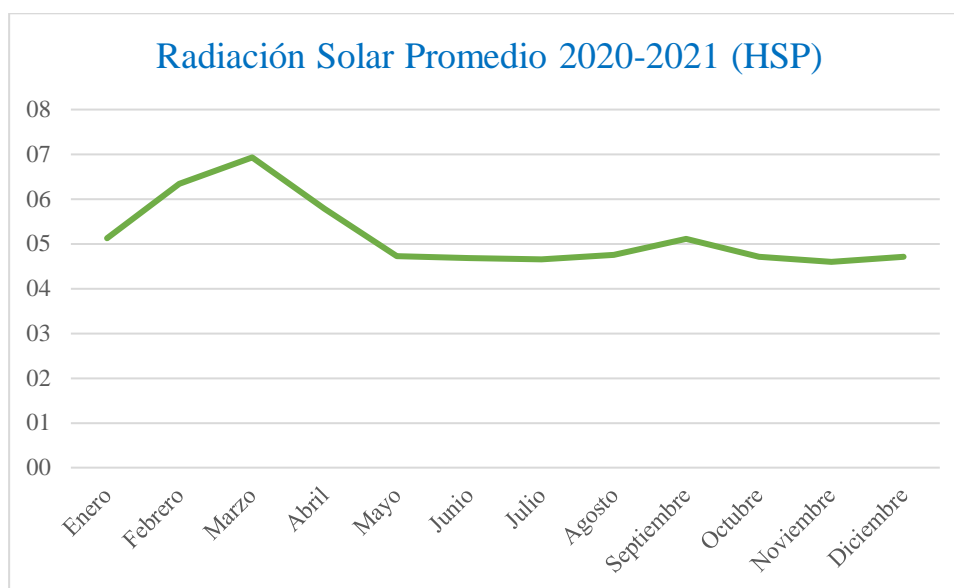
*Radiación Solar Promedio Mensual en HSP (año 2020-2021).*

<b>Radiación Solar Promedio 2020-2021</b>		<b>HSP</b>	<b>Wh/m<sup>2</sup></b>
	<b>Enero</b>	5.1	5125.0
	<b>Febrero</b>	6.3	6340.28
	<b>Marzo</b>	6.9	6930.56
	<b>Abril</b>	5.8	5788.19

	<b>Mayo</b>	4.7	4718.75
	<b>Junio</b>	4.7	4680.56
	<b>Julio</b>	4.7	4656.25
	<b>Agosto</b>	4.8	4756.94
	<b>Setiembre</b>	5.1	5104.17
	<b>Octubre</b>	4.7	4704.86
	<b>Noviembre</b>	4.6	4597.22
	<b>Diciembre</b>	4.7	4710.65

*Fuente:* Realización propia en Excel.

En la siguiente figura podemos observar la curva de comportamiento en promedio mensual de todos los meses en función de las HSP, el mejor escenario correspondería a los meses de Febrero, Marzo y Abril, luego de eso se trabaja con una comportamiento casi lineal por el resto del año, variando valores de 4.6 HSP a 4.8 HSP, siendo el mes de noviembre el más crítico con 4.6 HSP.



*Figura 39.* Radiación Solar Promedio en HSP.

*Fuente:* Realización propia en Excel.

### **Panel Solar**

Con los datos de HSP podemos proceder con el dimensionamiento del panel solar, el cuál debe ser capaz de suministrar la energía a la bomba, temporizador y luminaria previamente contemplados para el diseño.

**Tabla 11**

*Inventario de las cargas del sistema.*

Tabla resumen de los elementos del Sistema			
Elemento	Potencia (W)	Ud	Carga Instalada (W)
Bomba de Aire	60	1	60
Luminaria LED	3.2	8	25.6
Temporizador	7.5	2	15
Total			100.6

*Fuente:* Realización propia en Excel.

*Nota:* Las unidades de las tiras LED se miden en metro.

La principal ventaja de diseñar con dispositivos que funcionen a un voltaje de 12VDC es que no vamos a trabajar con cargas alto consumo, si observamos en la tabla el total de las cargas es 100.6W, el diseño de la estructura no deja de ser sencillo y debemos trabajar bajo ese límite, si sobredimensionamos las cargas, el cálculo de cantidad de paneles sería mayor a uno siendo totalmente inviable para el diseño de la estructura externa.

Para el cálculo de consumo diario en W/h de la estructura debemos recordar las horas del día en las que trabajará cada dispositivo de acuerdo a la Ecuación 2.

- La bomba de aire se encenderá en ciclos de 2 minutos 5 veces al día.

*Consumo = Potencia \* Cantidad de elementos \* Horas encendido*

$$Consumo = 60W * 1 * 0.033$$

$$Consumo = 2W/h$$

- Las tiras LED estarán encendidas de 6:00 pm hasta 10:00 p.m.

$$Consumo = 3.2W * 8 * 1$$

$$Consumo = 25.6W/h$$

- El temporizador estará encendido 24 horas al día.

$$Consumo = 7.5W * 1 * 1$$

$$Consumo = 15W/h$$

Procedemos a hacer un inventario condensando toda la información en la tabla 12 y el gráfico de la figura 40 donde se indicarán las horas del día en la que trabajará cada dispositivo y por ende su consumo en W/h:

**Tabla 12***Consumo energético de la estructura por hora del día.*

<b>Hora del Día</b>	<b>Dispositivos</b>	<b>Consumo (Wh)</b>
1	Temp	15
2	Temp	15
3	Temp	15
4	Temp	15
5	Temp	15
6	Temp+Bomba	17
7	Temp	15
8	Temp+Bomba	17
9	Temp	15
10	Temp+Bomba	17
11	Temp	15
12	Temp+Bomba	17
13	Temp	15
14	Temp+Bomba	17
15	Temp	15
16	Temp	15
17	Temp	15
18	Temp+LED	40.6
19	Temp+LED	40.6
20	Temp+LED	40.6
21	Temp+LED	40.6
22	Temp+LED	40.6
23	Temp	15
24	Temp	15

*Fuente:* Elaboración propia en Excel.

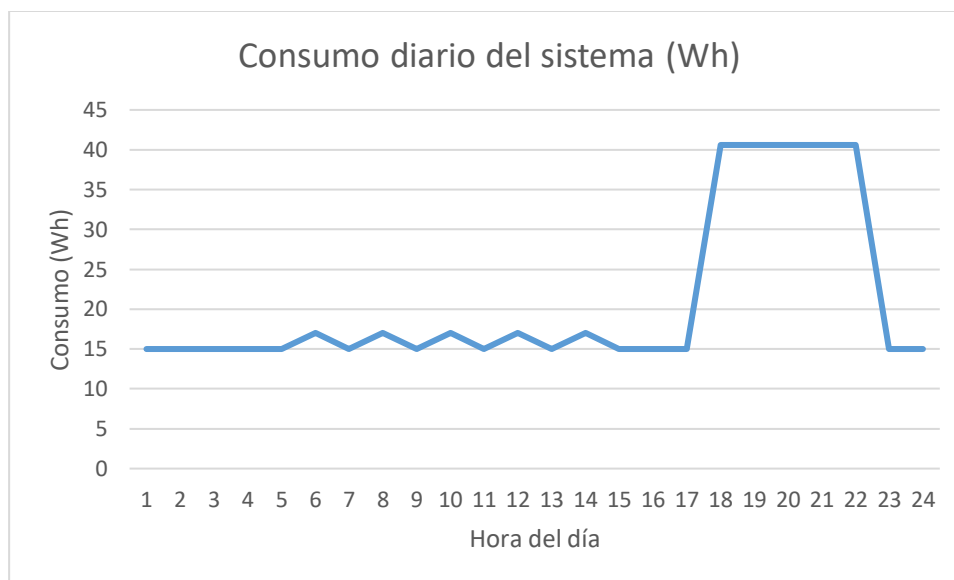


Figura 40. Consumo diario del Sistema (W/h).

Fuente: Elaboración propia en Excel.

En total el diseño estará contemplado para un consumo diario, mensual y anual de:

Consumo Total del Sistema (W):		
Diario	Mensual	Anual
<b>498.00</b>	<b>14940</b>	<b>179280</b>

Figura 41. Consumo Total del Sistema (W).

Fuente: Realización propia en Excel.

Con el consumo diario del sistema podemos estimar la potencia y cantidad de paneles necesarios con la Ecuación 5 para abarcar el consumo diario por mes del año del sistema mediante la siguiente ecuación:

$$Capacidad (W) = \frac{Consumo_{W/h}}{HSP}$$

Donde el consumo es el consumo diario del sistema, en este caso de 498 W/h y las HSP son las horas solar pico obtenidas del Instituto Meteorológico Nacional de la tabla 10.

### Tabla 13

Potencia necesaria del panel por mes.

	Potencia necesaria (W)
Enero	97.17
Febrero	78.55
Marzo	71.86
Abril	86.04

Mayo	105.54
Junio	106.40
Julio	106.95
Agosto	104.69
Setiembre	97.57
Octubre	105.85
Noviembre	108.33
Diciembre	105.72

Fuente: Realización propia en Excel.

Observamos que el dato más crítico de potencia que vamos a necesitar del panel solar por mes es de 108.33W así que debemos diseñar el modulo en base a ese valor para cubrir todos los meses del año, por lo que tomamos como referencia un panel de 110W.

Buscando en diferentes catálogos se decidió tomar como referencia el panel solar monocristalino de la marca Sunshine Solar, precisamente el modelo SSP110M que entrega 110W a 12V, la ficha técnica se encuentra en la sección de apéndices. Los 110W son de un panel que trabajaría a su máxima eficiencia, es decir al 100%, antes debemos aplicar el Pr para obtener un valor más allegado a la realidad.

En la ficha técnica del panel podemos observar que tiene pérdidas de potencial de hasta un 10% alrededor de sus 10 años de vida útil, y en la herramienta del PVGIS obtenemos el promedio de las pérdidas las 4 zonas relacionadas a Temperatura y baja incidencia, los datos se encuentran en la sección de apéndices.

#### Tabla 14

*Factor de Corrección Panel Solar.*

	k	PR
Temperatura y baja incidencia	10.05%	89.95%
Otros	10%	79.95%
Total	20.05%	79.95%

Fuente: Elaboración Propia.

Tomando en cuenta el Pr realizamos el cálculo nuevamente, esta vez con la ecuación 6:

$$Capacidad (W) = \frac{498}{4.8 * 0.7995}$$

$$Capacidad (W) = 129.8W$$

Se usará como referencia el modelo mono cristalino 130W E-ESSENTIAL de la marca E-ssential Ivnotech el cual tiene un costo estimado de \$140.

### Ángulo de inclinación

Tenemos la ventaja de poder definir el ángulo de inclinación que necesitemos para el sistema, según lo investigado en el marco teórico en Costa Rica nos encontramos en el hemisferio Norte por lo que debemos orientar los paneles hacia el Sur, de acuerdo a las coordenadas solicitadas al Instituto Meteorológico Nacional realizamos el estudio de inclinación del panel solar por medio de la herramienta de PVGIS, los datos se encuentran en la sección de apéndices y podemos resumirlos en la tabla 15.

**Tabla 15**

*Ángulo de Inclinación.*

Punto de referencia	Latitud	Longitud	Ángulo de Inclinación
Aranjuez	9.9379472	-84.069675	13°
Alajuela	9.9906806	-84.2114703	14°
Santa Bárbara de Heredia	10.03	-84.1659	14°
TEC Cartago	9.852	-83.90861	14°

*Fuente:* Elaboración Propia.

### Batería

El diseño del sistema contempla la instalación de una batería solar para asegurarnos de que la estructura sea completamente autónoma, con ayuda del regulador de carga esta batería se encargará de almacenar la energía suministrada por el panel solar y de proveerla a todo el sistema.

Para dimensionar la capacidad necesaria de la batería en Ah utilizamos un despeje de la Ecuación 1:

$$I = \frac{\text{Consumo diario (Wh)}}{\text{Voltaje Banco de Baterías}}$$

Donde el consumo diario es el valor previamente calculado en la Figura 41, en cuanto al voltaje de la batería, existen diferentes tipos como pudimos abarcar en el marco teórico, y el modelo que se ajusta a las prestaciones del proyecto es la de tipo AGM/GEL de 12V, ya que todas las cargas trabajan con este valor. Aquí debemos tomar en cuenta 2 cálculos, el primero con la Ecuación 1 que a dimensionaría la batería para la estación y el segundo con la Ecuación 7, contemplando 2 días de autonomía.

**Tabla 16***Comparativa Baterías.*

Caso 1: Cálculo Estimado	Caso 2: Dos días de autonomía
$I = \frac{498}{12}$ $I = 41.5 \text{ Ah}$	$I = 41.5 \text{ Ah} * \text{Días de autonomía}$ $I = 41.5 \text{ Ah} * 2$ $I = 83 \text{ Ah}$

Fuente: Elaboración Propia.

Con este valor buscamos una batería para cada caso referenciados en el catálogo de la marca de Victron Energy, pero antes debemos tomar en cuenta otro factor importante que será la vida útil de la batería, puesto que necesitamos una solución por el mayor rango de tiempo, según la tabla ubicada en la sección de apéndices tenemos que la batería de GEL posee mejores prestaciones en cuanto a vida útil que las de tipo AGM por lo que sería una mejor opción para adaptarla al diseño.

A continuación procederemos a escoger para el caso 1 la batería GEL BAT412550104 que tiene una capacidad de 60 Ah y para el caso 2 la batería GEL BAT412800104 que tiene una capacidad de 90Ah. La ficha técnica de ambas baterías se encuentra en la sección de apéndices.

El precio estimado para cada batería es de \$140 para el modelo de 60Ah y \$255 para el modelo de 90Ah.

### **Regulador de Carga**

El regulador nivelará la carga de la batería para mantenerla a una carga y descarga óptima mejorando en gran medida la vida útil de la batería y por tanto de la estructura.

Para determinar la corriente nominal del regulador con la Ecuación 1 debemos tomar en cuenta 2 valores:

- La potencia total que suministra el panel solar = 130W.
- El voltaje de la batería = 12V.

$$I_N = \frac{130}{12}$$

$$I_N = 10.83A$$

Por tanto, escogemos un regulador de carga que trabaje con una corriente nominal de 15 A utilizando como referencia los reguladores de la marca Victron Energy Blue Solar MPPT. Ficha técnica incluida en la sección de apéndices.

Se estaría seleccionando el modelo MPPT 75/15. El valor de 75 se refiere al voltaje nominal del regulador mientras que 15 su corriente nominal como ya hemos visto. Debemos comparar la compatibilidad con los valores de tensión máxima de circuito abierto e intensidad máxima de corto circuito del panel solar que estamos utilizando en cuestión. Los valores se encuentran en la ficha técnica del panel ubicada en la sección de apéndices.

### Tabla 17

*Verificación del Regulador MPPT 75/15.*

<b>Regulador MPPT 75/15</b>		
<b>Tensión máxima de circuito abierto vs Tensión Nominal del Regulador (V)</b>		
Del Panel	23.6	Cumple
Del Regulador	75	
<b>Intensidad máxima de corto circuito vs Intensidad nominal del Regulador (A)</b>		
Del Panel	6.61	Cumple
Del Regulador	15	

*Fuente:* Elaboración propia en Excel.

Por tanto no existe riesgo de dañar el regulador con el voltaje de trabajo del panel solar.

El regulador MPPT 75/15 tiene un costo estimado de \$138.

### Interruptor Principal

Como observamos en la figura 35 en el diseño contemplamos la implementación de un pequeño centro de carga basándonos en las normas dictadas en el NEC para proteger las cargas del sistema.

Según los artículos de la sección 690 en apéndices lo primero que debemos calcular es un interruptor principal que separe la alimentación del sistema fotovoltaico de todas las cargas, para ello debemos tomar la corriente de 10A del regulador y multiplicarla por un 1.25 según lo dictado en el artículo 690.8 (B).

$$I_p = 10 * 1.25$$

$$I_p = 12.5A$$

Gracias al artículo 240.6 (A) conocemos que necesitamos un interruptor principal de 15A, tomando como referencia el interruptor automático magno térmico A9F79216 de la marca Schneider Electric el cual tiene un precio estimado de \$24.

Basados en la tabla 310.15 (B) (16) escogemos el calibre de alimentación del circuito, para un  $I_p=15A$  debemos escoger un calibre #14 AWG THHN CU.

### **Circuitos Ramales**

Para las cargas por el tipo de consumo que tienen y el voltaje al que trabajan (12V) escogemos en el artículo 690.8 (B) el tipo de fusible que ocuparían, en este caso hablamos del valor mínimo, es decir un fusible de 15A.

Con esta corriente nominal escogemos en la tabla 250.122 los calibres de los circuitos, en este caso un calibre #14 AWG THHN CU para ambas cargas.

Para los fusibles debemos escoger fusibles PV (especiales para instalaciones fotovoltaicas) y tomaremos como referencia la distribuidora española Auto solar en donde tienen fusibles de 15A 1000V a un precio estimado de \$6.5.

También se debe contemplar la inclusión de 2 porta-fusibles para riel DIN en la instalación.

### **Gabinete Nema**

Una vez que poseemos de todos los elementos necesarios para el diseño se contemplará la agrupación de todos ellos en un gabinete tipo NEMA, esto con el fin de proteger los equipos de factores externos como lo hemos mencionado en el marco teórico.

El sujeción de cada elemento se implementaría por medio de atornillado como es el caso del regulador y la bomba. Y solución por riel DIN como es el caso de las protecciones y el temporizador.

Las dimensiones de cada elemento se toman de acuerdo a las fichas técnicas en la sección de apéndices, a continuación presentamos un resumen de las dimensiones.

**Tabla 18**

*Dimensiones de los elementos.*

<b>Elemento</b>	<b>Método de Sujeción</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Altura o Espesor (mm)</b>
Bomba	Atornillado a la base	233	110	133
Regulador	Atornillado a la pared	100	113	40

Batería	Por definir	350	167	183
2 Temporizadores	Riel DIN	36	86.5	65.5
2 Porta fusibles	Riel DIN	10	37	70
1 Interruptor Principal	Riel DIN	36	85	78.5

*Fuente:* Realización propia en Excel.

Con base en las dimensiones de la tabla 18 podemos estimar las dimensiones de la caja NEMA, en este caso se optará por la de tipo NEMA 3RX, debido a que la caja no será completamente hermética y es recomendable cierto grado de ventilación para los equipos utilizados.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a la investigación realizada y con base en los cálculos del proyecto podemos concluir lo siguiente:

1. El diseño del Smartree está pensado para ser instalado en cualquier zona del país de manera autónoma siempre y cuando exista luz incidente sobre las microalgas, gracias a las reuniones realizadas con la cooperativa se determinaron las necesidades electromecánicas del sistema: movimiento del fluido en los recipientes, contemplar la inclusión de un sistema de iluminación y la programación en función del tiempo de las dos necesidades requeridas. A todo esto debemos sumar el hecho de la inclusión de un sistema solar fotovoltaico aislado puesto que la estructura no tendrá acceso a la red eléctrica.
2. Para optar por un diseño sencillo fue necesario limitarlo a un sistema en corriente continua, una ventaja de ello es poder excluir la inclusión de un inversor solar, una solución a 12VDC nos permite trabajar en sintonía con el panel solar, la batería y el regulador evitando incluso convertidores de corriente continua, es por ello que todas las cargas se decidieron diseñar bajo ese concepto, con base al análisis de los diferentes catálogos recolectados de comercios nacionales y a través de la web, se determinaron las cargas de movimiento, temporización e iluminación que cumplirán con las necesidades del diseño, una vez obtenidas las cargas se hizo un análisis sobre el consumo en W/h que nos daría como resultado final un consumo por estructura de 498W diarios.
3. Para la alimentación de las cargas se escogió el diseño de un sistema solar fotovoltaico, pues es la más se ajusta al planteamiento de la instalación del Smartree, el cálculo de todo el sistema solar fue bastante sencillo, se diseñó de acuerdo a los datos de irradiación solar del Instituto Meteorológico Nacional en donde se evaluaron 4 puntos para determinar las dimensiones del panel solar, batería y regulador. El panel solar tiene que ser capaz de soportar el consumo del sistema incluso en el mes más crítico de noviembre con 4.8 HSP (ver Tabla 10), según los cálculos con un panel de 130W tenemos suficiente para abarcar el consumo diario de la estructura.
4. El mantenimiento que se planea dar a la estructura es de tipo mensual, el ciclo de vida de cada cultivo de microalgas es de 1 mes de duración, por lo que se debe reemplazar con un nuevo cultivo cada mes, por lo que es recomendable aprovechar también para dar un

mantenimiento al equipo, las prácticas de mantenimiento se incluirán a fondo en las recomendaciones.

5. Se debe destacar un detalle importante en la proyección de estructuras que tienen para lanzar, y es que son de un alto volumen, la idea de manipular 6000 unidades por mes a largo plazo puede llegar a generar un inconveniente a la cooperativa, ya que implica muchos costos en personal, transporte dependiendo del margen de ubicación que planeen dar a las estructuras. Por lo que sería recomendable empezar a valorar un sistema de monitoreo, ya sea por medio de protocolos SNMP, Modbus TCP o bien por elementos IoT (Internet of Things) para verificar cada estructura en tiempo real. Sin embargo es un tema tan extenso que realmente deja la puerta abierta a la posibilidad de una nueva investigación a futuro centrada en este en el monitoreo de la estructura, para quien le interese retomar la iniciativa.

Finalmente, de acuerdo a las soluciones electromecánicas analizadas en toda nuestra investigación pudimos diseñar un primer modelo del sistema que permitirá:

- Servir de guía a la cooperativa sobre los componentes necesarios del diseño electromecánico basado en las necesidades del sistema.
- Realizar un diseño sencillo, con dispositivos electromecánicos de bajo consumo y costo.
- Autonomía de la estructura que permita el funcionamiento de la misma sin necesidad de intervención del personal, a excepción del mantenimiento necesario mensual.

En la propuesta (Tabla 20) se exponen los costos estimados de cada uno de los elementos escogidos con sus respectivos modelos los cuáles servirán a modo de referencia a la hora de la implementación del diseño.

### **Recomendaciones**

De acuerdo a la investigación realizada contamos con el criterio para dar las siguientes recomendaciones:

1. El equipo iba a ser inicialmente ubicado en la base del sistema (ver figura 32), esto puede llegar a generar ciertas complicaciones a futuro puesto que existen factores ambientales (inundaciones) o bien de origen humano (personas que intenten manipular o abrir la base, hay que recordar que el diseño estará abierto al público) que pueden influir de manera negativa al equipo, es por eso que se recomienda la

inclusión de una caja NEMA 3RX para ubicar los componentes justo debajo del panel solar, en la parte superior de la estructura, dando un margen de protección adicional al equipo. Es importante que todas las cajas NEMA también tengan una llave para evitar cualquier tipo de robo de los componentes.

2. La escogencia de todos los elementos de la estructura nos permitieron diseñar lo que sería el primer diseño de la solución, podemos llamarla la versión 1.0, se recomienda que antes de empezar a solicitar un volumen alto de los componentes se debe pasar por una fase de prueba y error, en dónde se debe evaluar el comportamiento de cada elemento analizado, a fin de determinar la solución más correcta a la hora de implementar la solución final.
3. Se puede sacar mucho más provecho de la iluminación del sistema, más allá del efecto estético sabemos que las microalgas pueden mitigar carbono incluso con iluminación artificial, por lo que se recomienda la escogencia del sistema de iluminación basados en las figuras 4 y 5 en donde observamos que necesitaremos la mayor cantidad de lux que se pueda incidir sobre los cultivos para sacar un mayor rendimiento de mitigación de carbono.
4. El mantenimiento de la estructura es sencillo pero sumamente importante, el tipo de mantenimiento que planean dar al Smartree es de tipo mensual, a continuación daremos una serie de recomendaciones en mantenimiento preventivo basados en (Tobajas, 2011) o bien lo aprendido a lo largo de toda la investigación para cada uno de los elementos del sistema que la cooperativa debe tener en cuenta para dar un funcionamiento óptimo al sistema y evitar reemplazos de equipo prematuros.

### **Panel Solar:**

Se recomienda que el panel a instalar sea de tipo mono cristalino, cada mes se debe verificar que el ángulo de inclinación del panel sea de  $14^{\circ}$  hacia el sur, y de no estarlo se debe calibrar de manera que así sea, como norma general se recomienda instalar la estructura del Smartree en zonas donde no existan sombras que incidan sobre el panel y verificar visualmente que se mantenga en ese estado, finalmente es aconsejable una limpieza mensual de las placas del panel solar para eliminar residuos de la atmósfera, se recomienda una limpieza con agua a una presión baja, mezclándose con detergentes no abrasivos y procediendo, a continuación, al secado de los paneles solares.

**Batería y Regulador:**

La principal ventaja de escoger una batería de GEL es facilitar las visitas de mantenimiento a la cooperativa, por su tipo de estructura no es necesario ningún tipo de mantenimiento más que una inspección visual. En cuanto al regulador solamente es necesaria la inspección visual cada mes.

**Cargas:**

En general las cargas no necesitan gran mantenimiento más allá de la inspección visual que se le tiene que dar en cada visita, en cuestiones generales es necesario revisar cada mes los fusibles y darles reemplazo de ser necesario, del mismo modo que se verificar que el interruptor no se haya “disparado”.

Para la bomba es aconsejable instalarse sobre el nivel de los recipientes así como implementar una válvula anti-retorno en sus salidas para impedir la filtración de agua y evitar el daño de la misma.

Las tiras LED se deben verificar por medio de una prueba de continuidad con un voltímetro para determinar si existe algún LED que se haya quemado.

El temporizador posee un reloj digital que funciona con una batería de litio que dura aproximadamente 3 años, por lo que es necesario tener en cuenta un reemplazo de la batería interna cada 3 años.

## CAPÍTULO VI: PROPUESTA

La batería se diseñó con 2 casos en mente, un diseño normal y uno con 2 días de autonomía, la recomendación es siempre trabajar con más de un día de autonomía en una batería solar ya que en un sistema que depende de un factor tan cambiante como es el clima es normal que no se puede adquirir el consumo necesario por temas de días nublados o lluvias. Sin embargo nuestro diseño es muy específico, trabajamos con cargas de un consumo muy bajo alimentadas a 12VDC. Podemos estimar los amperios de consumo que tiene cada carga por aparte con base en la Ecuación 1.

**Tabla 19**

*Amperaje consumido por carga.*

Carga	Consumo (W/h)	Voltaje (V)	Amperaje (Ah)
Temporizador	15	12	1.25
Bomba de Aire	60	12	5
Tiras LED	25.6	12	2.13

Fuente: Realización Propia en Excel.

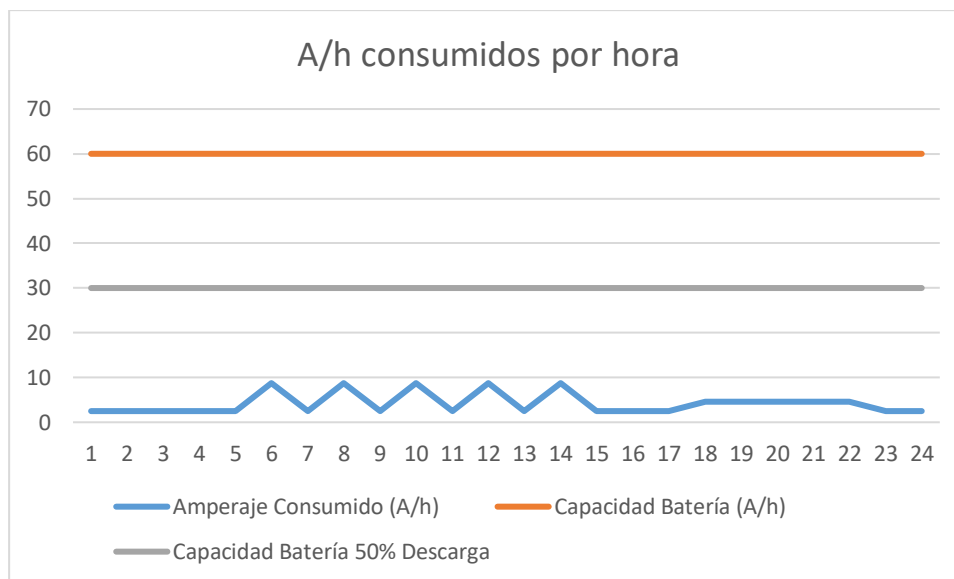


Figura 42. Ah consumidos por hora.

Fuente: Realización Propia en Excel.

Como alimentamos cargas de muy bajo consumo observamos el máximo amperaje consumido es de 8.75Ah vs los 60 Ah que entrega la batería teóricamente, estaríamos descargando la batería solamente un 15% por hora en el peor de los casos, ahora bien, debemos tener en cuenta que no es posible recargar la batería en horas de noche, el promedio en Costa

Rica en que amanece y se pone el sol es de 6:00 a.m. a 6:00 p.m. respectivamente por lo que la batería debe asegurarse de no descargarse más del 50% en esas 12 horas.

En 12 horas los temporizadores estarán siempre encendidos y las tiras LED se encienden 4 horas, por lo que si sumamos los amperajes nos daría un total de 23.52A necesarios por noche. El 50% de nuestra batería tiene una capacidad de 30Ah así que igual y nos arriesgamos a que en un día de lluvia o nubosidad no podamos recargar la batería lo suficiente para alimentar las cargas, por lo que al final se justifica invertir en una batería de 90Ah para dar la seguridad al sistema de ser completamente autónomo.

Una vez abarcados todos los requisitos de la solución electromecánica del sistema Smarttree podemos realizar un inventario de los elementos con los modelos de referencia tomado en el proyecto de investigación.

**Tabla 20**

*Inventario de elementos del sistema.*

<b>Elemento</b>	<b>Distribuidor de referencia</b>	<b>Modelo de referencia</b>
Bomba de Aire 60 L/min	Por definir	ACQ-906
Tiras LED 12V	Solo LED Costa Rica	
Temporizador 12V	Micro JPM Costa Rica	THC-15A
Panel Solar 130W/12V	Ivnotech	130W E-ESSENTIAL
Batería GEL Ciclo Profundo 90A/H	Victron Energy	BAT412800104
Regulador de Carga 12V	Victron Energy	MPPT 75/15
Interruptor Magnético Automático 16A	Schneider Electric	A9F79216
Fusible 15A Solar	Auto Solar	1000V/15A PV
Porta fusible	Por definir	
Caja NEMA 3RX	Por definir	

*Fuente: Realización Propia en Excel.*

Dentro del inventario de elementos no estamos incluyendo variables de la fase de implementación tales como cantidad de cable #14 o bien la longitud de la manguera de la bomba, solamente nos centramos en los elementos propiamente dichos de la estructura los

cuales generan un costo significativo al diseño final, con base en los diferentes elementos utilizados en el diseño podemos hacer un resumen final del costo por estructura.

Asimismo, con todos los dispositivos electromecánicos que vamos a implementar al diseño de la solución diseñamos un diagrama eléctrico de las conexiones del circuito realizado con ayuda de la herramienta online Lucid Chart.

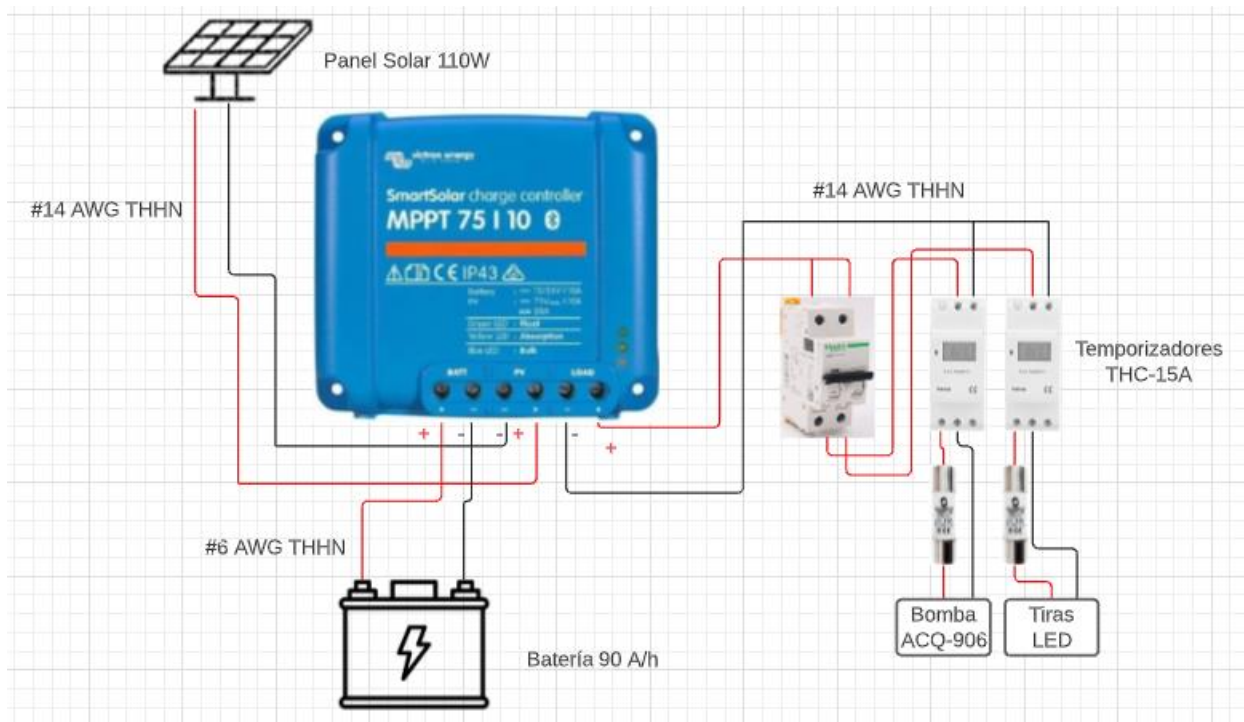


Figura 43. Diagrama eléctrico del sistema.

Fuente: Realización propia en Lucid Chart.

### Tabla 21

Costos finales estimados por estructura.

Elemento	Unidades	Costo Estimado (\$)
Bomba de Aire 60 L/min	1	70
Tiras LED 12V	8 Metros	52
Temporizador 12V	2	72
Panel Solar 130W/12V	1	140
Batería GEL 90A/H	1	255
Regulador de Carga 12V	1	138
Interruptor Magnético Automático 16A	1	24
Fusible 15A Solar	2	13

Porta fusible	2	30
Caja NEMA 3RX	1	
<b>Total</b>		794

*Fuente:* Realización propia en Excel.

Al costo estimado de \$794 debemos agregar el costo de la caja NEMA 3RX así como los elementos necesarios para las conexiones del sistema (Calibre, Manguera de la Bomba), además de soldadura de las tiras LED.

Y a eso también es muy importante agregar los detalles de logística como pueden ser la mano de obra en la estructura, hablamos del mantenimiento recomendado en la revisión mensual para mantener un óptimo estado.

El diseño finalmente cumpliría con normativas del Código Eléctrico Nacional y la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos en cuanto a protección de equipo y personal, todo esto a fin de mejorar la vida útil de cada dispositivo y la estructura en total, cuando hablamos de vida útil.

Finalmente, el costo estimado que se tenía proyectado en Coopeagir por estructura en su diseño técnico es de \$1000. Nuestro objetivo en todo momento fue el análisis y escogencia estratégica de cada elemento electromecánico que resultara en una mitigación de costos. Si bien los \$794 son estimados debido a que aún es necesario encontrar proveedores para los diferentes elementos o bien contemplar gastos de importación, es un valor que se ve reflejado en la decisión de trabajar en corriente continua, sin duda ha sentado un ahorro significativo en lo que se tenía proyectado en primera instancia, confío en que todo el estudio realizado ayudará a la escogencia de los elementos en la fase de implementación, y generará un ahorro significativo en la producción.

## REFERENCIAS

### 1. Referencias

- AlgaEnergy. (2022). *Algaenergy*. Obtenido de <https://www.algaenergy.es/tecnologia/procesos-de-produccion/>
- Alvarez, P. (2018). *Influencia de la luz sobre la producción y la composición de la biomasa microalgal de Spirulina platensis LMPA55*. 2018. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires y a la Maestría en Procesos Biotecnológicos, Buenos Aires.
- Álvarez, P. (s.f.). *Influencia de la luz sobre la producción y la composición de la biomasa microalgal de Spirulina platensis LMPA55*. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Buenos Aires, Buenos Aires.
- Amazon. (s.f.). *Amazon*. Obtenido de <https://www.amazon.com/>
- Arguello. (14 de Abril de 2021). *Infoteknico*. Obtenido de Clasificación NEMA para Cajas Eléctricas y Gabinetes: <https://www.infoteknico.com/nema-para-cajas-electricas-y-gabinetes/>
- AutoSolar. (s.f.). *AutoSolar*. Obtenido de Energía Solar: <https://autosolar.es/>
- Batallé, J. A. (s.f.). 4. Photovoltaic conversion. 2018. UNIVERSITAT DE BARCELONA, Barcelona.
- Calvo, M. S. (2013). *Tratado de la Biomasa*. Madrid: McGraw-Hill.
- Censolar. (s.f.). *Curso PVGIS – Photovoltaic Geographical Information System*. Obtenido de <https://www.censolar.org/producto/curso-photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/#:~:text=PVGIS%20es%20un%20software%20gratuito,de%20viabilidad%20de%20sistemas%20fotovoltaicos.>
- Comisión Europea. (15 de Octubre de 2019). *PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM*. Obtenido de [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)
- Corcobado, T. D., & Rubio, G. C. (2018). *Instalaciones solares fotovoltaicas. Libro alumno*.
- Energía Solar. (s.f.). *Energía Solar*. Obtenido de Paneles de Energía Solar Fotovoltaica: <https://solar-energia.net/>
- Expansión. (s.f.). *Datosmacro*. Obtenido de Emisiones de CO2: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2>

- Fundación Aquae. (s.f.). *Aqua Fundación*. Obtenido de ¿Cómo se mide la calidad del aire?: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/como-se-mide-calidad-aire/>
- García, P. (s.f.). *Sacyr*. Obtenido de Microalgas, una nueva energía alternativa: <https://www.sacyr.com/-/microalgas-una-nueva-energia-alternativa>
- García, R. (2014). Producción de biomasa de microalgas rica en carbohidratos acoplada a la eliminación fotosintética de CO<sub>2</sub>. 2014. Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Garret, C. (5 de Noviembre de 2021). *Climate Consulting by Selectra*. Obtenido de ¿Cuánto CO<sub>2</sub> absorbe un árbol?: <https://climate.selectra.com/es/actualidad/co2-arbol>
- González, J. (2009). *Energías renovables*. Barcelona.
- Greenice. (7 de Julio de 2018). *Greenice*. Obtenido de Cortar y conectar las tiras de LED: una tarea sencilla: <https://greenice.com/es/blog/cortar-y-conectar-las-tiras-de-led-una-tarea-sencilla-n59>
- Grupo ICE. (30 de Junio de 2021). *GrupoICE*. Obtenido de Energías Renovables: <https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/electricidad/eficiencia-energeticas/energias-renovables>
- Grupo Novelec. (24 de Marzo de 2021). *Novelec*. Obtenido de Tiras de LED, todo lo que necesitas saber: <https://blog.gruponovelec.com/iluminacion/tiras-de-led-todo-lo-que-necesitas-saber/#:~:text=La%20tira%20Led%20es%20una,fuente%20de%20alimentaci%C3%B3n%20denominada%20driver>
- Ideas Marinas. (s.f.). *Ideasmarinas*. Obtenido de <https://ideasmarinas.com/>
- Kiwoko. (s.f.). *Blog Kiwoko Mundo Animal*. Obtenido de ¿Cuáles son los beneficios de un aireador en el acuario?: <https://www.kiwoko.com/blogmundoanimal/beneficios-de-un-aireador-compresor-en-tu-acuario/>
- LED box. (24 de Mayo de 2012). *LEDbox blog*. Obtenido de Guía de instalación para tiras LED monocolor y RGB: <https://blog.ledbox.es/informacion-led/instalacion-de-luminarias/consejos-para-la-instalacion-de-tiras-led>
- López, P. (s.f.). Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica en una vivienda aislada. 2015. Universitat Rovira I Virgiri, España.
- Martínez, L. (s.f.). Eliminación de CO<sub>2</sub> con microalgas autóctonas. (*Tesis de maestría*). Universidad de León, España.

- National Fire Protection Association. (2013). *NFPA 70: National Electrical Code*. National Fire Protection Association.
- Planas, O. (16 de Junio de 2020). *Energía Solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net/energias-no-renovables/combustibles-fosiles>
- Ponce, A. L. (2016). *Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares*. Málaga: IC Editorial.
- Richmond, A. (2003). *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*. Blackwell Publishing Ltd.
- Selectra. (25 de Agosto de 2021). *Tarifasgasluz by Selectra*. Obtenido de ¿Cómo orientar e inclinar mi instalación fotovoltaica?: <https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/instalacion/inclinacion-y-orientacion>
- TecnoSol. (26 de Agosto de 2016). *Blog Tecnosol*. Obtenido de Baterías para energía solar. Conceptos y tipos de baterías. Energía Solar baterías: <https://tecnosolab.com/noticias/baterias-para-energia-solar-tipos/#:~:text=Las%20bater%C3%ADas%20para%20energ%C3%ADa%20solar,noche%20y%20en%20d%C3%ADas%20nublados>
- Tobajas, C. (2018). *Energía solar fotovoltaica*. Cano Pina.
- Torres, A. (s.f.). *Microrred con energías renovables para base crestones. 2019*. Universidad Internacional de las Américas, Aranjuez.
- Twidell, J., & Weir, T. (2015). *Renewable Energy Resources*. London: Routledge.

## APÉNDICES Y FIGURAS

### Apéndice A. Datos Radiación Solar del Instituto Meteorológico Nacional.



Kenneth Prado Cordero <kprado@imn.ac.cr>

Vie 4/2/2022 09:37

Para: Carlos Moises Lacayo Fong



Datos.xlsx  
12 KB

IMN-DIM-CM-019-2022.pdf  
302 KB

2 archivos adjuntos (314 KB) Guardar todo en OneDrive Descargar todo

Buenos días Carlos,

Adjunto la información con la cual cuenta el IMN.

Cualquier duda o consulta, estoy para ayudarle.

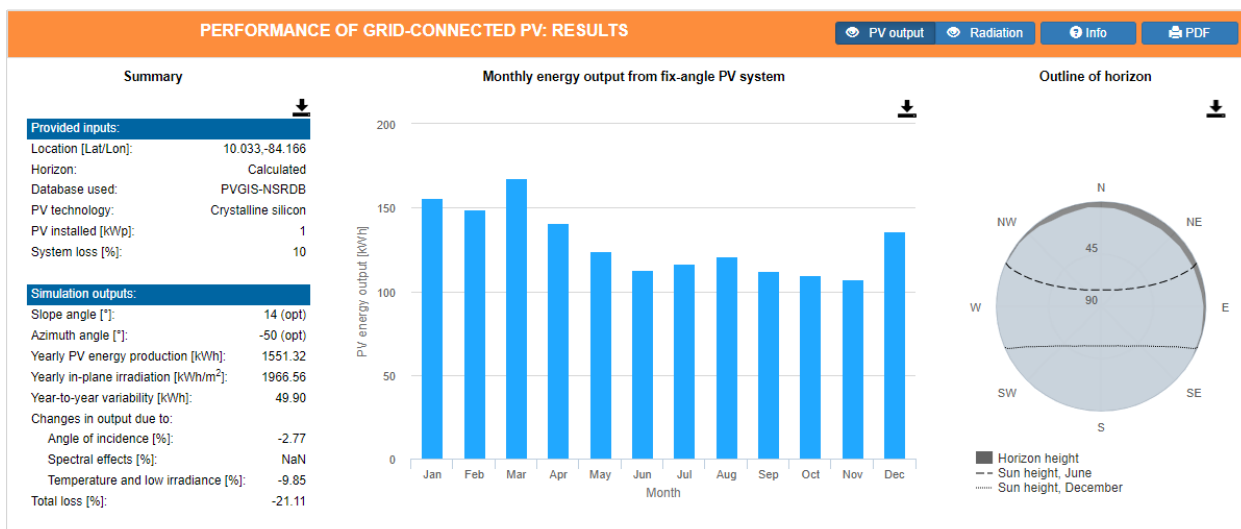
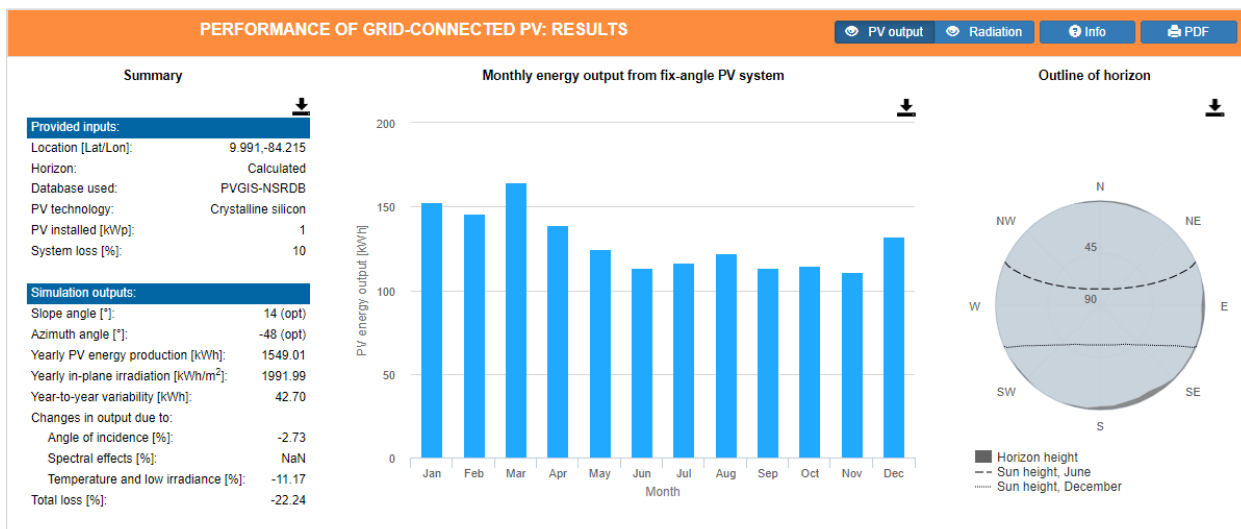
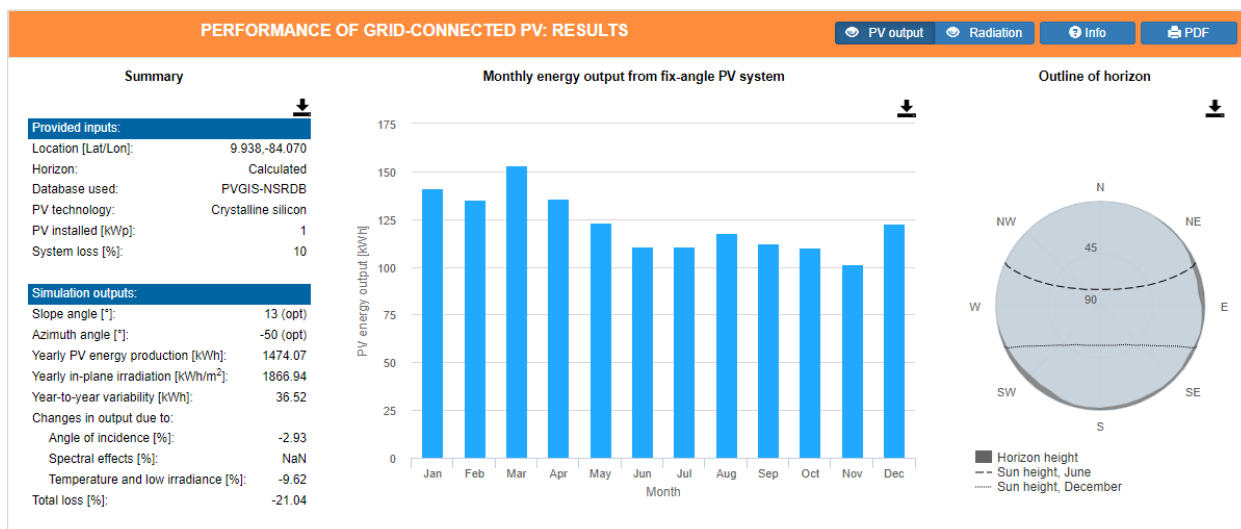


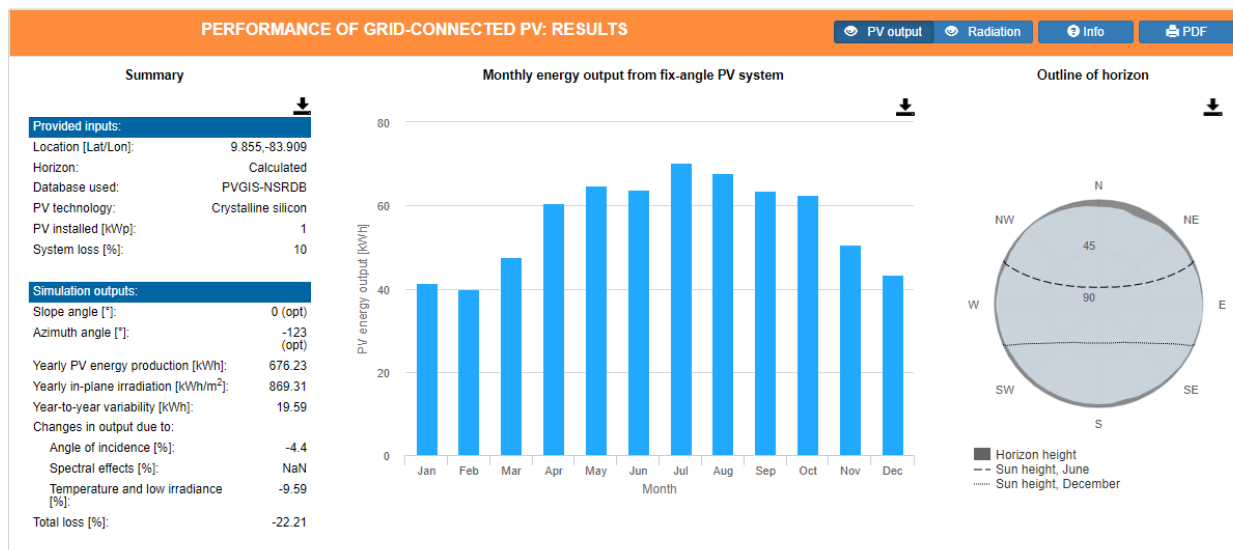
Kenneth Prado Cordero  
DEPARTAMENTO DE INFORMACIÓN METEORÓLOGO  
www.imn.ac.cr  
kprado@imn.ac.cr  
(506) 2222-5616 ext.126

ESTACION		COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTITUD (msnm)
		LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	
IMN, Aranjuez	No. 84 141	09° 56' 16.61"	84° 04' 10.83"	1181
Aerop. Juan Santamaria, Media P.	No. 84 169	09° 59' 26.45"	84° 12' 52.93"	913
Santa Barbara	No. 84 197	10° 02' 00"	84° 09' 57"	1070
ITCR, Cartago	No. 73 123	09° 51' 08"	83° 54' 31"	1360

Estación =	84141	San José	Radiación Promedio mensual (MJ/m <sup>2</sup> )									
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2020	14.2	21	25.5	21.6	15.3	14.9	15.5	15.7	17	15.7	14.5	15.5
2021	16.8	19.9	21	17.9	13.6	15.6	14.2	15.6	16.9	16.2	16.2	15
Estación =	73,123	Cartago	Radiación Promedio mensual (MJ/m <sup>2</sup> )									
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2020	17.7	23.1	27.5	23.9	18.5	18	19.1	19.2	21.9	16	17	17.2
2021	19.1	22.5	23.4	20	18.5	19.3	17.3	18.5	20.4	20.2	19	17.6
Estación =	84,169	Alajuela	Radiación Promedio mensual (MJ/m <sup>2</sup> )									
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2020	20.1	25	26.2	21.8	18.2	16	17.7	17.5	18	-	-	-
2021	20.7	23.4	25.5	19.5	16.6	17.3	15.7	16.1	17.1	17.4	17.4	18.3
Estación =	84,193	Heredia	Radiación Promedio mensual (MJ/m <sup>2</sup> )									
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2020	19.5	24.8	26.8	21.9	18	15.9	18	17.7	18.1	16.6	15	17.9
2021	19.5	22.9	23.7	20.1	17.2	17.8	16.6	16.7	17.6	17.3	17.8	17.3

## Apéndice B. Datos PVGIS.





## Apéndice C. Fichas Técnicas Paneles Solares.

**Description**

With a Sunshine 110W solar panel you could expect to generate around 31 amps per day when used in conjunction with a PWM solar charge controller and around 37 amps per day with an MPPT solar controller during the summer months. Multiple panels can be connected to acquire higher power if needed.

**Specifications**

- Maximum Power (Pmax): 110W
- Maximum Power Current (Ipm): 5.56A
- Maximum Power Voltage (Vpm): 18.0V
- Short Circuit Current (Isc): 5.81A
- Open Circuit Voltage (Voc): 22.50V
- Nominal Operating Cell Temp. (NOCT): -45 to 80°C
- Maximum System Voltage: DC1000V
- Maximum Series Fuse: 9A
- Size: 664 x 1006 x 35mm
- Weight: 6.87kg

**Features**

- 900mm of 4mm single-core insulated cable, fitted with MC Type 4 connectors
- High Performance Monocrystalline Cells
- Factory fitted aluminium frame with pre-drilled mounting holes
- Multiple pieces can be connected to acquire higher power
- Suitable for charging all types of 12 volt batteries
- Fitted with bypass diodes to minimise the effect of shading
- Completely weatherproof

**Guaranteed Performance**

- 5 Years Manufacturers Warranty
- 10 Years Warranty 90% Power Output
- 20 Years Warranty 80% Power Output

## E-sential Ivnotech



### Kit Placa Solar Monocristalino 130W. E-ESSENTIAL

Paneles solares de primera calidad con células monocristalinas.

Alta eficiencia energética.

Perfiles de aluminio ligeros y robustos, especialmente diseñados para una aerodinámica óptima.

Colocación sencilla y rápida. Perfil plano para una unión con 3M homogénea y una sujeción perfecta.

Descripción:

- Modelo : E-SSENTIAL FLAT 130W
- Potencia : 130W
- Tensión a potencia máx. : 19,5V
- Corriente a potencia máx. : 6,16A
- Tensión de circuito abierto : 23,6V
- Corriente de cortocircuito : 6,61A
- Dim. de la célula (LxAn.) : 158 x 53 mm
- Dim. generales (LxAxP) : 1038 x 670 x 44,5 mm
- Peso : 8,9 kg
- Pasacables incluidos.
- Dimensiones: 1038x670x44,5 mm
- Peso: 8,9 kg.
- Pre-montado y pre-cableado con cables anti-UV de 5 m de longitud

## Apéndice D. Ficha Técnica Batería Solar Victron Energy BAT12550084.



### Una nueva batería AGM: la batería AGM Super Cycle

[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)

#### Una batería realmente innovadora

Las baterías AGM Super Cycle son el resultado de recientes desarrollos de la electroquímica en el ámbito de las baterías. La pasta de las placas positivas es menos sensible al reblandecimiento, incluso en caso de repetidas descargas completas de la batería, y unos nuevos aditivos en el electrolito reducen la sulfatación en caso de descarga profunda.

#### Excepcional rendimiento en profundidad de descarga (DoD) del 100%

Los ensayos muestran que la batería Super Cycle puede soportar hasta trescientos ciclos de DoD del 100%. Los ensayos consisten en una descarga diaria a 10,8V con  $I = 0,2C_{20}$ , seguida de aproximadamente dos horas de reposo en condición de descarga, y a continuación una recarga con  $I = 0,2C_{20}$ . Los periodos de reposo de dos horas en condición de descarga producirían daños a la mayoría de las baterías tras unos 100 ciclos, no así a la batería Super Cycle.

Recomendamos la batería Super Cycle para su uso en aplicaciones en las que se espera se produzcan unas DoD del 100%, o frecuentes DoD del 60-80%.

#### Más ligeras y pequeñas

Una ventaja adicional de la nueva electroquímica es que permite un tamaño más reducido y un menor peso en comparación con las baterías AGM estándar de ciclo profundo.

#### Baja resistencia interna

La resistencia interna también es ligeramente inferior en comparación con nuestras baterías AGM estándar de ciclo profundo.

12 Volt Deep Cycle GEL							Especificaciones generales
Referencia	Ah	V	Lxanxal mm	Peso kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Tecnología: flat plate GEL Bornes: cobre, M8
BAT412550104	60	12	229 x 138 x 227	20	250	70	Capacidad nominal: 20 hr discharge at 25 °C Dur. de vida en flotación: 12 years at 20 °C Dur. de vida en ciclos: 500 ciclos en descarga 80% 750 ciclos en descarga 50% 1800 ciclos en descarga 30%
BAT412600100	66	12	258 x 166 x 235	24	270	80	
BAT412800104	90	12	350 x 167 x 183	26	360	120	
BAT412101104	110	12	330 x 171 x 220	33	450	150	
BAT412121104	130	12	410 x 176 x 227	38	500	180	
BAT412151104	165	12	485 x 172 x 240	48	550	200	
BAT412201104	220	12	522 x 238 x 240	66	600	220	
BAT412126101	265	12	520 x 268 x 223	75	650	250	

Temperatura media de funcionamiento	AGM Deep Cycle  años	Gel Deep Cycle  años
20°C / 68°F	7 - 10	12
30°C / 86°F	4	6
40°C / 104°F	2	3

## Apéndice E. Ficha Técnica Regulador de Carga Victron Energy Smart Solar MPPT 75/10.



Controladores de carga SmartSolar con salida de carga  
MPPT 75/10, 75/15, 100/15, 100/20-48V

[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



### Bluetooth Smart integrado

La solución inalámbrica para configurar, controlar, actualizar y sincronizar los controladores de carga SmartSolar.

### VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, PC u otros dispositivos.

### Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

### Salida de carga

Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado hasta alcanzar una tensión preestablecida. (Modelo 48V: interfaz con un relé) También se puede establecer un algoritmo de gestión inteligente de la batería: ver BatteryLife.

La salida de carga es a prueba de cortocircuitos.

### BatteryLife: gestión inteligente de la batería

Si un controlador de carga solar no es capaz de recargar la batería a plena capacidad en un día, lo que sucede es que el ciclo de la batería cambia continuamente entre los estados "parcialmente cargada" y "final de descarga". Este modo de funcionamiento (sin recarga completa periódica) destruirá una batería de plomo-ácido en semanas o meses.

El algoritmo BatteryLife controlará el estado de carga de la batería y, si fuese necesario, incrementará día a día el nivel de desconexión de la carga (esto es, desconectará la carga antes) hasta que la energía solar recogida sea suficiente como para recargar la batería hasta casi el 100%. A partir de ese punto, el nivel de desconexión de la carga se modulará de forma que se alcance una recarga de casi el 100% alrededor de una vez a la semana.

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20
Tensión de la batería (Selección automática)	12 / 24V			12 / 24 / 48V
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W	290W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W	580W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A
Desconexión automática de la carga	Sí			
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V	
Eficiencia máxima	98%			
Autoconsumo – on de la carga	12V: 19 mA 24V: 16 mA			26 / 20 / 19 mA
Autoconsumo – off de la carga	12V: 10 mA 24V: 8 mA			10 / 8 / 7 mA
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)			14,4V / 28,8V / 57,6V (adj.)
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)			13,8V / 27,6V / 55,2V (adj.)
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.			
Corriente de carga continua	15A			20A / 20A / 1A
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V/22,2V/44,4V u 11,8V/23,6V/47,2V o algoritmo BatteryLife			
Reconexión de carga por baja tensión	13,1V/26,2V/52,4V o 14V/28V/56V o algoritmo BatteryLife			
Protección	Cortocircuito de salida/Sobre temperatura			
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)			
<b>CARCASA</b>				
Color	Azul (RAL 5012)			
Terminales de conexión	6 mm <sup>2</sup> / AWG10			
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)			
Peso	0,5 kg	0,6 kg		0,65 kg
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40 mm		100 x 113 x 50 mm	100 x 113 x 60 mm
<b>NORMATIVAS</b>				
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2			
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.				
1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.				
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.				

## Apéndice F. Ficha técnica de las Bombas de Aire.

De: soporte@ideasmarinas.com

Fecha: mié., 2 mar. 2022 15:34

Para: carlosmoises34@hotmail.com

Asunto: Importación producto a Costa Rica

Estimado Carlos,

Lamento informarte de que nuestra empresa no realiza ventas fuera de nuestras fronteras. Sin embargo, quizás puedas adquirir el producto a través de alguna plataforma de venta on-line con capacidad para enviar paquetes a otros países, como Mercado Libre, eBay, etc.

Adjunto los datos técnicos del compresor para que lo ubiques más fácilmente.

Un saludo y suerte con tu compra.

### Alejandro Soria Molina

Gerente técnico de AZOO México S.A. de C.V.

Querétaro, México

Tel: +52 442 253 7888 (ext. 105)

Mail: [soporte@ideasmarinas.com](mailto:soporte@ideasmarinas.com)



## Ficha técnica de producto:

# BOYU®

Marca:	BOYU®
Producto:	Compresor de aire BOYU ACQ-906/910
Familia:	Equipamiento para acuarios
Tipo:	Compresor de aire
Presentaciones:	Producto en caja de cartón



### Descripción titular:

#### Trayectos seguros para sus peces.

Los compresores BOYU ACQ-906 y ACQ-910 aportan el equipamiento imprescindible para asegurar una aireación perfecta en sus peces durante largos desplazamientos. Con un rendimiento de 120 y 160 litros de aire por minuto repartido en sus ocho o diez salidas pueden suministrar burbujas a más de 24 piedras difusoras en sistemas de hasta 15m<sup>3</sup>. Este aireador puede alimentarse directamente con la batería de su vehículo o con una unidad de almacenamiento de energía independiente, asegurándole un suministro ininterrumpido y confiable de energía sin depender del suministro AC de corriente tradicional. Su motor DC libre de lubricantes usa tecnología de inducción magnética permanente y utiliza un sistema tambor/membrana que conduce el aire mediante un sistema laberíntico, que optimiza notablemente el rendimiento energético. Cuenta con una carcasa externa metálica que aporta una gran robustez y un sistema que permite fijar su conjunto a una superficie sólida mediante tornillos. Esto garantiza una larga vida útil y una alta resistencia al uso rudo en un entorno de trabajo productivo. De hecho, este aireador no solo resulta muy útil para acuariofilia y acuicultura ornamental, además resulta una buena solución para desempeñar labores de tipo industrial, como el transporte de especies en acuicultura de alimentación y otras actividades relacionadas con la pesca deportiva. Estos aireadores ofrecen una presión nominal de 0.12 Mpa con un consumo eléctrico de 60 y 120 vatios según modelo.

### Datos técnicos:

Clave:	Voltaje AC/DC/V	Frecuencia (Hz)	Consumo (w)	Enchufe (Tipo)	Long. cable (cm)	Protección Eléctrica:	Presión Máx. (MPa)	Caudal (Litros/min)	Número de salidas:
BYACQ906	DC/12v	DC	60w	Conector DC	25	---	0.12	120	8
BYACQ910	DC/12v	DC	120w	Conector DC	25	---	0.12	160	10

### Datos técnicos:

Modelo	Dimensiones (l x a x h, mm)	Dim. c. embalaje (bxaxh, mm)	Peso neto: (g)	Peso con embalaje: (g)	Temp. De trabajo (°C)	Para acuarios de hasta: (litros)
ACQ-906	233 x 110 x 133	220 x 120 x 185	2370	2525	5-35	15000
ACQ-910	258 x 140 x 152	270 x 175 x 185	3615	3835	5-35	30000

### Homologaciones: Compatibilidad:



### Imágenes descriptivas:



## Ficha técnica de producto:

# BOYU®

Marca:	BOYU®
Producto:	Compresores de aire BOYU ACQ
Familia:	Equipamiento para acuarios
Tipo:	Compresor de aire
Presentaciones:	Producto en caja de cartón

### Descripción titular:

#### Aireación para profesionales.

La línea profesional de compresores BOYU ACQ es la más moderna potente y eficiente. Sus 4 modelos abarcan potencias que varían desde los 70 hasta los 150w, con unos caudales desde los 60 a los 170 l/m y unas presiones nominales de hasta 0.035 MPa. Estas prestaciones permiten ofrecer aireación a sistemas acuáticos densamente poblados para acuicultura ornamental o de consumo, estanques o sistemas profesionales de acuarifilia de hasta 20.000 litros de capacidad. Incluye una conexión de latón y un distribuidor de hasta 16 salidas de 4/8 mm. Está compuesto por carcasa externa metálica que aporta una gran solidez al conjunto, además de una práctica asa y un soporte anclable mediante tornillos, ambos elementos fabricados en plástico ABS de gran calidad. Este aparato está diseñado mediante computadora con sistema CAD y fabricado bajo los estrictos controles de calidad que ofrece BOYU. En todos los sistemas profesionales, la potencia, confiabilidad y rentabilidad son los factores más determinantes. Es por ello que su motor AC libre de lubricantes usa tecnología de inducción magnética permanente empleando un sistema de un solo pistón. Esta tecnología asegura un alto caudal con una presión adecuada, mientras que opera de una forma suave y muy confiable, ahorrando al tiempo energía y emitiendo un nivel de ruido y vibraciones muy bajo. La línea de compresores BOYU ACQ le garantizará una alta productividad y durabilidad para su negocio con un nivel de mantenimiento casi nulo. Además, al igual que cualquier otro producto BOYU estos compresores cuentan con un excelente servicio de garantía y un confiable suministro refacciones y repuestos.



### Datos técnicos:

Clave:	Voltaje AC/DC/V	Frecuencia (Hz)	Consumo (W)	Enchufe (Tipo)	Long. cable (cm.)	Protección Eléctrica:	Presión Máx. (MPa)	Caudal (Litros/min.)	Número de salidas:
BYACQ-005	AC/230/115v	50/60 Hz	70w	"A" dos polos	189	IPX4	0.030	60	8
BYACQ-007	AC/230/115v	50/60 Hz	75w	"A" dos polos	189	IPX4	0.035	100	10
BYACQ-009	AC/230/115v	50/60 Hz	105w	"A" dos polos	189	IPX4	0.030	160	16
BYACQ-012	AC/230/115v	50/60 Hz	150w	"A" dos polos	189	IPX4	0.034	170	16

· BATTERY POWERED · SUPER SILENT · PORTABLE



Power: 2W  
Voltage: DC 5V  
Battery Capacity: 2600mAh

Air Output: 48GPH (180LPH)  
Air Pressure: 0.015Mpa  
Max. Water Depth: 4ft (1.2m)

Fits aquarium tanks up to 120 Gallons

## Apéndice G. Aprobación de la Bomba por parte de la Microbióloga de la cooperativa.



Mariel Obando <mariel.paola.obando@gmail.com>

Dom 6/3/2022 17:54

Para: Usted

Hola Moises,

Considero que la bomba que nos funcionaria mas es la segunda que tiene 10 salidas (BYACQ910) ya que en total ocupamos que mueva 117 litros de cultivo y tenemos 9 cilindros por cada estación.

### Ficha técnica de producto:

Marca:	BOYU®
Producto:	Compresor de aire BOYU ACQ-906/910
Familia:	Equipamiento para acuarios
Tipo:	Compresor de aire
Presentaciones:	Producto en caja de cartón

### Descripción titular:

#### Trajecitos seguros para sus peces.

Los compresores BOYU ACQ-906 y ACQ-910 aportan el equipamiento imprescindible para asegurar una ariación perfecta en sus peces durante largos desplazamientos. Con un rendimiento de 120 y 160 litros de aire por minuto respectivo en sus ocho o diez salidas pueden suministrar burbujas a más de 24 peces (dependiendo de la especie de los peces). Este aparato puede alimentarse directamente con la batería de su vehículo o con una unidad de almacenamiento de energía independiente, asegurándole un suministro inintermittente y confiable. Es capaz de operar sin depender del suministro AC de corriente tradicional. Su motor DC libre de lubricantes usa tecnología de inducción magnética permanente y utiliza un sistema de aislamiento que reduce el ruido reduciendo un sistema silencioso, que optimiza notablemente el rendimiento energético. Cuenta con una carcasa externa metálica que aporta una gran robustez y un sistema que permite fijar su conjunto a una superficie sólida mediante tornillos. Con garantía una larga vida útil y una alta resistencia al uso rudo en un entorno de trabajo productivo. De hecho, este compresor es solo uno de los productos de la serie de acuarios y maricultura en general, además incluye una buena solución para almacenar los datos de los acuarios, como el transporte de especies en acuicultura de alimentación y otras actividades relacionadas con la pesca deportiva. Este accesorio ofrece una presión nominal de 0.12 MPa con un consumo eléctrico de sólo 120 vatios según modelo.

## BOYU®



### Datos técnicos:

Clase:	Voltaje AC/DC/V	Presurizada (Mg)	Consumo (W)	Enchufe (Tipo)	Long. cable (cm.)	Protección Eléctrica:	Presión Máx. (MPa)	Caudal (Litros/min.)	Número de salidas:
BYACQ906	DC/12v	DC	60w	Conector DC	25	---	0.12	120	8
BYACQ910	DC/12v	DC	120w	Conector DC	25	---	0.12	160	10

## Apéndice H. Ficha Técnica Temporizador THC-15A.

### TCH15A PROGRAMADOR DIGITAL

#### CARACTERÍSTICAS BÁSICAS:

- INSTALACIÓN EN CARRIL
- PRECONFIGURACIÓN CON UNA SEMANA DE ANTELACIÓN
- PROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DIGITAL CON PROGRAMACIÓN DIARIA
- BATERÍA DE LITIO CON RESERVA DE ENERGÍA

#### DATOS TÉCNICOS:

- VOLTAJE: 12V DC
- DESVIACIÓN MÁXIMA: 2 SEG/DÍA A 25 GRADOS
- CONSUMO: 7,5 VA
- DISPLAY: LCD
- INTERVALO MÍNIMO: 1 MINUTO
- PESO: 150 g aprox.
- RESERVA DE ENERGÍA: 3 AÑOS (batería de litio)
- TEMPERATURA IDEAL DE USO: -10º - 40º
- HUMEDAD IDEAL DE USO: 35% - 85% RH

#### INSTRUCCIONES DE USO:

- PULSE LA TECLA RESET
- LA PRIMERA VEZ, PARA AJUSTAR EL DÍA Y LA HORA, PRESIONE LA TECLA CON EL RELOJ DIBUJADO Y A CONTINUACIÓN LAS TECLAS D+ PARA AJUSTAR EL DÍA Y H+ Y M+ PARA AJUSTAR LA HORA Y LOS MINUTOS.
- PROGRAMACIÓN:

PULSAR P PARA ELEGIR LA HORA DE ENCENDIDO.

PULSAR H+ Y M+ PARA ELEGIR HORA Y MINUTOS DE ENCENDIDO.

PULSAR D+ PARA ELEGIR LOS DÍAS DE ENCENDIDO. SI SE QUIERE CONECTAR TODOS LOS DÍAS, NO ES NECESARIO CONFIGURAR ESTA TECLA.

PULSE P DE NUEVO PARA ELEGIR LA HORA DE APAGADO

PULSE H+ Y M+ PARA ELEGIR HORA Y MINUTOS DE APAGADO

PULSE D+ PARA ELEGIR LOS DÍAS DE APAGADO. SI ELIGE TODOS LOS DÍAS NO ES NECESARIO CONFIGURAR ESTA TECLA.

TIENE LA POSIBILIDAD DE ESTABLECER 17 CONFIGURACIONES DIFERENTES DE ENCENDIDO/APAGADO

PULSAR LA TECLA CON EL RELOJ DIBUJADO PARA TERMINAR



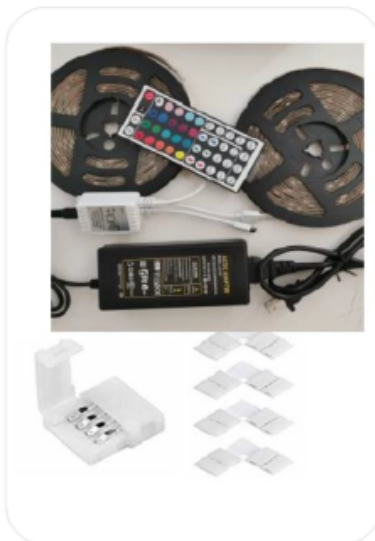
*Nota:* Fotos realizadas en las instalaciones de Micro JPM en Cartago.

## Apéndice I. Ficha Técnica de las Tiras LED.



### F I C H A T É C N I C A

**SOLO LED S.R.L.**  
 Cédula Jurídica: 3-102-787764  
 Tel: (506) 2290 8080  
 E-mail: [sololed@sololedcr.com](mailto:sololed@sololedcr.com)  
 San José, Costa Rica



Número de modelo:	RGB LED STRIP LIGHT YF-SMD5050
Tipo de luminaria:	Tira de Luces Led
Acabado (Color):	Transparente
Dimensiones:	5 MTS * 2
Temperatura:	25 ° C - 40 ° C / 13 ° F - 104 ° F
Temperatura de color:	RGB
Cinta:	3 M Tape
Lead chip / base:	SMD5050
Led qty:	30 LED / metros
Potencia (Watts):	36 W
Frecuencia:	50/60 Hz
Voltaje entrada:	100 V - 240 V
Voltaje salida:	12 V / 3 A
IP:	65
Control remoto:	Si
Garantía:	2 Años



DONDE LA LUZ Y  
EL ESTILO TIENEN SENTIDO

## Apéndice J. Artículos referenciados del NEC.

**690.15 Desconexión de los equipos fotovoltaicos.** Deben proporcionarse medios para desconectar los equipos, como inversores, baterías y controladores de carga de todos los conductores no puestos a tierra de todas las fuentes. Si el equipo está energizado desde más de una fuente, los medios de desconexión deben estar agrupados e identificados.

**(B) Ampacidad de los conductores.** Debe considerarse que las corrientes del sistema fotovoltaico sean continuas. Los conductores del circuito se deben dimensionar para portar un valor no menor que el mayor valor establecido en las secciones 690.8(B)(1) o (2).

**240.6 Valores en amperes nominales normalizados.**

**(A) Fusibles e ruptores de circuito de disparo fijo.** Los valores en amperes nominales normalizados de los fusibles e interruptor automático de tiempo inverso, son: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45,

50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000 amperes. Los valores en amperes nominales normalizadas adicionales para fusibles deben ser de 1, 3, 6, 10 y 601. Debe permitirse el uso de fusibles e ruptores de circuito de tiempo inverso con valores nominales en amperes no normalizadas.

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]						Calibre AWG o kcmil
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
		Tipos 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 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				
18**	—	—	14	—	—	—	—
16**	—	—	18	—	—	—	—
14**	15	20	25	—	—	—	—
12**	20	25	30	15	20	25	12**
10**	30	35	40	25	30	35	10**
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	350	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	315	375	425	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	445	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	525	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	555	665	750	470	560	630	2000

### Apéndice K. Emisiones por gas y sector en Costa Rica.

Sector	Emisiones por gas (Gg)					CO <sub>2</sub> eq	Contribución (%)
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	SF <sub>6</sub>		
Energía	7762,9	3,841	0,445			7981,6	55,1
IPPU	757,9	NO	NO	0,357	0,00002	1394,7	9,6
Agricultura	65,95	101,04	2,500			2962,8	20,5
Residuos	69,09	95,46	0,209			2138,5	14,8
<b>Total sin FOLU</b>	<b>8655,8</b>	<b>200,3</b>	<b>3,15</b>	<b>0,36</b>	<b>0,00002</b>	<b>14477,6</b>	<b>100,0</b>
FOLU	-3073,23	4,18	0,055			-2968,4	-20,5
<b>Total con FOLU</b>	<b>5582,6</b>	<b>204,5</b>	<b>3,21</b>	<b>0,36</b>	<b>0,00002</b>	<b>11509,2</b>	<b>79,5</b>
Transporte aéreo internacional	654,0	0,00623	0,0189			660,0	
Navegación marítima internacional	325,3	0,0294	0,00841			328,5	

Fuente Instituto Meteorológico Nacional.

#### CO<sub>2</sub> emitido al año (Ton)

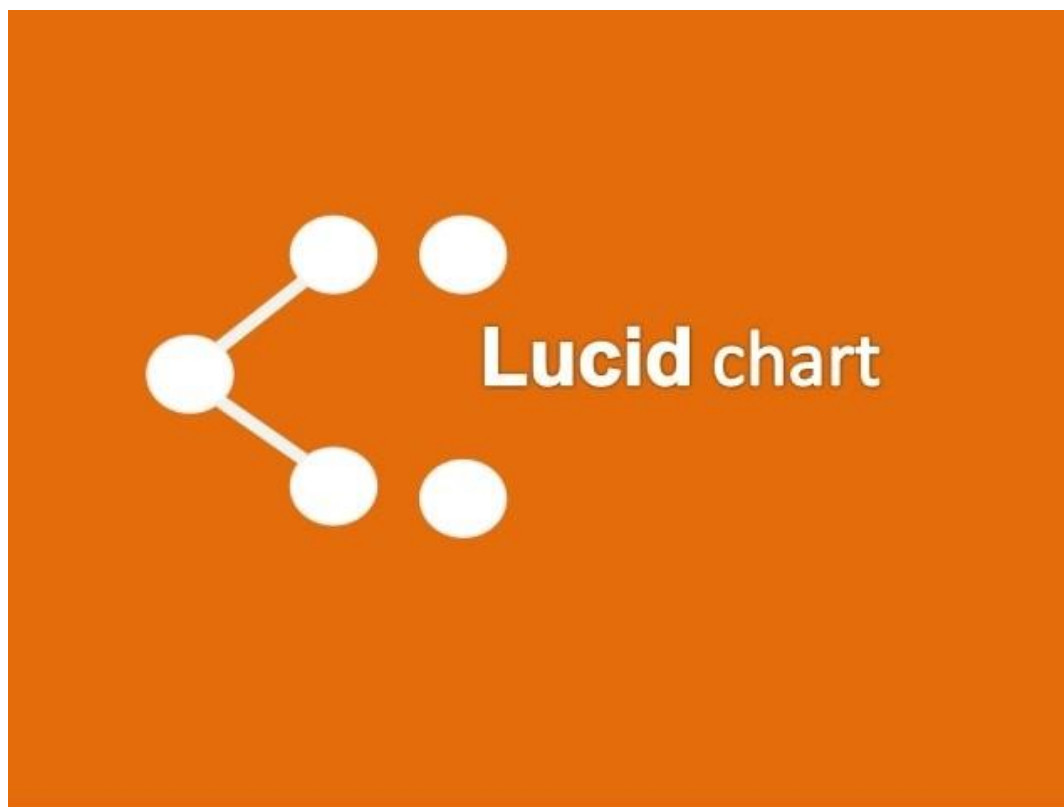
Persona promedio en Costa Rica 1.55

#### CO<sub>2</sub> mitigado al año (Ton)

108 árboles maduros 18

6000 Smartree 18

### Apéndice L. Programas de diseño utilizados en la Investigación.





## Welcome

Get the full functionality of SmartDraw for **6 more days**.  
If you have any questions, [contact us](#).

**CONTINUE**

**Apéndice M. Prototipo del Smarttree.**











*Nota:* Fotos realizadas en la visita al Museo de los Niños el 10 de Diciembre de 2021.