

**Diseño de un sistema inteligente y autosostenible de oxigenación de estanques utilizados en piscicultura.**

**Autores:  
Dudley Dewey May Riaño  
José Epitacio Santiago Avila Vargas**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingeniería  
Ingeniería Electrónica  
Bogotá 2020**

**Diseño de un sistema inteligente y autosostenible de oxigenación de estanques utilizados en piscicultura.**

**Autores:**

**Dudley Dewey May Riaño  
José Epitacio Santiago Avila Vargas**

**Proyecto para obtener el título de ingeniero electrónico**

**Asesor:**

**Jairo Luis Gutiérrez Torres**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingeniería  
Ingeniería Electrónica  
Bogotá 2020**

## **Dedicatoria**

A Dios todo poderoso por iluminarme, permitirme culminar esta etapa tan anhelada de mi vida por más de 60 años y hasta por esos obstáculos que se presentaron en este camino, de lo cual he aprendido y gracias a él lo he podido superar.

A mi esposa y a mis hijos también a mi nuera Alejandra que con su dedicación, paciencia y apoyo incondicional me ayudaron a alcanzar esta meta trazada.

A mi compañero de proyecto Dudley, y a todos los docentes que fueron partícipes de mi formación integral entregándose día a día con sus conocimientos y exigencias que sin su ayuda y entrega no sería posible culminar este proyecto

José Epitacio Santiago Avila Vargas

Principalmente a Dios por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento por ofrecerme y buscar siempre lo mejor para mí como persona, a mi familia, esposa, hijas, hermanas y madre, que fueron un apoyo en todo momento, gracias por su confianza y comprensión en el desarrollo de mi carrera; a mi compañero de proyecto por su ayuda y a los docentes que compartieron su conocimiento para realizar adecuadamente el presente proyecto, a nuestra querida universidad UNAD por sus diferentes programas de formación profesional.

Dudley Dewey May Riaño

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi Dios todo poderoso que con sus bendiciones me han conducido hasta aquí, permitiéndome realizar esas metas trazadas. A mis profesores que compartieron sus valiosos conocimientos, como el ingeniero Néstor Rodríguez, pero muy especialmente al ingeniero electrónico Jairo Luis Gutierrez quien con su apoyo incondicional y su don de gentes se convirtió en mi consultor y que sin él, tal vez no estaría en este peldaño.

También agradezco al profesor Jorge Zambrano, por su asesoría en este proyecto y desde luego vivo agradecido con mi compañero de proyecto Dudley Dewey May R., que con su destreza que da la juventud ha sido mi apoyo.

## Tabla de contenido

Lista de figuras.....	8
Lista de tablas.....	10
Lista de ecuaciones .....	10
Lista anexos.....	10
Abstract .....	10
Resumen.....	11
Introducción .....	11
1. Marco de referencia.....	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 Justificación.....	14
1.3 Objetivo general .....	17
1.4 Objetivos específicos.....	17
2. Marco teórico .....	17
2.1 Paneles Solares:.....	21
2.2 El aireador: .....	23
2.3 Sensor de oxígeno disuelto en Agua: .....	23
2.4 Energía solar fotovoltaica:.....	24
2.5 Sistema solar fotovoltaico: .....	24
2.6 Motor:.....	24
2.7 Sistema embebido: .....	25
2.8 Contactor .....	25
2.9 Puesta a tierra .....	26
3. Diseño y desarrollo del proyecto.....	27
3.1 Metodología .....	27
3.2 Estudio del caso:.....	27
3.3 Fase 1 - Caracterización: .....	28
3.4 Fase 2 - Estudio de la carga:.....	29
3.5 Fase 3 - Dimensionamiento del sistema de alimentación:.....	34

3.5.1	Calculo de los paneles solares .....	35
3.5.2	Cálculo de las baterías.....	37
3.5.3	Calculo del regulador solar.....	39
3.5.4	Calculo del conductor.....	41
3.6	Fase 4 - Plan de gestión:.....	42
3.7	Fase 5 - Presentación del diseño: .....	46
3.7.1	Análisis económico del diseño:.....	48
3.8	Mejoras del proyecto.....	51
4.	Conclusiones .....	52
5.	Bibliografía .....	53
6.	Anexos.....	56

## Lista de figuras

Figura 1. Bajo Crecimiento de mojaras rojas por m <sup>2</sup> (Minciencias, 2017) .....	15
Figura 2. Tamaño pequeño de la especie (ipac, 2015) .....	16
Figura 3, Esquema fotovoltaico aislada (cenitsolar, 2019) .....	19
Figura 4. Sensor de Oxígeno disuelto en el agua (sigmaelectronica, 2019).....	20
Figura 5. Paneles monocristalinos (SunFields, 2018) .....	21
Figura 6. Módulos policristalinos (SunFields, 2018) .....	21
Figura 7. Paneles silicio amorfo (SunFields, 2018) .....	22
Figura 8. Panel solar flexible (SunFields, 2018) .....	22
<i>Figura 9, Panel solar sunpower, recuperado de <a href="https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/">https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/</a> .....</i>	<i>22</i>
Figura 10, Paneles solares, recuperado (SunFields, 2018).....	22
Figura 11. Fuente en V. para aireación (Pentairaes, 2018) .....	23
Figura 12. Motor DC (Pentairaes, 2018).....	25
Figura 13. Tarjeta Arduino Uno Recuperado de: <a href="https://www.arduino.cc/">https://www.arduino.cc/</a> .....	25
<i>Figura 14. Interruptor de potencia (Contactor), Autoría propia.....</i>	<i>26</i>
Figura 15, Camino a diferentes fincas.....	28
Figura 16. Contenedor para el cultivo de peces recuperado de WhatsApp Imagen .....	29
<i>Figura 17, Diagrama de bloques fotovoltaico, Fuente: Elaboración propia .....</i>	<i>30</i>
Figura 18, motor para la cantidad de oxígeno disuelto de 4.5 a 6 ppm o mayor de 2 a 3 mg/l ideal para un estanque de 1500m <sup>2</sup> (Pentairaes, 2018).....	31
Figura 19. Implementación de los paneles monocristalinos, se diferencian por su color negro, se caracterizan por que se obtienen una mayor eficiencia (Pentairaes, 2018).....	32
Figura 20, Posición del Sol, recuperado de <a href="https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es">https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es</a> .....	33
Figura 21. Coordenadas de la finca Buenos Aires tomado de Google maps. ....	33
Figura 22, Irradiancia W/m <sup>2</sup> en la Finca Buenos Aires .....	34
Figura 23, conexión de paneles, Recuperado de (Energy, 2018) .....	35
<i>Figura 24, Batería solar de gel 12V para fotovoltaica aislada de descarga profunda, recuperado de <a href="https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/bateria-solar-12v/">https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/bateria-solar-12v/</a> (Energy, 2018) .....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 25, capacidad de corriente hora de baterías, recuperado de <a href="https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/bateria-solar-12v/">https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/bateria-solar-12v/</a> (Energy, 2018).....</i>	<i>39</i>
Figura 26, regulador de carga, Recuperado de (Energy, 2018).....	40
<i>Figura 27, características de los reguladores de energía recuperado de <a href="https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/reguladores-carga-victron/">https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/reguladores-carga-victron/</a> (Energy, 2018) .....</i>	<i>41</i>
Figura 28. Características de los puertos del sensor recuperado de: <a href="https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237">https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237</a> (DFRobot, 2019) .....	42
Figura 29. Esquema del sensor SKU: SEN0237 recuperado de <a href="https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237">https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237</a> .....	43

Figura 30. Conexión del sensor y el Arduino recuperado de <a href="https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237">https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237</a> .....	43
Figura 31. Prototipo de simulación en <a href="http://www.tinkercad.com">www.tinkercad.com</a> , imagen propia. ....	44
Figura 32. Programación con Arduino, imagen propia. ....	45
Figura 33. Sistema de control con relevo para motor, Fuente: Elaboración propia. ....	46
Figura 34. Presentación del diseño, Fuente: Elaboración propia. ....	46
<i>Figura 35, esquema unifilar realizado en Visio, Fuente: Elaboración propia.</i> .....	47
Figura 36. Diseño general realizado en Paint 3D, Fuente: Elaboración propia.....	47

### Lista de tablas

Tabla 1, Oxígeno Partes por millón (ppm), Fuente: Elaboración propia .....	18
Tabla 2. Recursos para el proyecto con sistema fotovoltaico, Fuente: Elaboración propia .....	48
Tabla 3. Recursos para el proyecto con sistema eléctrico, Fuente: Elaboración propia.....	49
Tabla 4. Consumo panel VS red eléctrica AC, Fuente: Elaboración propia .....	49
Tabla 5, Recuperación con el aumento de peces, Fuente: Elaboración propia .....	49
Tabla 6. Programación para el sensor SEN0237, Fuente recuperado de <a href="https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237">https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237</a> .....	60

### Lista de ecuaciones

<i>Ecuación 1, determina la potencia según la energía</i> .....	31
<i>Ecuación 2, Para determinar la cantidad de paneles</i> .....	32
<i>Ecuación 3, Irradiancia condición estándar</i> .....	32
<i>Ecuación 4, Determina el total de paneles</i> .....	35
<i>Ecuación 5, corriente máxima para cargar la batería</i> .....	37
<i>Ecuación 6, corriente máxima para descargar la batería</i> .....	37
<i>Ecuación 7, Mejor acumulador</i> .....	38
<i>Ecuación 8, Corriente para el regulador solar</i> .....	40
<i>Ecuación 9, Calculo para el regulador solar</i> .....	40

### Lista anexos

<i>Anexo 1, Datos de Panel solar, Fuente (Energy, 2018)</i> .....	56
<i>Anexo 2, Características del Paneles solares, Fuente: (Yangtze Solar Power Co., 2015)</i> .....	57
<i>Anexo 3, Características del sensor, Fuente: (DFRobot, 2019)</i> .....	58
<i>Anexo 4, características del sensor SEN0237-A, Fuente: (DFRobot, 2019)</i> .....	59
<i>Anexo 5, Características del motor para la fuente, Fuente: (Pentairaes, 2018)</i> .....	66
<i>Anexo 6, Parámetros del sitio geográfico en software PVsyst, Fuente: (PVsyst, 2019)</i> .....	67
<i>Anexo 7, Parámetros del sitio geográfico en software PVsyst, Fuente: (PVsyst, 2019)</i> .....	68
<i>Anexo 8, Parámetros o mapa del sitio geográfico en software PVsyst, Fuente: (PVsyst, 2019)</i> .....	68



## **Abstract**

This research proposes the design of a water aeration system powered by photovoltaic energy and a load management plan that allows controlling the oxygen level of the water and regulating the energy consumption of the system.

All this to contribute to the environment and also to increase productivity in artisanal fish crops that allow farmers to improve their living conditions by properly exploiting the natural resources they have.

## **Resumen**

En esta investigación se propone el diseño de un sistema de aireación de agua alimentado con energía fotovoltaica y un plan de gestión de cargas o del consumo que permitan controlar el nivel de oxígeno del agua y regular el consumo de energía del sistema. Todo esto para contribuir con el medio ambiente y también para elevar la productividad en cultivos artesanales de peces que permitan a los campesinos mejorar sus condiciones de vida explotando adecuadamente los recursos naturales con que cuentan.

Palabras Claves: Fotovoltaico, aireadores, aireación, piscicultura, estanques piscícolas, energía solar.

## **Introducción**

La presente investigación se refiere al tema del diseño de un sistema inteligente y autosostenible de oxigenación de estanques utilizados en piscicultura, en la zona rural del municipio de Acacias Meta, utilizando diferentes elementos que ayudan a realizar el proyecto y contribuyen con el medioambiente. La característica principal de este tipo de proyecto es contribuir con los habitantes Acacias que quieren implementar un sistema de cultivo de mojarra roja, estando apartados de la energía eléctrica convencional.

Para analizar esta problemática es necesario de mencionar sus causas, en donde podemos encontrar que una de ellas es la falta de un sistema de energía que no produzca contaminación, pues en la actualidad, se realiza la generación de energía a través de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas causan emisiones descontroladas de CO<sub>2</sub> con lo cual pueden asociarse diferentes enfermedades, también hay que tener en cuenta que cada vez hay menos recursos naturales para este tipo de generación de energía por esto se explora con tecnologías como los paneles solares o energía fotovoltaica los cuales son una buena alternativa para implementarlo con un diseño de un sistema inteligente y autosostenible de oxigenación de estanques utilizados en piscicultura en la finca de Buenos Aires zona rural de Acacias Meta, cambiando el sistema artesanal de los moradores del sector por un sistema autónomo de inyección de oxígeno y controlando las cargas o el consumo en vatios para contribuir con el medio ambiente y también para elevar la productividad en cultivos artesanales de peces que permitan a los campesinos mejorar sus condiciones de vida explotando adecuadamente los recursos naturales con que cuentan.

Por esto la investigación se limita hasta el cálculo de paneles solares para la carga instalada donde el mayor consumo es el motor del sistema de aireación junto con los elementos de control del sistema de aireación, como se manifiesta en las fases del proyecto, teniendo en cuenta que el acuicultor debe de tener presente otras variables como la calidad del agua el ph de la misma, el sistema de alimentación entre otros.

## **1. Marco de referencia**

### **1.1 Planteamiento del problema**

En la actualidad, debido al mal manejo que el ser humano le ha dado a los recursos naturales, para el desarrollo productivo global, en específico a la generación de energía a través de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas, las emisiones descontroladas producto de la generación tradicional han generado problemas medioambientales como la lluvia ácida y el calentamiento global por la emisión de CO<sub>2</sub> entre otros, situación que de no ser controlada según la organización del medio ambiente y la organización mundial de la salud, se verá reflejada cada vez más en la mortalidad temprana de personas y en general de los seres vivos del planeta.

Según los problemas mencionados, en cuanto a la generación de energía tradicional, la tendencia en el momento y a futuro es la explotación de las fuentes no convencionales de energía, como lo son, la fotovoltaica y eólicas entre otras, es por ello que ingenieros e investigadores han avanzado mucho en mecanismos y tecnologías que permitan la sostenibilidad de este tipo de soluciones, sin embargo se enfrentan siempre al reto de obtener la mayor eficiencia ya sea en la generación y conversión de energía o en reducir el consumo de las cargas en vatios-hora. En este contexto también en el mundo se está presentando que la demanda energética es creciente, pero los combustibles fósiles se están agotando, si no se controla lo anterior en unos 30 años, quizás acciones como el encender un computador o un bombillo será prácticamente un lujo.

Frente a lo anterior, Colombia está tomando medidas para promover el uso de las fuentes no convencionales de energía no solo por problemas medioambientales sino también porque en el país existen casi 2,5 millones de colombianos que no están interconectados a la red de distribución nacional, existiendo poblaciones o sectores menos favorecidos que no tienen acceso a la electricidad acarreado rezago al acceso a la educación, a la salud, a servicios públicos básicos y a la industrialización de los recursos locales. Situación que se presenta en la finca Buenos Aires zona rural de Acacias Meta, lugar donde se delimita esta investigación.

En este lugar encontramos prácticas de piscicultura de manera artesanal que los moradores del sector han trabajado de mucho tiempo atrás porque cuentan con la tierra y los recursos naturales para hacerlo, sin embargo, por problemas de conocimiento no realizan la explotación a gran escala de los recursos con que cuentan y no aprovechan el gran potencial para generar cultivos de peces con altos niveles de productividad.

Los campesinos de la finca se dedican a la cría de mojarra roja, en estanques de 1250m<sup>2</sup>, la problemática identificada en este espacio es la gran mortalidad y el bajo crecimiento de los peces debido a un inadecuado plan de oxigenación. Frente a lo anterior, se hace necesario técnicas innovadoras como el uso de mecanismos de aireación electromecánicos que pueden ser motores con aspas. Sin embargo, tampoco se cuenta con energía para alimentar esta máquina

eléctrica y se hace necesario utilizar algún método aislado de energización, por el potencial que presenta la zona, lo ideal sería utilizar una planta fotovoltaica.

Por otro lado, en lugares donde se presenta la piscicultura de manera profesional han encontrado que los usos continuos de aireadores saturan de oxígeno los estanques ocasionando baja productividad, es por ello que de la mano del uso de aireadores debe de existir un plan automático de gestión del mismo, que permita oxigenar el tanque donde permanecen los peces del cultivo y también la reducción del consumo de energía.

Frente a las anteriores problemáticas, en esta investigación se propone el diseño de un sistema de aireación de agua alimentado con energía fotovoltaica el cual alimentara también el sistema electrónico automático para el plan de oxigenación del agua, ayudando en el consumo de energía del sistema, todo esto para contribuir con el medio ambiente y también para elevar la productividad en cultivos artesanales de peces que permitan a los campesinos mejorar sus condiciones de vida explotando adecuadamente los recursos naturales con que cuentan.

Por lo tanto, ¿Es posible contribuir con el medio ambiente y ayudar a los piscicultores de la zona rural de Acacias Meta utilizando energías renovables y un sistema de oxigenación que ayuda al crecimiento de los peces en un estanque de cría de mojarra roja?

## **1.2 Justificación**

Para el desarrollo global sostenible es importante mejorar el manejo que se le ha dado a los recursos naturales, minimizando el uso de elementos derivados del petróleo u otros elementos que están afectando la vida de los seres vivos en el planeta, por esto, es preocupante seguir utilizando elementos fósiles como, el carbón, entre otros, para la generación tradicional de energía eléctrica. Las investigaciones actuales apuntan al desarrollo de sistemas alternativos de generación, que a su vez contribuyan con la conservación de la vida, mitigando las enfermedades o muertes que tenemos hoy en día por las emisiones descontroladas de gases contaminantes, derivados de los procesos de combustión en plantas eléctricas.

Por esto es necesario la implementación de alternativas de producción de energía limpia como los son la energía fotovoltaica, eólica entre otras, ya que son mecanismos que se han promovido en países desarrollados de manera exitosa como lo es en China que producen alrededor de 130.4 gigavatios con paneles solares y su planta solar flotante, estados unidos no se queda atrás con 85.3 gigavatios con paneles solares, otro país es Japón con una generación de 63,3 gigavatios obtenido gracias a los paneles solares, después hay otros países que han adoptado esta tecnología como lo es India, Alemania, Italia, Reino Unido, Francia, Australia, Paquistán, entre los más importantes en la generación de energía solar, Colombia no se queda atrás pero si seguimos incrementando la generación de energía con paneles solares contribuimos en los compromisos globales adquiridos en Colombia donde se está promoviendo a través de políticas de gobierno, un ejemplo de ello se encuentra plasmado en la ley 1715 del 2014 que permite la

entrada de las fuentes no convencionales de energía al sistema de generación nacional, con lo cual el ministerio de minas y energía determina que en el 2022 al 2023 Colombia tendrá con 1.400 megas de capacidad instalada para la generación de energía solar y eólica.

Con la entrada de estas fuentes no convencionales se impacta de manera positiva en cifras de cobertura, puesto que se lleva energía eléctrica a lugares que están alejados de la zona de interconexión nacional, Situación que aplica para el área rural delimitada en este proyecto, la cual cuenta con gran potencial para la generación de energía solar fotovoltaica según los datos meteorológicos entregados por el IDEAM en el atlas de radiación solar global anual.

Por otro lado, las problemáticas asociadas a la piscicultura identificadas en esta zona donde no tienen sistemas de aireación y los peces no tienen un crecimiento adecuado ameritan una solución que permita mejorar el ciclo de vida de la cría de peces y a su vez la productividad evitando pérdidas por la muerte temprana o bajo rendimiento en producción debido a los escasos de aire el cual se quiere mejorar en el estanque de cultivo con un sistema de aireación automático que dará un rendimiento económico hasta de un 35%.



*Figura 1. Bajo Crecimiento de mojaras rojas por m<sup>2</sup> (Minciencias, 2017)*

Para lograr lo anterior esta investigación presenta un diseño innovador en el cual, desde el punto de vista técnico se desarrollará el dimensionado de un sistema fotovoltaico autónomo y se programará un plan de gestión automática, el cual se encargara de regular consumo eléctrico de la mayor carga que en este caso es el motor que ayuda a controlar la cantidad de oxígeno proporcionada por aireador de fuente en V., esta solución permitirá incrementar la productividad en el engorde de Mojarra Roja de la siguiente manera:

- Evitar la muerte temprana de los peces.
- Mejorar las condiciones de crecimiento y peso.
- Doblar la cantidad de peces por estanque.

- Mejorar la economía de los usuarios.
- Aumentar la productividad de la especie en el sector.
- Aumento de numerosos desoves

Para el caso puntual el proyecto apunta entre otros, dar solución al problema con un sistema fotovoltaico de energía solar que es renovable y prácticamente inagotable y limpia apropiada para el medio ambiente y sitios un tanto alejados de la cobertura eléctrica convencional, el cual nos evita el problema que produce los combustibles fósiles entre otros.

Por esto se quiere implementar y diseñar una planta con energías alternativas utilizando energía solar fotovoltaica para el control y regulación del consumo y aireación del agua que ayuden al cultivo de Mojarra Roja en el estanque que tiene una temperatura entre los 24 y 28°C por las características del clima de la finca Buenos Aires en Acacias Meta.



*Figura 2. Tamaño pequeño de la especie (ipac, 2015)*

**El alcance del proyecto** se delimita de los recursos de la finca o para la comunidad del sector que quiera implementar el sistema en la piscicultura.

El sistema resolverá el problema de muertes de peces y falta de crecimiento de la especie por poca oxigenación en un estanque de cultivo el cual está aislado del sistema eléctrico convencional, para un buen uso de la energía suministrada por paneles solares, con esto se mejorara el crecimiento de la producción ya que la oxigenación en V es un factor muy importante que ayuda al buen crecimiento de los peces y de la circulación del agua, aprovechando las características de temperatura del sector, donde la comunidad o personas a cargo del cultivo deben de tener presente la densidad de siembra en reversión o de levante, para posteriormente utilizar los peces en la siembra de engorde el cual está enfocado este proyecto, sin descuidar el análisis microbiológico del agua por la descomposición de materia orgánica, el alimento de los peces, los desechos o heces de los peces, el plancton, el PH del agua son cuidados que deben de tener en cuenta los piscicultores de la región.

### **1.3 Objetivo general**

Diseñar un sistema de aireación de agua auto sostenible, para el cultivo de mojarra roja en estanque con un sistema de aireación, con el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica aislada y autónoma, junto con la aplicación de un plan de gestión de carga en vatios que permita la regulación del consumo energético y el nivel de oxígeno adecuado.

### **1.4 Objetivos específicos**

- Establecer las condiciones ambientales del municipio de Acacias Meta para definir las características del sistema de energías renovables con paneles solares para implementarlo en las cargas o consumo energético del sistema de aireación.
- Validar el estudio de carga en vatios que se utilizara para la implementación y buen funcionamiento del sistema fotovoltaico, verificando la energía suministrada por los paneles solares sea idónea a la carga o consumo presentado.
- Dimensionar el sistema fotovoltaico autónomo adecuado según las condiciones ambientales y de las cargas en vatios presentadas para su buen funcionamiento.
- Proponer un plan de gestión para optimizar la regulación del consumo energético y el nivel de aireación proporcionado al estanque, a través de los valores del sensor de oxígeno disuelto.
- Elaborar los esquemas y planos de la instalación con los elementos necesarios para el sistema de captación de energía renovable y el sistema de medición y regulación de partes por millón de oxigenación en el agua del estanque, para que el usuario lo opere en la manera correcta.

## **2. Marco teórico**

La contaminación del medio ambiente está causando diferentes enfermedades en la población por el uso de combustibles para la generación de energía eléctrica, este tipo de energía convencional tiene diferentes desventajas en el impacto ambiental, contaminación del agua y del aire, y el agotamiento de los recursos naturales y en la destrucción del planeta, este tipo de problemática permiten buscar alternativas en el uso de energías renovables disminuyendo las desventajas que hay en la generación de la energía eléctrica convencional, la tendencia de utilizar las diferentes opciones de energías renovables va en aumento de forma significativa para conseguir disminución en el impacto ambiental (Cindy G., María P., 2015). Para mejorar el uso de energías alternativas el gobierno colombiano en cabeza del presidente de la republica Iván

Duque el cual dijo que “¡La revolución de las energías renovables ya empezó!”, y con la ayuda del Ministerio de Minas y Energía se quiere implementar cada vez más la utilización de energías renovables.

Al estar conscientes de la problemática de la generación convencional de la energía eléctrica y en búsqueda de dar solución a poblaciones que están retiradas de este tipo de redes eléctricas, se quiere aprovechar el uso de paneles solares en la utilización de energía fotovoltaica transformando la energía solar en electricidad tomando la radiación del sol en cada una de las células fotoeléctricas que tienen estos paneles produciendo una diferencia de potencial eléctrico obteniendo electricidad directa o continua y poder alimentar diferentes elementos que funcionan con corriente continua, pero si se requiere alimentar componentes con corriente alterna es necesario de un Inversor el cual se encarga de recibir la electricidad continua de los paneles solares y la convierte lo más similar en electricidad de corriente alterna. Este tipo de energía renovable se puede aplicar en diferentes ámbitos como en el alumbrado de exteriores o interiores, sin cableado que abarquen grandes extensiones o en la piscicultura o el cultivo de los peces de forma controlada para sistemas de aireación, para el control del crecimiento de los peces y la piscicultura intensiva la cual se caracteriza en tener una producción de peces de forma controlada con fines comerciales con estanques para la siembra y cosecha de forma periódica de forma programada, con un control de la calidad del agua con sistema de aireación, y control en la alimentación donde se realiza con concentrados ricos en proteínas.

Las características de la cantidad de peces es se puede apreciar tomar según el IDEAM, donde la densidad de siembra en reversión es de 800 alevinos/m<sup>2</sup>, la densidad de siembra en levante es de 50 alevinos/m<sup>2</sup> y la densidad de siembra en engorde es de 15 peces/m<sup>2</sup>, esta última se toma en el desarrollo del proyecto.

**Tabla 1, Oxígeno Partes por millón (ppm), Fuente: Elaboración propia**

Oxígeno Partículas por millón (ppm)	Efectos
<b>0 a 0.3</b>	Los peces pequeños sobreviven en cortos períodos.
<b>0.3 a 2.0</b>	Letal a exposiciones prolongadas
<b>3.0 a 4.0</b>	Los peces sobreviven pero crecen lentamente
<b>Mayor de 4</b>	Rango deseable para el crecimiento del pez.

*Recuperado de manual de producción de tilapia (Cantor, 2007)*

**Nota.** Fuente: manual de producción de tilapia (2007).

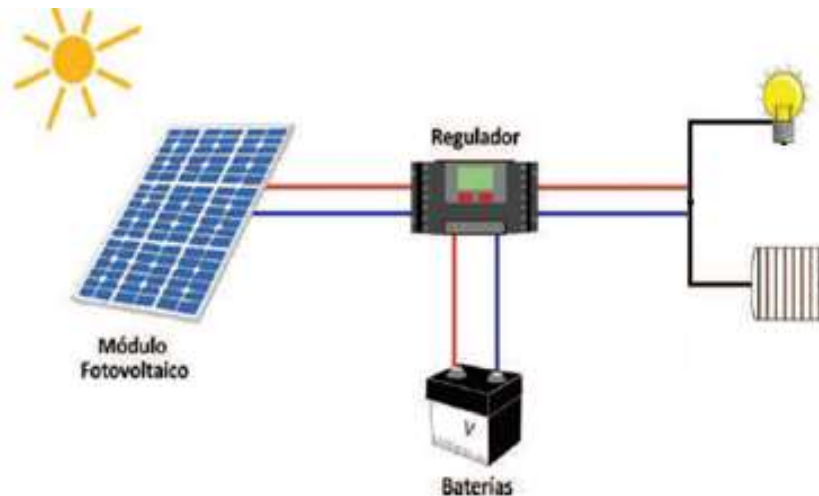
El proyecto aspira contribuir a mejorar los procesos productivos de la piscicultura, con el diseño de una solución innovadora, haciendo uso de fuentes no convencionales de energía,



desarrollos de algoritmos sobre sistemas embebidos y el monitoreo de variables para elevar la productividad de estas prácticas.

Con esto se instalaría una planta solar fotovoltaica para la automatización en la aireación del agua en el estanque, se mejora los recursos naturales de la finca y del sector, minimizando la utilización de energías no renovables con energías limpias, implementándolo en lugares alejados con lo cual se aumentará las cifras de cobertura de energía eléctrica y poderlo implementar en el cultivo de mojarra roja para obtener un producto ideal junto de una mayor productividad y eficiencia.

Hay que tener en cuenta los estudios realizados por el biólogo Fernando Cantor Atlatenco, profesional en piscicultura, el cual comenta que para un buen crecimiento, el pez debe de tener una talla adulta después de los 3.5 hasta los 8 meses de edad, con un peso entre 350 a 380 gramos, dependiendo la temperatura optima del agua de 24 a 28°C, junto con un buen oxígeno disuelto en el estanque, se puede obtener una densidad de siembra de engorde con 15 peces/m<sup>2</sup> como máximo, el cual puede tener un aumento de producción de más del 35% comparado con uno que no tenga un sistema de aireación.



**Figura 3, Esquema fotovoltaico aislada (cenitsolar, 2019)**

Para la implementación de energías renovables en sistemas de piscicultura, se puede utilizar estos paneles solares para la energización de los sistema de aireación y oxigenación de los estanques de peces, utilizando elementos como el compresor de paletas rotativas los cuales envía aire al cultivo para airear u oxigenar el agua según la potencia que pueda tener el compresor, otro método es un motor que esté conectado a un sistema de Inyectores Venturi el cual se considera un método muy bueno para inyectar aire cuando se transporta el agua el cual crea una presión y absorbe el aire por medio de un tubo y lo envía con el agua expulsada, o con Aireador de palas Paletas Triangulares los cuales se mueven en la superficie del estanque por medio de un motor, girando las paletas las cuales sacan el agua en cierta proporción para que ingrese con aire al estanque, de forma cíclica, (Pentair Aquatic Eco-Systems, 2019) o el método que se tiene

presente para realizar el proyecto es el de Fuentes flotantes que ofrecen muy buena calidad ofrecen una aireación apropiada en forma de V. Incluye flotador con pantalla, centro de control de potencia con protección GFCI

En la implementación de la energía renovable con los paneles solares en el horario donde no hay sol se requiere de baterías para el almacenamiento de la energía solar, para poderla utilizar de forma de respaldo cuando no se genere energía por la penumbra que el momento puedan estar sometidos.

Se puede implementar en la piscicultura un sistema de cero recambios los cuales se caracteriza por los tres tipos:

- 1) sistema recirculación parcial para mejorar el abastecimiento de agua
- 2) sistema completamente reciclado donde llena el tanque al inicio y luego agrega cantidades pequeñas de agua
- 3) sistema estanque cerrado es el sistema de cero recambio de agua con mayor eficiencia en el manejo de agua, ideal para las épocas donde hay baja cantidad de lluvia.

Al cultivo de peces se puede implementar un sensor que mida el oxígeno disuelto en un estanque como es el sensor DO1200/t el cual genera una señal de control en mili voltios de forma proporcional al porcentaje de oxígeno que se encuentra en el estanque del cultivo de los peces, (Sergio A. Dussán, Oscar Vanegas, Adrian F. Chavarro, Johan J. Molina, 2016) o también se puede implementar el sensor de Oxígeno disuelto en el agua con salida análoga de 0-3V y referencia SEN0237-A el cual se puede apreciar en el anexo 4 y en la siguiente ilustración.



***Figura 4. Sensor de Oxígeno disuelto en el agua (sigmaelectronica, 2019)***

El control de diferentes elementos se realiza por medio de un micro controlador el cual recibe señales externas como sensores y según la programación que se realice puede enviar una señal a un actuador para que realice un ajuste y control del sistema, en el cultivo de peces este elemento es importante para el control del sistema de oxígeno que se implemente en un estanque, recibiendo la señal del sensor de oxígeno y activando o desactivando el sistema de oxigenación dependiendo de la señal que emita el sensor, además este micro controlador puede recibir la señal de un sensor que detecta si los paneles están recibiendo energía solar o si hay que utilizar las baterías como energía de respaldo para el control del oxígeno del estanque, uno de los micro

controladores apropiados para este tipo de sistema es los que tienen las tarjetas electrónica Arduino de hardware libre.

## **2.1 Paneles Solares:**

Los paneles solares están fabricados por material semiconductor de silicio, el cual es el que transforma la radiación solar o la intensidad de luz solar en energía eléctrica por medio del proceso fotoeléctrico con valores de  $1 \text{ Kw/m}^2$  o mayor cuando los rayos del sol inciden directamente en el panel.

Hay diferentes tipos de paneles y sus características cambian según el material que se fabricó, como los siguientes:

Paneles monocristalinos compuestos por células monocristalinas, se diferencian por su color negro, se caracterizan por que se obtienen una mayor eficiencia y sus características físicas se pueden apreciar en el anexo 1 y 2 y en la siguiente ilustración



***Figura 5. Paneles monocristalinos (SunFields, 2018)***

Los Módulos policristalinos Son paneles compuestos por células policristalinas, se diferencian por su color azulado, tiene un precio menor comparado con el panel monocristalino y a su vez se reduce la eficiencia de las células y sus características físicas se pueden apreciar en la siguiente ilustración



***Figura 6. Módulos policristalinos (SunFields, 2018)***

Los Paneles silicio amorfo (capa fina), son paneles compuestos por Las células de silicio amorfo, tiene una menor eficiencia que las basadas en silicio cristalino, son adecuadas para el uso en interiores, en atmósferas con mucho polvo, etc., y sus características físicas se pueden apreciar en la siguiente ilustración



**Figura 7. Paneles silicio amorfo (SunFields, 2018)**

Paneles solares flexibles, su característica es que son paneles solares con células flexibles como se puede apreciar en la siguiente ilustración



**Figura 8. Panel solar flexible (SunFields, 2018)**

Para el caso del proyecto se trabajara con paneles solares monocristalinos ya que se caracterizan por que se obtienen una mayor eficiencia

### **Varias clases de módulos solares**

Paneles solares sunpower



**Figura 9, Panel solar sunpower, recuperado de <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/>**



**Figura 10, Paneles solares, recuperado (SunFields, 2018)**

Entre muchas marcas escogemos el panel solar sunpower por su reconocida calidad en la industria fotovoltaica a nivel mundial, por los 25 años de garantía que respaldan los paneles y poderles ofrecer a los usuarios una adecuada garantía de los elementos a utilizar, también por la gran trayectoria y conocimiento que llevan en el mercado y la eficiencia que tiene los paneles el cual tienen un porcentaje superior a otros del mismo tipo manejando un precio competitivo en el mercado.

## **2.2 El aireador:**

Es una herramienta para la piscicultura el cual oxigena el estanque, ayuda a circular el agua desde el fondo del estanque a través del movimiento ajustando la temperatura superior e inferior, ayuda con el crecimiento de los peces por la oxigenación que reciben, ayuda a sacar gases tóxicos que se acumulan en el fondo, hay diferentes tipos de aireadores como el de aletas que permanecen sobre el estanque y las aletas ingresan al agua y salen por medio de giros periódicos los cuales ayudan a inyectar aire y de una buena circulación dentro del estanque, aireador por compresor de aire, aireador tipo Venturi el cual inyecta oxígeno cuando ingresa el agua por medio de un motor o el aireador de fuente en V. flotante y sus características se pueden evidenciar en el anexo 6.



*Figura 11. Fuente en V. para aireación (Pentairaes, 2018)*

## **2.3 Sensor de oxígeno disuelto en Agua:**

Este tipo de sensor se utiliza para medir el oxígeno disuelto en agua, para reflejar la calidad del agua que requieren los peces. Se utiliza extensamente en muchas aplicaciones de calidad del agua, como la acuicultura, vigilancia del medio ambiente, las ciencias naturales y así sucesivamente. Este sensor ayuda rápidamente a construir un detector de oxígeno disuelto (sigmaelectronica, 2019), es ideal para realizar un sistema de control con microcontroladores o sistemas embebidos utilizando una salida análoga para acoplarlo con conversores Análogo – Digital (A/D), propicio para sistemas de control el cual envía la señal al microcontrolador para

que se active el aireador cuando se requiera, según los parámetros medidos por el sensor y el algoritmo del sistema que controla el aireador, una de sus características es que se puede colocar en cualquier parte del estanque por medio de la sonda, ver anexo 4.

#### **2.4 Energía solar fotovoltaica:**

La energía solar puede ser aprovechada en forma de energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico a través de sistemas solares definidos como “un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar la energía solar disponible y transformarla en utilizable” (Méndez & Cuervo, 2007).

#### **2.5 Sistema solar fotovoltaico:**

Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la radiación solar incidente, genera energía eléctrica que puede ser fácilmente aprovechada, sus ventajas radican en baja necesidad de mantenimiento, se considera que en el proceso de generación de la energía no es contaminante, la luz solar necesaria para su funcionamiento es gratuita y hasta el momento considerada inagotable (Domingo, 2000). Según la estructura física del sistema fotovoltaico este se puede clasificar como un sistema aislado o conectado a la red. (Martínez, 2012).

#### **2.6 Motor:**

El motor transforma la energía eléctrica en energía mecánica o rotativa para realizar un trabajo, este puede ser alimentado con corriente alterna AC o con corriente directa el cual es idóneo para el funcionamiento de paneles solares de forma directa, la potencia del motor es la mayor carga del proyecto y se puede medir en vatio W o en caballos de fuerza HP, el motor se utiliza en muchas aplicaciones en la industria, el motor que se va aplicar en el proyecto es de corriente directa de 500 watt a 24 voltios – 20.83 A, este motor es el que ayuda al sistema de aireación, teniendo la fuerza necesaria para succionar el agua del estanque y poderla expulsar el agua en forma de V y así poder oxigenarse para ingresar de nuevo al estanque rica en oxígeno, también posee un sistema de malla para prevenir que los peces hagan contacto con las aspas del motor.



*Figura 12. Motor DC (Pentairaes, 2018)*

## **2.7 Sistema embebido:**

Los sistemas embebidos también son llamados como sistema empotrado, el cual se basa en un procesador microcontrolador que tiene la función de cumplir un rango específico de actividades, las cuales realizara de acuerdo a la programación previamente realizado y las señales de entrada para definir qué salida va a activarse y poder realizar una función, este función se implementara en el proyecto donde el microcontrolador debe de tener un algoritmo específico para poder recibir las señal del sensor de oxígeno y dependiendo del rango de la señal el microcontrolador enviara una salida para activar por medio de un contactor el motor que tiene el sistema de aireación.

Para la programación se debe de tener presente las pautas de la programación del fabricante donde se evidencia en el anexo 5.



*Figura 13. Tarjeta Arduino Uno Recuperado de: <https://www.arduino.cc/>*

## **2.8 Contactor**

Es un interruptor de potencia el cual se activa por medio de una baja corriente permitiendo el paso de altas corriente según la capacidad de cada contactor, este elemento es necesario para ajustar la señal de salida del sistema embebido, al sistema de potencia del aireador,

aislando y protegiendo la tarjeta de control y permitiendo que el motor envíe más oxígeno o se apague cuando no sea necesario su funcionamiento.



*Figura 14. Interruptor de potencia (Contactor), Autoría propia.*

## **2.9 Puesta a tierra**

La puesta a tierra está regulada con lo dispuesto en la norma NTC 2050 sección 690 para puestas a tierra, el cual dicta lo siguiente:

690-41. puesta a tierra del sistema.

En todas las fuentes de energía fotovoltaica debe haber un conductor de un sistema bifilar de más de 50 voltios nominales y el conductor del neutro de un sistema trifilar que estén sólidamente puestos a tierra.

Excepción. Se permiten utilizar otros métodos que ofrezcan una protección equivalente y que utilicen equipos certificados e identificados para ese uso.

### **690-42. Punto de conexión a puesta a tierra del sistema.**

La conexión a puesta a tierra del circuito de c.c. se debe hacer en cualquier punto del circuito de salida fotovoltaico

Nota. Ubicando el punto de conexión a tierra lo más cerca posible de la fuente fotovoltaica, el sistema quedara mejor protegido contra las posibles subidas de tensión producidas por los rayos.

### **690-43. puesta a tierra de equipos.**

Se deben poner a tierra todas las partes expuestas metálicas no portadoras de corriente de los bastidores de los módulos, equipos y encerramientos de conductores, independiente de su tensión.

### **690-45. Sección transversal de puesta a tierra de equipos.**



En los sistemas fotovoltaicos en los que la corriente de cortocircuito de la fuente de alimentación sea menor al doble de la corriente nominal del dispositivo de protección contra sobre corriente, el conductor de puesta a tierra de equipos debe tener una sección transversal no menor a la de los conductores de los circuitos. En otros sistemas el conductor de puesta a tierra de equipos, debe tener una sección transversal que cumpla lo establecido en el artículo 250-95.

### **3. Diseño y desarrollo del proyecto**

#### **3.1 Metodología**

Esta metodología contiene un estudio de caso con un proceso de búsqueda e indagación para dar solución a cada una de las fases del proyecto, las cuales se dividen en cuatro fase de caracterización donde se indagara la idoneidad del municipio de Acacias para el cultivo de mojarra roja y la características de radiación solar para la implementación y eficiencia de paneles solares, después de esto se realizara una fase del estudio de la carga, identificando cuales son las cargas de mayor consumo y de menor consumo que se requieren para el funcionamiento adecuado del proyecto, después continuamos con la fase de dimensionamiento del sistema de alimentación el cual va ligado con las fases anteriores identificando las características de funcionamiento de los paneles solares según la radiación solar con lo cual se podrá determinar cuántos paneles se utilizaran para poder suplir la energía necesaria de la carga que se instalara, teniendo en cuenta cargas de mayor y menor cuantía o consumo, una vez determinado las anteriores fases podemos continuar con la fase de gestión, es aquí donde se implementara una programación con los diferentes elementos a utilizar para recibir la señal de oxígeno que se presenta en el estanque y determinar que rango se utilizara para que funcione el sistema de mayor carga que es el motor que se escoja para el sistema de aireación, con esto se utilizara la carga de forma adecuada haciendo un buen uso de la energía eléctrica, por ultimo pero no menos importante se realizara la presentación del diseño, teniendo en cuenta las anteriores fases para poder aplicar el análisis realizado durante todo el proceso de forma gráfica ayudando a entender el funcionamiento del proyecto a implementar.

#### **3.2 Estudio del caso:**

Se realiza un estudio según los datos recogidos en la finca.

Para que los peces crezcan de forma adecuada se debe de tener en cuenta la cantidad de peces del estanque, ya que muchos peces se reduce el crecimiento de los mismos y con pocos peces hay una baja utilización de los organismos naturales obteniendo una baja producción de peces, para esto se debe de tener en cuenta que debe de haber de 1 a 2 mojaras rojas por m<sup>2</sup> a nivel adulta, o hasta más peces, el sistema de oxigenación también ayuda a eliminar gases tóxicos del estanque, a mantener una temperatura homogénea en el estanque, el biólogo Fernando Cantor resalta que la oxigenación compensa los consumos de oxígeno demandados en la degradación de

la materia orgánica, manteniendo niveles más constantes dentro del cuerpo de agua (Cantor, 2007), también hay que tener en cuenta el cuidado que tengan los piscicultores con diferentes factores que ayuden a buen crecimiento de los peces, como lo es el PH del agua y las características adecuadas de microorganismos y sanidad de los peces en el medio donde habitan. Otro factor a tener en cuenta es la radiación solar del sector para el buen funcionamiento de los paneles solares que deben de ser adecuados para la carga que se conecte, en este caso la carga de mayor potencia es el motor del sistema de aireación.

### **3.3 Fase 1 - Caracterización:**

Se verificará las condiciones ambientales del municipio Acacias Meta para definir los diferentes elementos vinculados con el proyecto como el panel solar, una vez identificado las características de la radiación solar podemos identificar cuantos paneles se requieren para la carga a instalar, en el caso puntual del proyecto la mayor carga a instalar es el motor del sistema de aireación, las otras son de menor cuantía como la alimentación del sensor y el sistema de control entre, esta producción de energía solar se puede obtener según la posición geográfica, el mapa de radiación de la zona según datos del IDEAM

Se realiza un estudio según los datos recogidos en la finca.



*Figura 15, Camino a diferentes fincas*

Acacias está ubicado en el departamento del Meta Colombia, a 28Km al sur e Villavicencio, tiene una altitud aproximadamente de 498 m.s.n.m, el clima puede estar entre 19°C a 37°C, en la economía en el sector pecuario se caracteriza la piscicultura entre otras.

La piscicultura en acacias es ideal ya que el entorno ideal de la mojarra roja es una temperatura optima de 20 a 30°C con crecimientos ideales en temperaturas de 26 a 29°C, a menos de 15°C no crecen y toleran temperaturas máxima de 37 a 42°C, viviendo idealmente a una altitud de 850 a 2000 m.s.n.m, con un acidez o pH de 5 a 9 y un valor ideal de 7,5  $\text{pH} \pm 0,5$  y con una cantidad de oxígeno disuelto mínimo de 3 a 4 ppm o mayor de 2 a 3 mg/l.

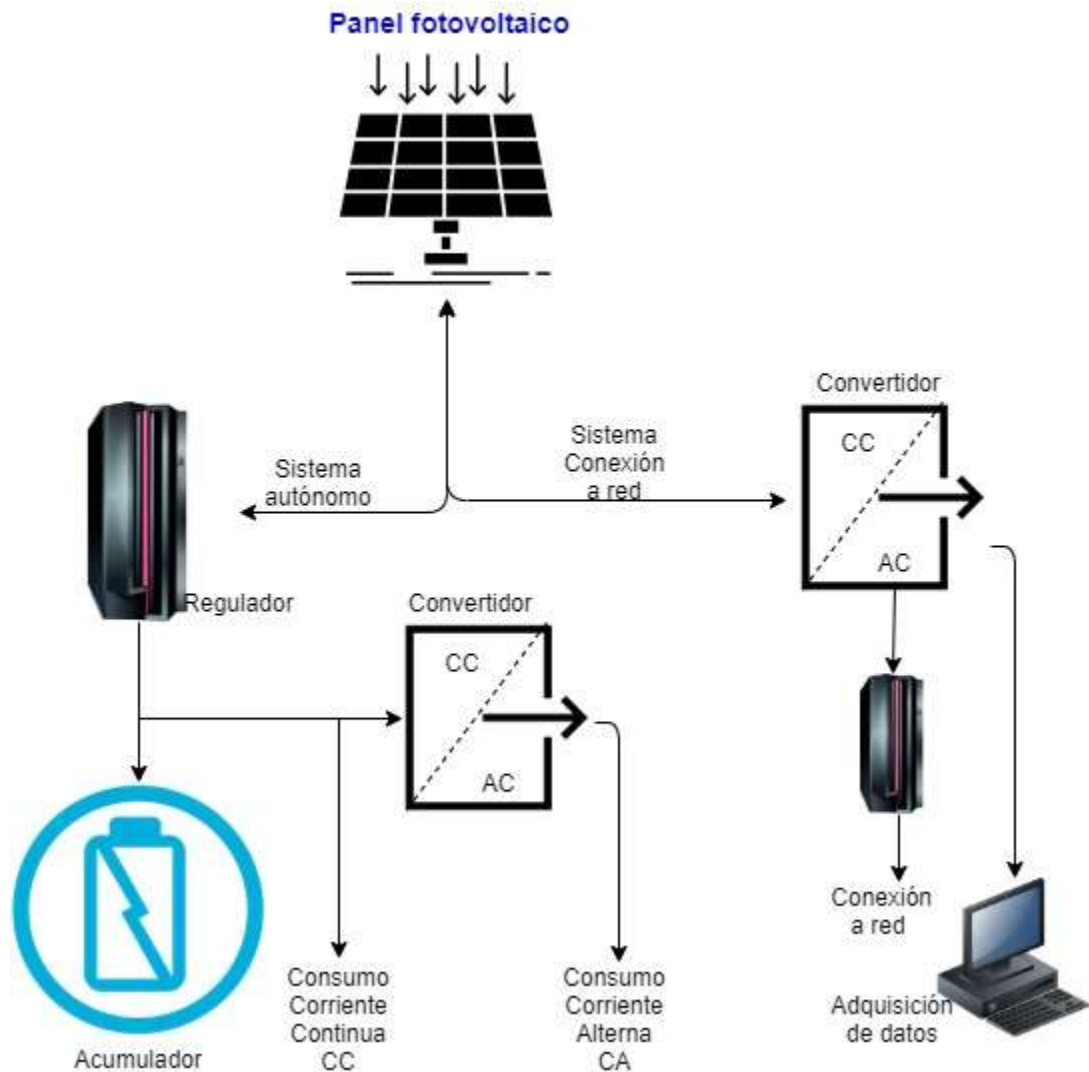
La temperatura promedio del municipio de Acacias es de 24°C, ideal para estas especies de peces, la altitud del municipio es de 498 m s.n.m. con esto podemos verificar el rango de peces de aguas cálidas, que pueden estar entre 0 a 1200 m s.n.m. con temperaturas que pueden estar entre los 22 a 33 °C idóneo para un buen crecimiento y alimentación de la mojarra roja.



**Figura 16. Contenedor para el cultivo de peces recuperado de WhatsApp Imagen**

### **3.4 Fase 2 - Estudio de la carga:**

En el sistema de carga se tiene en cuenta como principal elemento los paneles solares o módulos fotovoltaico, los cuales son los encargados de alimentar las diferentes cargas, que pueden ser cargas de corriente alterna AC, o cargas DC de corriente directa, como se aprecia en el siguiente diagrama de bloques



**Figura 17, Diagrama de bloques fotovoltaico, Fuente: Elaboración propia**

El sistema en el que se va a trabajar es el sistema autónomo según el diagrama de bloques, donde tenemos el panel solar, el regulador para un sistema autónomo un sistema de acumulación de energía y por último la carga de corriente continua, que en este caso es un motor de 500W, ideal para el sistema de oxigenación.

Para implementar un buen método de oxigenación al estanque su busco un técnica que no presente turbulencia en el fondo pero a su vez genere aireación al estanque y movimiento del agua, para esto se implementa un sistema flotante con un motor de 500W o 0.670511HP a 24V para un método adecuado de aireación que inyecta más de 5 ppm de oxígeno disuelto, con protección GFCI y un conductor alimentador con estándares internacionales ANSI/ICEA Insulated Cable Engineers Association, IEEE 1018, 1019 “Recommended Practice for Specifying

Electric Submersible Pump Cable”, API RP 11S5 “Recommended Practice for Application of Electric Submersible Cable Systems” con un aislamiento de caucho de etileno propileno (EPDM), ideal para bombas de agua.

El motor es el elemento de mayor carga para el sistema con una potencia de 500W.



**Figura 18, motor para la cantidad de oxígeno disuelto de 4.5 a 6 ppm o mayor de 2 a 3 mg/l ideal para un estanque de 1500m<sup>2</sup> (Pentairaes, 2018)**

La Energía que se requiere para una potencia de 500W se determina de la siguiente forma, basado en que el sitio de implementación del proyecto está en la zona ecuatorial lo cual facilita la realización de los cálculos.

$P = \text{Potencia en } W$

$E = \text{Energía}$

$t = \text{tiempo en horas}$

**Ecuación 1, determina la potencia según la energía**

$$P = \frac{E}{t}: \text{luego}$$

$$E = P \cdot t = 500 \text{ w} \cdot 8 \text{ h} = 4000 \text{ watt hora}$$

$$E = 4000 \text{ watt hora} \cdot 3600 \text{ s} / \text{h} = 14400000 \text{ J}$$

Con estos datos podemos realizar el cálculo del número de cantidad de paneles utilizando la fórmula de la potencia mínima de los paneles



***Ecuación 2, Para determinar la cantidad de paneles***

$$P_{Gmin} = \frac{W_d * G_{CEM}}{G_{dm(\alpha,\beta)} * PR}$$

Como ya sabemos la energía total es de  $E = 4000 \text{ watt hora en un dia}$

Luego podemos tener en cuenta la constante de la irradiancia en condiciones estándar de  $1000\text{W}/\text{m}^2$

***Ecuación 3, Irradiancia condición estándar.***

$$G_{CEM}: 1000\text{W}/\text{m}^2$$

Utilizamos la formula y remplazamos valores

$$P_{Gmin} = \frac{4000W_d * 1000\text{W}/\text{m}^2}{G_{dm(\alpha,\beta)} * PR}$$



***Figura 19. Implementación de los paneles monocristalinos, se diferencian por su color negro, se caracterizan por que se obtienen una mayor eficiencia (Pentairaes, 2018)***

La radiación solar en el departamento del Meta y puntualmente en Acacias Meta, vereda la palma, propietario genrry charry, se encuentra entre 4.0 a 4.5 KWh/m<sup>2</sup> (IDEAM, 2014) tomado en 3°55'38.3"N 73°38'10.3"W o la latitud de 3.927299, a una longitud de -73.636190

c: Coeficiente de pérdidas en el inversor 0,1 para inversores de onda sinusoidal

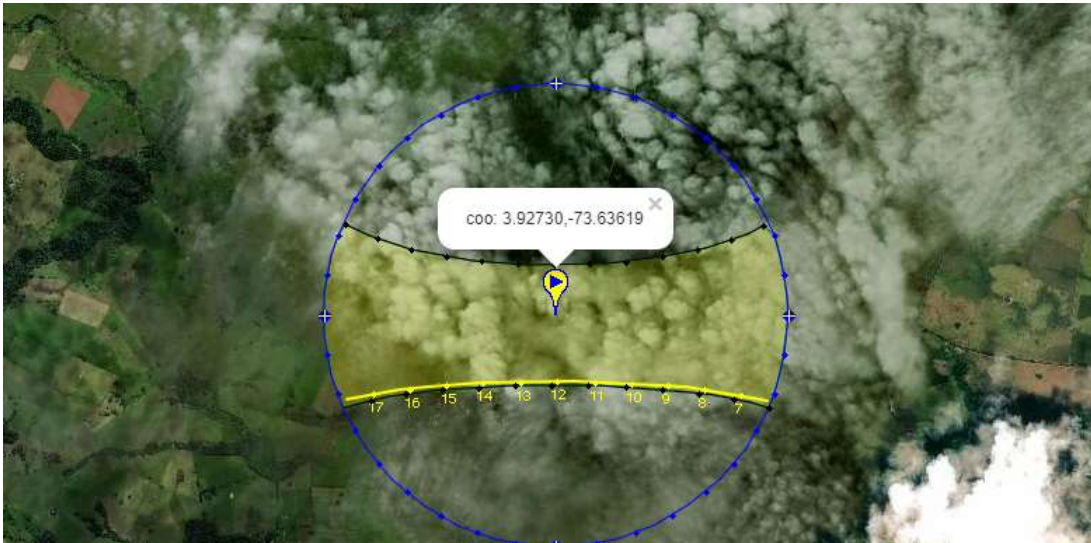
v: coeficiente de otras pérdidas de 0,05 a 0,15

a: Coeficiente de descarga 0,005 o un 0,5%

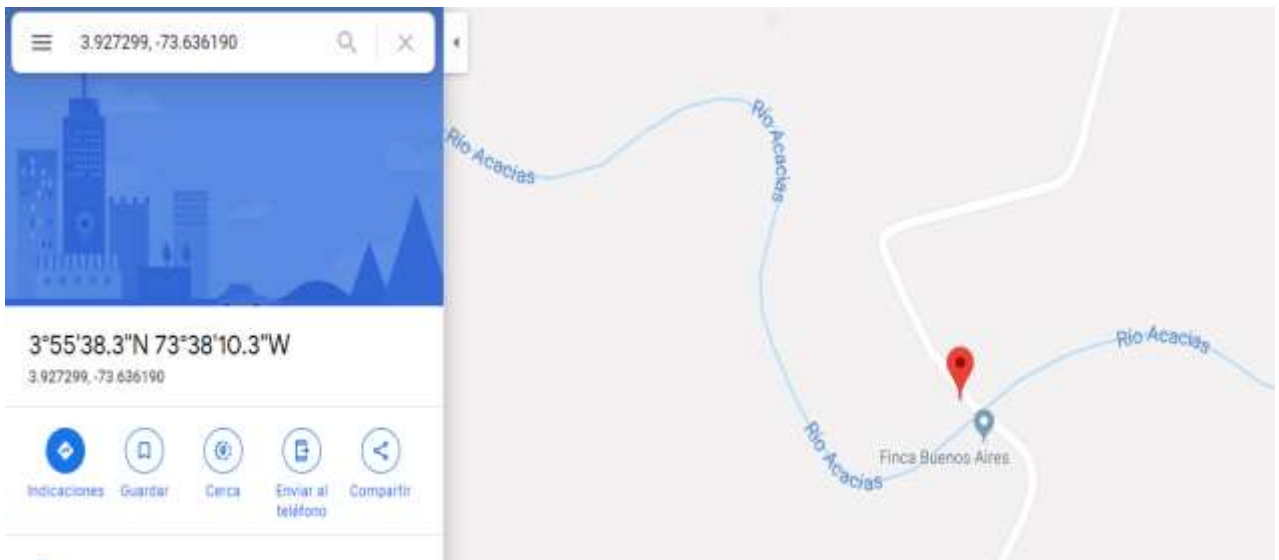
N: Días de autonomía de 2 a 5

Pd: Profundidad de descarga 0,5

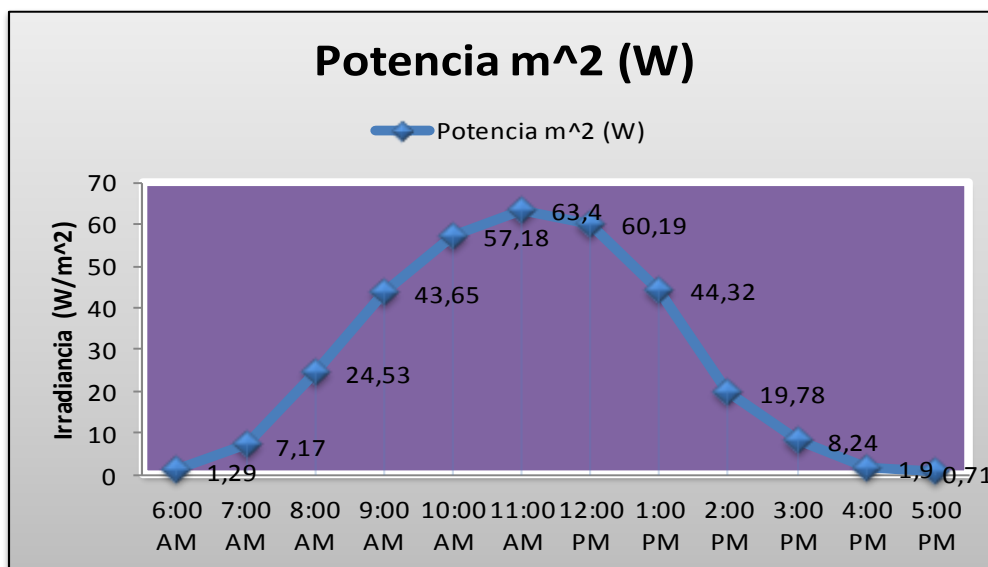
El panel solar es fijo con una inclinación de 30 grados con respecto a la horizontal, apuntando hacia el este, por las características de la dirección del sol en Acacias y su punto medio, esto se puede confirmar en <https://www.sunearthtools.com/>



*Figura 20, Posición del Sol, recuperado de [https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=es](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es)*



*Figura 21. Coordenadas de la finca Buenos Aires tomado de Google maps.*



*Figura 22, Irradiancia W/m<sup>2</sup> en la Finca Buenos Aires*

### 3.5 Fase 3 - Dimensionamiento del sistema de alimentación:

Conociendo el perfil de consumo del sistema se pueden realizar los modelos matemáticos que definirán los parámetros de funcionamiento de la instalación fotovoltaica.

Los **paneles solares fotovoltaicos** comenzaron a utilizarse en la industria aero espacial pues era el mejor modo de poder asegurar el suministro de electricidad a los satélites que se enviaban al espacio.

Sin embargo en la actualidad sus aplicaciones se han diversificado y están presentes en multitud de instalaciones eléctricas, con sus aplicaciones podemos hacer una gran lista.

Para el caso del proyecto se trabajara con paneles solares monocristalinos ya que se caracterizan por que se obtienen una mayor eficiencia

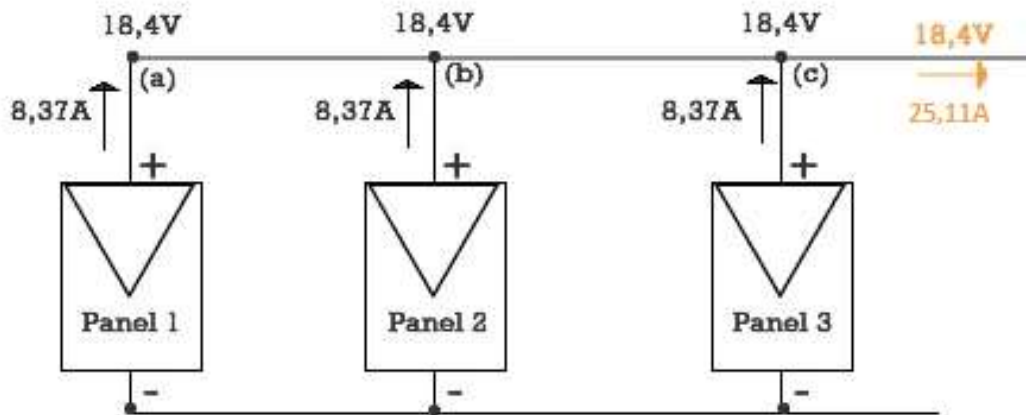
Las características del panel solar son:

Potencia de 250W, peso 17,5Kg, con una dimensión de 1490 x 990mm

El sistema es aislado ya que no está conectada a la red eléctrica

Si no hubiera pérdidas de ningún tipo, el esquema de conexión de placas solares en paralelo, se podría presentar así:





**Figura 23, conexión de paneles, Recuperado de (Energy, 2018)**

### 3.5.1 Cálculo de los paneles solares

Hay que tener en cuenta las características de un panel, según las especificaciones de los fabricantes para condiciones estándar, con una irradiancia de 1000W/m<sup>2</sup>, una temperatura de célula de 25°

La conexión de varios paneles en paralelo surge de la necesidad de alcanzar valores determinados de salida de corriente sin cambiar el voltaje. Por otro lado la conexión de paneles en serie se logra el aumento de la tensión mientras que se mantiene la misma corriente. Al tener conectado únicamente varios paneles en paralelo si su valor de salida es superior a 70A, los paneles y el sistema pueden fallar por una deficiente administración de energía, para evitar esto se utiliza conexión en serie-paralelo, a fin de aumentar la tensión y la corriente simultáneamente.

Se debe determinar la cantidad total de paneles fotovoltaicos para posteriormente saber la configuración (paralelo o en serie) donde ello va dado por la carga real asumiendo pérdidas (mencionado en puntos anteriores). Las características del panel seleccionado para la planta de generación eléctrica fotovoltaica, así como la cantidad de horas efectivas de sol en la zona donde será implantada la planta, tal como se muestra en la siguiente ecuación.

**Ecuación 4, Determina el total de paneles**

$$\text{Paneles totales} = \frac{E_{\text{Carga Real}}}{0.9(W_p \times HES)}$$

Dónde:

*ECargareal* : Energía en Potencia hora asumiendo pérdidas

*en la instalacion fotovoltaica*

*WP : Potencia Nominal del Panel solar*

*HES: Horas efectivas de sol del lugar*

Sustituyendo la ecuación por los números:

*Paneles totales = 4000 + el 30% en pérdidas*

*Entonces  $4000 \times 0.30 = 1200 + 4000 = 5200 Wh$*

$$Paneles\ totales = \frac{5200Wh}{0.9(250wx8h)}$$

*= 1800 entonces  $5200wh \div 1800 = 2.89$*

*Redondeando = 3 paneles de 250W.*

Por la suma de estas pérdidas y el arranque del motor hay que dar un margen amplio hasta del 30%

Entonces la suma de pérdidas es de

$$500\ W\ es = 500 \times 0.30 = 150W + 500 = 650W$$

Que implementándolo de forma robusta seria 1000 W.

Si se implementa paneles de 145W seria

$$1000/145 = 6.89\ paneles = 7\ paneles$$

Pero como tenemos un margen robusto se puede dejar en 6 paneles.

Si se implementa en paneles de

$$300\ wtt = 1000\ Wtt / 300 = 3.33\ paneles = 3\ P.\ de\ 300w$$

Para el caso puntual se implementaría con paneles de 250 w. que serían

$$1000W / 250w = 4\ paneles\ de\ 250\ W.$$

### **Costo de los paneles solares**

¿Cuánto cuesta instalar paneles solares en una casa en Colombia?

En Colombia, cuando se trata de comprar una cantidad inferior a 10 paneles solares, el costo por vatio actual es de poco menos de 4 mil pesos, con paneles de 200 vatios vendiéndose por alrededor de 750 mil pesos.

Promediando en el panel esta entre 0.2 y 0.25 es = a 0.11 centavos de dólar:  $0.11 \times 3254 = 357.94$  pesos/wtt;

$357.94 \times 1000$  wtt que se necesitan = 357.940 pesos el valor de los 1000wtt. El dólar hoy 20 de diciembre del 2019, está a 3254 pesos.

Teniendo en cuenta los precios que hay ara mayoristas en internet, los cuales se adjuntan en los anexos.

### **Panel fotovoltaico**

Se debe mencionar aquí que en Colombia ya hay abundancia por muchas partes de paneles solares y elementos relacionados con la energía fotovoltaica.

Con una variedad de potencia y características técnicas que se pueden evidenciar en el anexo 1 y 2 adjuntos al final del documento.

#### **3.5.2 Cálculo de las baterías.**

Como necesitamos 24 V CD para el motor de 500W CD, conectamos 2 baterías en serie de 12 V a 220 Ah, que es igual a 24voltios y 220 Ah.

Máxima corriente de carga y descarga

C 5: Cual es la corriente máxima para cargar la batería

C 20: Cual es la corriente máxima para descargar la batería

*Ecuación 5, corriente máxima para cargar la batería*

$$C_{20\_banco} = N_{BP} * C_{20} = 2 * \frac{220Ah}{20h} = 22A \text{ (Descargar)}$$

*Ecuación 6, corriente máxima para descargar la batería*

$$C_{5\_banco} = N_{BP} * C_5 = 2 * \frac{220Ah}{5h} = 88A \text{ (Cargar)}$$



**Figura 24, Batería solar de gel 12V para fotovoltaica aislada de descarga profunda, recuperado de <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/bateria-solar-12v/> (Energy, 2018)**

La siguiente ecuación nos permite seleccionar el acumulador más idóneo para el sistema fotovoltaico necesario para la planta de consumo.

***Ecuación 7, Mejor acumulador***

$$C_B = \frac{F_d * E_{Ah} * t_{autonomia}}{\eta}$$

Dónde:

*f<sub>t</sub>* : Factor de temperatura.  $T > 25^{\circ}C \approx 1.0$

: Factor de Envejecimiento  $\approx 1.25$

: Factor de crecimiento  $\approx 1.1 - 1.15$

*E<sub>Ah</sub>*: Valor de demanda de la batería

: Tiempo que la batería funcionara de manera autónoma  $\approx 3$  días

$\eta$ : Eficiencia de la batería  $\approx 80\%$

Por disponibilidad y cercanía del distribuidor se ha decidido optar la batería marca SUNFIELDS: Batería Gel modelo 0105 op2V250 con 255Ah.

Referencia	Tensión (V)	Capacidad Ah		Largo (mm/inch)	Ancho (mm/inch)	Alto (mm/inch)	Peso (kg)	Ficha Técnica
		C10	C100					
UP-SPO70	12	60	70	242 / 9.53	175 / 6.89	190 / 7.48	14,9	
UP-SPO85	12	75	85	278 / 10.94	175 / 6.89	190 / 7.48	18	
UP-SPO90	12	80	90	270 / 10.73	175 / 6.89	220 / 8.66	18,7	
UP-SPO110	12	90	110	355 / 13.90	175 / 6.89	190 / 7.48	21,8	
UP-SPO115	12	100	115	304 / 11.97	175 / 6.89	220 / 8.66	23,9	
UP-SPO120	12	105	120	345 / 13.58	175 / 6.89	230 / 9.06	27,1	
UP-SPO140	12	125	140	345 / 13.58	175 / 6.89	285 / 11.22	30,2	
UP-SPO165	12	140	165	513 / 20.20	189 / 7.44	223 / 8.78	37,5	
UP-SPO205	12	180	205	513 / 20.20	223 / 8.78	223 / 8.78	46,5	
UP-SPO225	12	200	225	518 / 20.39	274 / 10.79	242 / 9.53	56,2	
UP-SPO250	12	230	250	518 / 20.39	274 / 10.79	242 / 9.53	58	
UP-SPO260	6	240	260	244 / 9.61	190 / 7.48	274 / 10.79	29	

**Figura 25, capacidad de corriente hora de baterías, recuperado de <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/bateria-solar-12v/> (Energy, 2018)**

### 3.5.3 Cálculo del regulador solar

Se encarga de controlar la carga de las baterías, así como la descarga y evitar cargas o descargas excesivas.

De un modo sencillo, un regulador se puede entender como un interruptor, cerrado y conectado en serie entre paneles y batería para el proceso de carga y abierto cuando la batería está totalmente cargada.

Las intensidades máximas de entrada y salida del regulador adecuado para cada aplicación dependerán de la corriente de máxima que pueda producir el sistema de generación fotovoltaico para la entrada y la corriente máxima de las cargas para la salida.

Para tener en cuenta los posibles picos de irradiancia o los cambios de temperatura, es recomendable que, a la hora de escoger el regulador, sea aquel con un 15-25% superior a la corriente de cortocircuito que le puede llegar del sistema de generación fotovoltaico ( $I_{entrada}$ ) o bien, de la que puede consumir la carga del sistema ( $I_{salida}$ ).

La elección del regulador solar será aquel que soporte la mayor de las dos corrientes calculadas.

***Ecuación 8, Corriente para el regulador solar***

$$ICC = \text{numero de paneles} \times ISC$$

Dónde:

*: Corriente de diseño teorica*

*ISC : Corriente de Corto circuito del panel fotovoltaico*

Como ejemplo podemos citar los reguladores de carga Victron



***Figura 26, regulador de carga, Recuperado de (Energy, 2018)***

Para calcular el regulador solar podemos dividir la potencia total de paneles solares por la tensión de la batería, para conocer la corriente máxima de carga. (Insa, 2019).

***Ecuación 9, Calculo para el regulador solar***

*Baterías = 24V y 4 paneles solares de 250 W*

*Potencia total instalada: 4 p x250w = 1000Wp*

$$1000w \div 24V = 41.66A$$

*Necesitamos un regulador solar de 41.66 A redondeando = 42 A .*

Especificaciones técnicas y modelos de los reguladores de carga PWM para instalaciones solares fotovoltaicas autónomas:

<https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/reguladores-carga-victron/>

Modelo	Voltaje Batería	Intensidad	Ficha
Bluesolar 12/24-5A	12/24V	5A	<a href="#">Ficha Reguladores PWM Victron</a>
Bluesolar 12/24-10A	12/24V	10A	<a href="#">Ficha Reguladores PWM Victron</a>
Bluesolar 12/24-20A	12/24V	20A	<a href="#">Ficha Reguladores PWM Victron</a>

Especificaciones técnicas y modelos de los **reguladores solares de carga MPPT Victron** para instalaciones solares fotovoltaicas autónomas:

Modelo	Voltaje Batería	Intensidad	Ficha
Bluesolar MPPT 75/15	12V/24V	15A	<a href="#">Ficha Reguladores MPPT Victron</a>
Bluesolar MPPT 100/15	12V/24V	15A	<a href="#">Ficha Reguladores MPPT Victron</a>
Bluesolar MPPT 75/50	12V/24V	50A	<a href="#">Ficha Reguladores MPPT Victron</a>
Bluesolar MPPT 100/50	12V/24V	50A	<a href="#">Ficha Reguladores MPPT Victron</a>
Bluesolar MPPT 150/35	12V/24V/48V	35A	<a href="#">Ficha Reguladores MPPT Victron</a>
Bluesolar MPPT 150/70	12V/24V/48V	70A	<a href="#">Ficha Reguladores MPPT Victron</a>
Bluesolar MPPT 150/85	12V/24V/48V	85A	<a href="#">Ficha Reguladores MPPT Victron</a>

*Figura 27, características de los reguladores de energía recuperado de <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/reguladores-carga-victron/> (Energy, 2018)*

### 3.5.4 Cálculo del conductor

Los conductores deben tener una tensión nominal adecuada para su correcto funcionamiento y durabilidad. En el sistema autónomo se conectará la carga con corriente continua, la tensión de la planta no debe superar el 50% de la tensión nominal de los conductores, este tipo de conductores debe de tener un refuerzo en el aislamiento, con esto se minimiza el riesgo de falla a tierra y de cortocircuito.

Para el tipo de cable hay que tener en cuenta si va en la conexión de los paneles solares o en la conexión de la carga.

Los conductores que se conectan al panel, reciben la temperatura que puede llegar de 70 a 80 °C, recibiendo rayos ultravioleta, por ende estos cables deben de tener una envoltura de goma y en ocasiones son unipolares, con una tensión nominal de 0.6 a 1kV, y que resista una temperatura mínima de 90°C y resistente a la radiación UV.

Los conductores que se conectan a la carga no están tan expuestos a temperaturas tan altas, sin embargo hay que tener en cuenta la temperatura del sitio.

La sección de un cable debe ser tal que la capacidad de transporte de corriente  $I_z$  no sea menor que la corriente de diseño  $I_b$ ; la caída de tensión en sus extremos entre dentro de los límites para fijados.

La fórmula a tener en cuenta para la selección del conductor es la siguiente:

$$I_b = 1.25 * I_{sc}$$

Donde  $I_{sc}$  es la intensidad de cortocircuito en condiciones de prueba estándar y el 25%.

### 3.6 Fase 4 - Plan de gestión:

Se propondrá un algoritmo de control para regular el consumo de energía y el nivel de oxígeno presente en el agua.

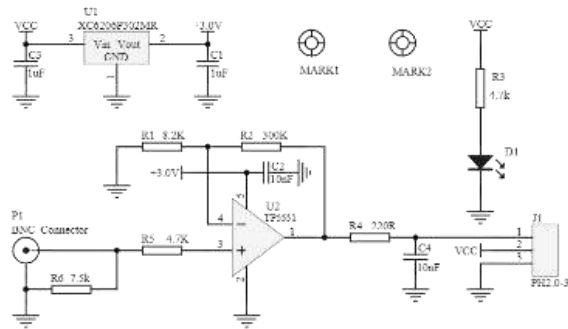
Para realizar el algoritmo de control se tienen en cuenta las características del sensor SKU: SEN0237, este sensor tiene una señal de salida analógica de 0 a 3V y sus características se puede ver en la siguiente imagen



**Figura 28. Características de los puertos del sensor recuperado de: [https://wiki.dfrobot.com/Gravity Analog Dissolved Oxygen Sensor SKU SEN0237](https://wiki.dfrobot.com/Gravity_Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237) (DFRobot, 2019)**

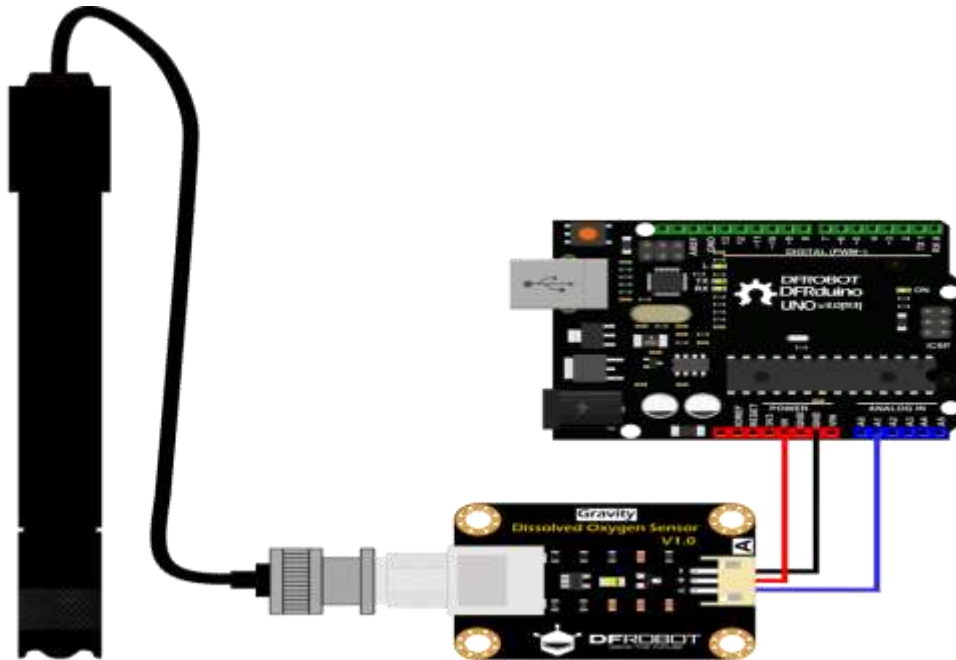
También podemos ver el esquema de la tarjeta del sensor en la siguiente imagen:





**Figura 29. Esquema del sensor SKU: SEN0237 recuperado de [https://wiki.dfrobot.com/Gravity Analog Dissolved Oxygen Sensor SKU SEN0237](https://wiki.dfrobot.com/Gravity_Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237)**

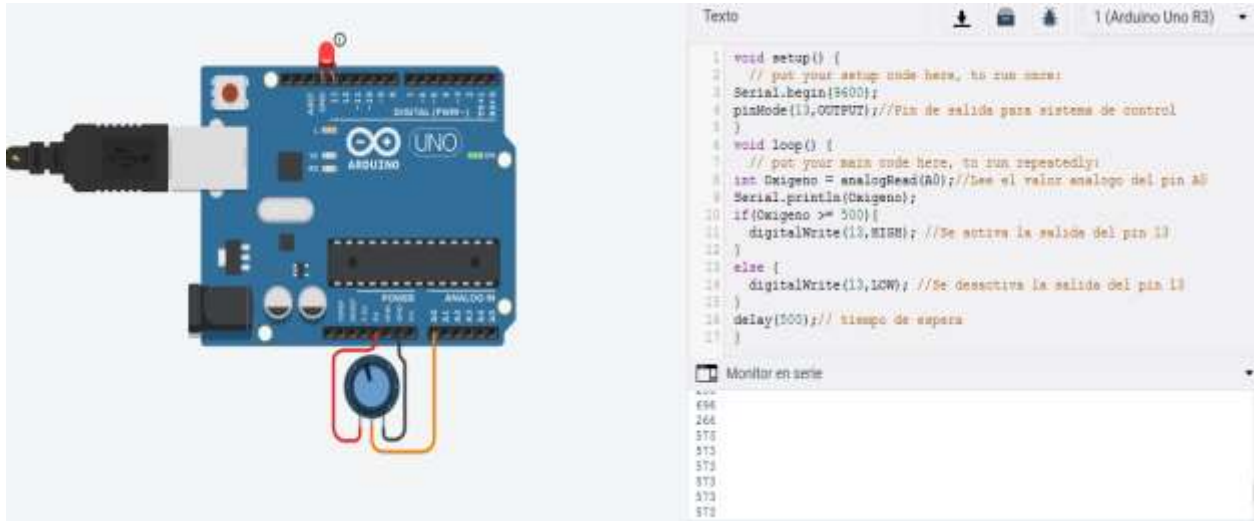
Con estas características podemos realizar la conexión al Arduino y posteriormente realizar el algoritmo de control para regular el consumo de energía y nivel de oxígeno presente en el agua, para esto se conecta el sensor con el Arduino de la siguiente forma y en el anexo 5 se encontrará el código para la programación del sensor SEN0237:



**Figura 30. Conexión del sensor y el Arduino recuperado de [https://wiki.dfrobot.com/Gravity Analog Dissolved Oxygen Sensor SKU SEN0237](https://wiki.dfrobot.com/Gravity_Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237)**

Teniendo en cuenta la programación que nos da el proveedor del sensor (ver anexo 5) se puede ajustar al proyecto, en donde se encenderá el motor si los niveles de oxígeno están por

debajo o se apagará si los niveles de oxígeno están por encima de lo requerido, para esto realizamos una programación simulando el sensor.



**Figura 31. Prototipo de simulación en [www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com), imagen propia.**

La programación es la siguiente:

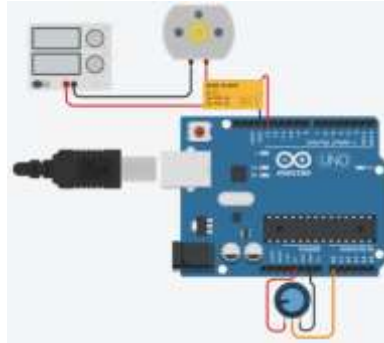
```
void setup() {  
  
  // put your setup code here, to run once:  
  Serial.begin(9600);  
  pinMode(13,OUTPUT);//Pin de salida para sistema de control  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
  int Oxigeno = analogRead(A0);//Lee el valor analogo del pin A0  
  Serial.println(Oxigeno);  
  if(Oxigeno >= 500){  
    digitalWrite(13,HIGH); //Se activa la salida del pin 13  
  }  
  else {  
    digitalWrite(13,LOW); //Se desactiva la salida del pin 13  
  }  
  delay(500);// tiempo de espera  
}
```

```
Prueba_para_el_sensor$
1 void setup() {
2   // put your setup code here, to run once:
3   Serial.begin(9600);
4   pinMode(13,OUTPUT);//Pin de salida para sistema de control
5 }
6 void loop() {
7   // put your main code here, to run repeatedly:
8   int Oxigeno = analogRead(A0);//Lee el valor analogo del pin A0
9   Serial.println(Oxigeno);
10  if(Oxigeno >= 500){
11    digitalWrite(13,HIGH); //Se activa la salida del pin 13
12  }
13  else {
14    digitalWrite(13,LOW); //Se desactiva la salida del pin 13
15  }
16  delay(500);// tiempo de espera
17 }
```

**Figura 32. Programación con Arduino, imagen propia.**

En esta última programación se realizó una prueba con un divisor de tensión utilizando un potenciómetro el cual simula la señal del sensor SKU: SEN0237, esta señal ingresa a la tarjeta de programación Arduino y el algoritmo que se realizó permite que el pin 13 se active o se desactive.

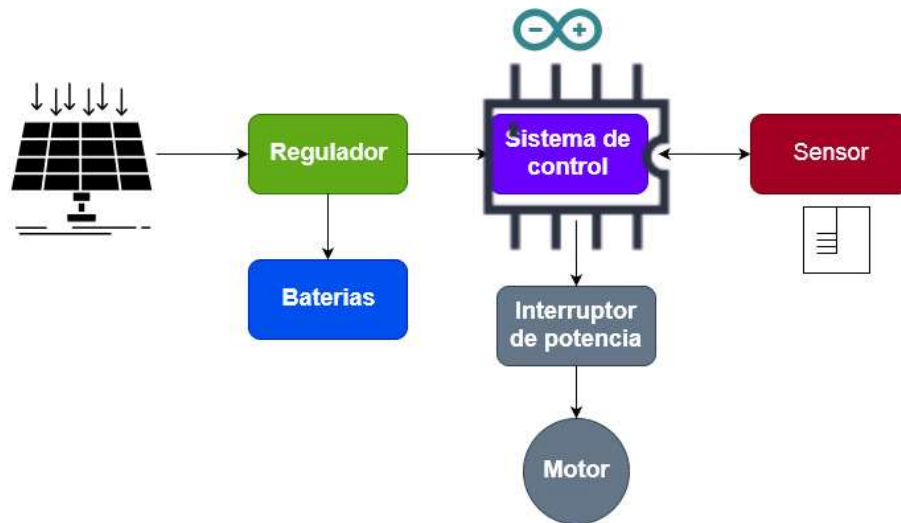
En el pin 13 podemos utilizar un relevo el cual se activa cuando el sensor y le envié la señal al sistema de control y de acuerdo al algoritmo se active el motor que va a oxigenar el tanque de peces, cuando el nivel de oxígeno sea alto y de acuerdo a la programación se apague el motor y con esto se realiza el sistema de control con los elementos relacionados y como se puede apreciar en la siguiente ilustración.



*Figura 33. Sistema de control con relevo para motor, Fuente: Elaboración propia.*

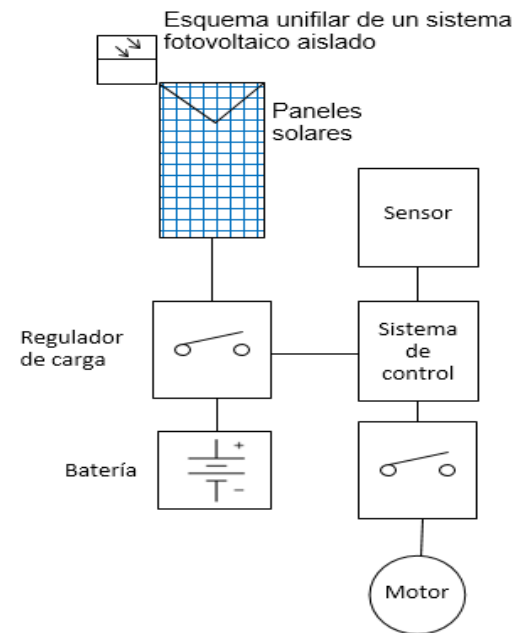
### 3.7 Fase 5 - Presentación del diseño:

Realizar diagramas del proyecto a realizar por medio de herramientas informáticas o software para una mejor comprensión del usuario final.



*Figura 34. Presentación del diseño, Fuente: Elaboración propia.*

Esquema unifilar de un sistema fotovoltaico aislado



**Figura 35, esquema unifilar realizado en Visio, Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 36. Diseño general realizado en Paint 3D, Fuente: Elaboración propia.**

## Garantías

Todos los elementos de instalación así como todo en conjunto estarán protegidos frente a efectos de fabricación, instalación o elección de componentes con una garantía de 3 años como mínimo, salvo para los módulos solares los cuales contarán con la garantía del fabricante ( 25 años) contados a partir de la firma del acta de recepción provisional. No obstante vencida la garantía el instalador quedara obligado a realizar la reparación de los fallos de funcionamiento, si estos fueros producidos por defectos ocultos de diseño.

### 3.7.1 Análisis económico del diseño:

Los datos suministrados a continuación se tomaron el 20 de diciembre del 2019 los cuales pueden cambiar según la variación del dólar.

**Tabla 2. Recursos para el proyecto con sistema fotovoltaico, Fuente: Elaboración propia**

<b>1. RECURSOS NECESARIO</b>		
<b>RECURSO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRESUPUESTO</b>
<b>Equipo Humano</b>	Asesor (Director del trabajo de grado)	\$500.000
<b>Equipos y Software</b>	Computador portátil, entornos integrados de desarrollo IDE.	\$1.500.000
<b>Viajes y Salidas de Campo</b>	No aplica	
<b>Materiales y suministros</b>	Componentes del sistema fotovoltaico, Aireador, Microntrolador, sensores, misceláneo.	\$ 7.269.990
<b>Bibliografía</b>	Página web, biblioteca virtual, biblioteca física. UNAD	En especie
<b>TOTAL</b>		<b>\$8.774.990</b>

**Nota.** Recursos necesarios con el sistema fotovoltaico.

Se debe que tener presente los elementos que se utilizan en el proyecto fotovoltaico con los valores de cada uno identificando la viabilidad económica, donde podemos analizar la siguiente tabla.

Si se realiza la instalación del servicio eléctrico se utilizarían los elementos de la siguiente tabla:

**Tabla 3. Recursos para el proyecto con sistema eléctrico, Fuente: Elaboración propia**

<b>2. RECURSOS NECESARIO</b>		
<b>RECURSO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRESUPUESTO</b>
<b>LA 202 CENTRO POSTE 12/1050</b>	Total de Materiales según LA 202	\$ 1.284.901
<b>CTU506-1 FIN CTO BANDERA POSTE LM</b>	Total de Materiales de CTU506	\$ 6.529.736
<b>LA 321 TRENZADO FINAL LM</b>	Total de Materiales de LA 321	\$ 5.436.745
<b>SUBESTACIÓN ELECTRICA</b>	Total de Materiales para la celda distribución MT CC-2L+1P-F SF6	\$ 25.256.445
<b>Algunos Recursos</b>	Grúa y otros	\$15.000.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$53.507.827</b>

**Nota.** Recursos necesarios con el sistema eléctrico convencional.

Si se realiza el sistema con la corriente convencional, el monto de la instalación es elevada por todos los componentes que están inmersos en la instalación, como se aprecia en la siguiente tabla.

**Tabla 4. Consumo panel VS red eléctrica AC, Fuente: Elaboración propia**

<b>3. Consumo de energía eléctrica AC</b>		
<b>Elemento</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>Consumo del Motor en un día</b>	$0.5KW * 24h * \$320 =$ $\$3840kWh$	$\$3840kWh * 30 = \$115,200$
<b>Comparación panel Vs Red AC</b>	$\$8.774.990 / \$115,200 = 76.17$	$76.17 / 12 \text{ meses} = 6.34 \text{ años}$

**Nota.** Comparación del consumo de los paneles con respecto a la energía convencional.

Al realizar el análisis de la facturación de corriente eléctrica convencional, podemos identificar el incremento del costo de este sistema con respecto a la instalación de paneles solares.

**Tabla 5, Recuperación con el aumento de peces, Fuente: Elaboración propia**

<b>4. Rendimiento del cultivo con el sistema de paneles solares de un 35% anual</b>		
<b>Valor del proyecto con sistema fotovoltaico</b>	\$8.774.990	<b>35%</b>
<b>Valor por el porcentaje 35%</b>	$\$8.774.990 * 0.35 = \$3\ 071\ 246.5$	
<b>Recuperación inversión en años</b>	$\$8.774.990 / \$3\ 071\ 246.5 =$ 2.85	2.9 años

**Nota.** Tiempo en años de la recuperación de la inversión.

Con la tabla 5 se puede analizar que la mojarra roja requiere un espacio adecuado junto con una oxigenación y temperatura idónea, con el sistema de oxigenación automático tiene un rendimiento en la producción de mojarra roja de un 35%, puede vivir con bajo oxígeno con 1mg/lt, pero afectando directamente con su crecimiento.

El tipo de cultivo que los residentes tienen es de tipo Extensivo teniendo 1 pez /m<sup>2</sup>, al mejorar el sistema puede pasar al sistema semi-intensivo con una producción de 1 a 5 peces por metro cuadrado el cual es el que se va a utilizar por el momento, en donde puede pasar más adelante a un sistema intensivo con una producción de 5 a 20 peces/m<sup>2</sup> o superintensivo con una producción mayor a 20 peces/m<sup>2</sup>, todo esto se puede realizar con el sistema a instalar, ya que tienen un control de la aireación, pero por el momento se subirá el 35% de producción y des pues mejorarlo con un mejor sistema de alimentación.

Como el estanque tiene 1200m<sup>2</sup>, pasaran de producir 2 peces/m<sup>2</sup> a 2,7 peces por metro cuadrado, un poco menos de 3 peces por metro cuadrado.

El precio de cada uno de los peces se encarga el que cultiva los peces de engorde, pero con el sistema se garantiza el 35% más de producción ya que el sistema oxigena el estanque donde pueden vivir más especies por metro cuadrado.

Podemos apreciar la recuperación de la inversión, teniendo en cuenta un aumento básico del 35% en la cría de peces, en la siguiente tabla.

Esto se puede aumentar con un cultivo super intensivo, en donde el acuicultor tiene el proyecto instalado, pero debe mejorar técnicas de alimentación o nutrición y otros tipos de controles aparte de la oxigenación y la calidad del agua, pasando de 2 peces/m<sup>2</sup> a más de 20 peces/m<sup>2</sup> teniendo un rendimiento del 1000% aproximadamente.

La ganancia G de la inversión, se toma por el retorno R, teniendo en cuenta los costos C, con lo cual podemos obtener que la ganancia la obtenemos del retorno menos los costos, como se aprecia en la siguiente formula:

$$G = R - C$$

La vida útil de los paneles solares puede estar entre los 25 años, en los cuales se obtiene beneficios de no pagar una tarifa energética al sistema convencional de la red eléctrica, durante el uso de los paneles solares.

La inversión del consumo energético se recupera a los 6.3 años.

La inversión con la producción de peces se recupera un poco menos de los 3 años.



### **3.8 Mejoras del proyecto**

En la actualidad hay diferentes sistemas fotovoltaicos para el sistema eléctrico de una vivienda o como generador de electricidad, pero también se puede utilizar para calentar el agua, para el riego de los cultivos, para alumbrados exteriores, para vehículos entre otros usos que ayudan al medio ambiente por ser un sistema de energías renovables.

El proyecto se enfoca con las características medioambientales y técnicas que se presentan en el municipio de Acacias y puntualmente en la finca Buenos Aires, en donde se tiene en cuenta la temperatura, la latitud y longitud del lugar, las características que se pueden presentar en el sector con respecto al sol, la oxigenación del cultivo de forma automática por medio de un algoritmo de control, para un apropiado crecimiento de las mojarra.

A futuro este proyecto se puede mejorar con un sistema de control o de monitorización por medio de los datos que envía el sensor de oxígeno a una plataforma Cloud o una aplicación con una interfaz para verificar el estado del oxígeno de forma remota, también podemos incluir un sistema de verificación del consumo de energía, o un sistema de horas de funcionamiento para el mantenimiento de los diferentes elementos inmerso en el proyecto como son los paneles solares, las baterías, el motor, el sensor.

#### 4. Conclusiones

Se pudo determinar la idoneidad del proyecto según las características del municipio de acacias el cual esta privilegiado por esta cerca el meridiano de Greenwich, obteniendo un gran porcentaje de radiación solar para el uso de los paneles solares, también se comprobó que las mojaras rojas pueden crecer más en climas como el de acacias donde el promedio de temperatura es de 24°C el cual es ideal para la crianza de mojaras.

Se identificó las cargas de mayor y menor cuantía, en donde el motor de 500W es el que consume más energía, los otros elementos como sistema embebido, el sensor de oxigenación tienen un consumo no significativo para el sistema de generación de energía por medio de los paneles solares.

Se realizó los cálculos para identificar el dimensionamiento de cuantos paneles se requieren para suplir la energía que consume el motor eléctrico, para esto se estableció que se requiere de 4 paneles de 250W para un total de 1000W, también se realizó cálculos para las baterías necesarias para un adecuado almacenamiento se requiere de 2 baterías en serie de 12 V a 220 Ah, que es igual a 24voltios y 220 Ah, también se requiere de un regulador solar de 42 A para el uso y dimensionamiento adecuado de todo el sistema de carga.

Se identificó el sensor idóneo para el sistema el cual es la clave para el sistema de gestión de la energía eléctrica, activando el motor del sistema de oxigenación cuando fuese necesario por medio de un algoritmo que suministra el fabricante del sensor y los ajustes para controlar el motor en un rango definido.

El uso de energía renovable contribuye con problemas medioambientales como la lluvia acida y el calentamiento global por la emisión de CO<sub>2</sub> entre otros que se presenta con el uso de energías convencionales, situación que de no ser controlada según la organización del medio ambiente y la organización mundial de la salud, se verá reflejada cada vez más en la mortalidad temprana de personas y en general de los seres vivos del planeta, este tipo de generación de energía se adapta para instalarlo en sectores remotos con una buena radiación solar.

Finalmente se presentó el diseño de todo el sistema ayudando a la comprensión por medio del esquema el cual integran los elementos más significativos del proyecto, con un esquema de bloques, un esquema unifilar y un dibujo en 3D del proyecto a implementar.

## 5. Bibliografía

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (s.f.). *Precipitación mensual PMPLL*. Recuperado el 10 de 01 de 2019, de <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=512&v=1>
- Botero, J. A., Torres Abello, A. E., Campos Pinilla, M. C., Duarte Castro, L., Echeverry Robayo, J. I., & Villegas Gonzalez, P. A. (2007). Aprovechamiento de agua lluvia para riego y lavado de zonas duras y fachadas en el campus de la Universidad Javeriana. *Redalyc.org*, 193-201.
- Cantor, F. (2007). *Manual de producción de Tilapia*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/JCAMIOMOR/manual-de-produccion-de-tilapia>
- Carmona, G., & Bojalil, J. A. (2008). El diseño de un sistema de captación de agua de lluvia. En G. Carmona, & J. A. Bojalil, *Manual de Captación de aguas lluvias para centros Urbanos* (págs. 15-30). México.
- cenitsolar. (2019). *Fotovoltaica aislada*. Obtenido de [http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica\\_esquema.php](http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_esquema.php)
- Cruz, J. I. (05 de 2016). *Estudio de un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvia para áreas urbanas en la ciudad de Bogotá*. Recuperado el 05 de 12 de 2018, de [hemeroteca.unad.edu.co](http://hemeroteca.unad.edu.co): <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/view/1773/2006>
- DFRobot. (2019). *Sensor\_SKU:SEN0237*. Obtenido de [https://wiki.dfrobot.com/Gravity\\_\\_Analog\\_Dissolved\\_Oxygen\\_Sensor\\_SKU\\_SEN0237](https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237)
- Energy, V. (2018). *BlueSolar Monocrystalline Panels*. Obtenido de <https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-BlueSolar-Monocrystalline-Panels-EN.pdf>
- Festo. (2008). La técnica de la automatización como parte de las ciencias de Ingeniería. En F. Ebel, *Fundamentos de la técnica de automatización Libro técnico* (págs. 19-37). O Denkendorf, Alemania: Festo Didactic GmbH & Co. .
- Floy, T. L. (2006). Latches S-R. En T. L. Floy, *Fundamentos sistemas digitales* (págs. 412-419). Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Gomez, D. A. (2016). Recuperado el 25 de 02 de 2019, de [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/4409/TTE\\_CarvajalGomezDannyAlejandro\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/4409/TTE_CarvajalGomezDannyAlejandro_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- González, S. R. (2015). *Control de temperatura PID para un Bioreactor de procesos Aeróbicos*. Recuperado el 18 de 12 de 2018, de Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería : <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/7466>

- Hernández, L. D. (2017). *Sensor ultrasónico, mideindo la distancia en un sistema de aparcamiento*. Recuperado el 5 de 06 de 2018, de Programar Fácil : <https://programarfácil.com/blog/arduino-blog/sensor-ultrasonico-arduino-medir-distancia/>
- Hetpro. (s.f.). *Sensor de Flujo YF-S201 para Agua*. Recuperado el 05 de 11 de 2018, de Hetpro: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-flujo/>
- Hurtado, E. (10 de 04 de 2019). *Aplicación del cálculo de la potencia de una Bomba de Agua para el suministro en casa [Área: Mecánica de los fluidos]*. Obtenido de Steemit: <https://steemit.com/stem-espanol/@eleonardo/aplicacion-del-calculo-de-la-potencia-de-una-bomba-de-agua-para-el-suministro-en-casa-or-area-mecanica-de-los-fluidos-or>
- IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Obtenido de IDEAM: [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA\\_2014.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf)
- Insa, J. (20 de diciembre de 2019). *Calcular regulador solar MPPT necesario*. Obtenido de <https://www.monsolar.com/blog/calcular-regulador-solar-mppt-necesario/>
- Instrumentos WIKA Colombia . (2018). *Transmisor de presión*. Recuperado el 15 de 06 de 2018, de Instrumentos WIKA Colombia : [https://www.wika.co/a\\_10\\_es\\_es.WIKA](https://www.wika.co/a_10_es_es.WIKA)
- ipac. (06 de octubre de 2015). *Acuaponía en el barrio sevillano de las Tres Mil Viviendas*. Obtenido de [http://www.ipacuicultura.com/noticias/en\\_portada/44042/acuaponia\\_en\\_el\\_barrio\\_sevillano\\_d\\_e\\_las\\_tres\\_mil\\_viviendas\\_.html](http://www.ipacuicultura.com/noticias/en_portada/44042/acuaponia_en_el_barrio_sevillano_d_e_las_tres_mil_viviendas_.html)
- Michaus, J. (01 de 08 de 2017). *Control de motor a pasos con 555*. Recuperado el 15 de 02 de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=Q9vFYqWGx5s>
- Minciencias. (15 de 02 de 2017). *Implementación de un modelo bajo invernadero para la producción de Tilapia Roja en condiciones controladas*. Obtenido de [https://acienciacierta.minciencias.gov.co/images/phocagallery/experiencias\\_postuladas/funes//7\\_Tipalia.JPG](https://acienciacierta.minciencias.gov.co/images/phocagallery/experiencias_postuladas/funes//7_Tipalia.JPG)
- Ministerio de ambiente y vivienda y desarrollo territorial . (27 de 11 de 2009). *Resolución 2320 del 2009*. Recuperado el 2018 de 11 de 03, de Ministerio de ambiente y vivienda y desarrollo territorial : <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/2320%20-%202009.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guías para el diseño de estaciones de Bombeo de agua potable*. Recuperado el 15 de 01 de 2019, de <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/161esp-diseno-estbombeo.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (2007). *Sistema de Bombeo*. En O. P. Salud, *Guía para la selección de equipos de Bombeo para sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento para el medio Rural* (págs. 1-44). Lima: Organización mundial de la Salud.


- Palacio, C. N. (2010). *Trabajo de Monografía para optar al título de Especialista en Manejo y Gestión del Agua*. Obtenido de Universidad de Antioquia Escuela Ambiental:  
<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluvia.pdf>
- Pentairaes. (2018). *Soluciones de agua inteligentes y sostenible*. Obtenido de <https://pentairaes.com/>
- PVsystem. (2019). *Software de PVsystem*. Obtenido de <https://www.pvsystem.com/features/>
- sigmaelectronica. (2019). *SEN0237-A*. Obtenido de <https://www.sigmaelectronica.net/producto/sen0237-a/>
- SunFields. (2018). *Tipos de Paneles Solares*. Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/tipos/>
- Unidas, N. (22 de 03 de 2006). *El agua*. Obtenido de Programa mundial de la evaluación de los recursos Hídricos: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001444/144409S.pdf>
- Unitronics. (2018). *Unitronics Vision 570*. Recuperado el 15 de 06 de 2018, de i4-Automation Ltd:  
<http://www.i4automation.co.uk/v570.aspx#manuals>
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. (2016). *Implementación de un sistema eficiente de recolección y aprovechamiento de agua lluvia para áreas urbanas ciudad de Bogotá*. Bogotá: Unad. Obtenido de <file:///G:/Proyecto%20Final%20%20Carrera/PDF%20PROPUESTA/Implementaci%C3%B3n%20%20sistema%20recolector%20aguas%20%20lluvias%20bogota%20Unad.pdf>
- Yangtze Solar Power Co., L. (22 de 11 de 2015). *Panel solar policristalino 250W 260W 270W 280W*. Obtenido de <https://yangtze-solar.en.made-in-china.com/product/vjOENCMcpnhy/China-Polycrystalline-250W-260W-270W-280W-Solar-Panel-Germany.html>
- Zamudio, J. R. (11 de 05 de 2014). *Tutorial Sensor Ultrasónico HC-SR04 y Arduino*. Recuperado el 16 de 06 de 2018, de Geek Factory: <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/sensor-ultrasonico-hc-sr04-y-arduino/>

## 6. Anexos

### Anexo 1: Datos de Panel solar:


Datasheet-BlueSolar-Monocrystalline-Panels

Paneles monocristalinos BlueSolar



BlueSolar monocristalino 305W

- El coeficiente de baja tensión-temperatura mejora el funcionamiento a altas temperaturas.
- Rendimiento excepcional con baja luminosidad y alta sensibilidad a la luz en todo el espectro solar.
- Garantía limitada de 25 años en la entrega de potencia y el rendimiento.
- Garantía limitada de 5 años en materiales y mano de obra.
- La caja de conexiones, sellada, hermética y multifuncional, proporciona altos niveles de seguridad.
- Los diodos de derivación de alto rendimiento minimizan las caídas de potencia provocadas por la sombra.
- El sistema avanzado de encapsulación EVA (etileno acetato de vinilo, por sus siglas en inglés) con láminas traseras de triple capa cumple con los requisitos más exigentes para su funcionamiento de alta tensión.
- Un sólido bastidor de aluminio galvanizado permite instalar los módulos sobre el tejado con distintos sistemas estándar de montaje.
- Su vidrio templado de alta transmisión y alta calidad proporciona una dureza y resistencia a los impactos mejorada.
- Modelos precableados de alta potencia con sistema de conexión rápida y conectores MC4 (PV-ST01).


Conectores MC4

Referencia del artículo	Descripción	Peso neto	Rendimiento eléctrico bajo STC (1)				
			Potencia nominal	Tensión de potencia máx.	Corriente de potencia máx.	Tensión de circuito abierto	Corriente de cortocircuito
			Watt	Volt	Amp	Volt	Amp
SPWD40201200	20W -12V Mono 440 x 350 x 25mm series-4a	1,9	20	18,5	1,09	22,6	1,19
SPWD40301200	30W -12V Mono 560 x 350 x 25mm series-4a	2,2	30	18,7	1,61	22,87	1,76
SPWD40401200	40W -12V Mono 425 x 668 x 25mm series-4a	3,1	40	18,3	2,19	22,45	2,40
SPWD40551200	55W -12V Mono 545 x 668 x 25mm series-4a	4	55	18,8	2,94	22,9	3,22
SPWD40901200	90W -12V Mono 780 x 668 x 30mm series-4a	6,1	90	19,6	4,59	24,06	5,03
SPWD41151200	115W -12V Mono 1015 x 668 x 30mm series-4a	8	115	19,0	6,04	23,32	6,61
SPWD41751200	175W -12V Mono 1485 x 668 x 30mm series-4a	11	175	19,4	9,03	23,7	9,89
SPWD42152400	215W -24V Mono 1580 x 808 x 35mm series-4a	15	215	37,4	5,75	45,82	6,30
SPWD43052000	305W -20V Mono 1640 x 992 x 35mm series-4a	18	305	32,5	9,38	39,7	10,27
SPWD43602400	360W -24V Mono 1956 x 992 x 40mm series-4a	22	360	38,4	9,38	47,4	10,24

Módulo	SPW 040201200	SPW 040301200	SPW 040401200	SPW 040551200	SPW 040901200	SPW 041151200	SPW 041751200	SPW 042152400	SPW 043052000	SPW 043602400
Potencia nominal (tolerancia ±3%)	20W	30W	40W	55W	90W	115W	175W	215W	305W	360W
Tipo de célula	Monocristalina									
Cantidad de células en serie	36					72			80	
Tensión máxima del sistema (V)	1000V									
Coefficiente de temperatura de MPPT (%)	-0,45/°C	-0,43/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,43/°C	-0,45/°C	-0,45/°C	-0,45/°C
Coefficiente de temperatura de Voc (%)	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C	-0,35/°C
Coefficiente de temperatura de Isc (%)	+0,04/°C	+0,04/°C	+0,04/°C	+0,04/°C	+0,04/°C	+0,04/°C	+0,04/°C	+0,04/°C	+0,04/°C	+0,04/°C
Rango de temperatura	Entre -40 °C y +85 °C									
Capacidad de carga máxima en su superficie	200 kg/m²									
Resistencia máxima al impacto	23 m/s, 7,53 g									
Tipo de caja de conexiones	MC4	PV-LH006				MC4	PV-LH006	PV-LH001	PV-3000	
Longitud de los cables/ Tipo de conector	Sin cable					100 mm MC4				
Tolerancia de salida	±7,3%									
Bastidor	Aluminio									
Garantía del producto	5 años									
Garantía sobre el rendimiento eléctrico	10 años 90% + 25 años 80% de la entrega de potencia									
Cantidad mínima de unidades por embalaje	1 panel									
Cantidad por palet	380	260	180	140	90	80	36	32	32	37

1) STC (Condiciones de prueba estándar: 1000W/m², 25°C, AM (masa de aire) 1,5)

*Anexo 1, Datos de Panel solar, Fuente (Energy, 2018)*

## Anexo 2: Características del Paneles solares:

### Datasheet

#### MONOCRISTALINOS

Modulos solares Monocristalinos.



Panel Solar Monocristalino



- El coeficiente baja tensión-temperatura mejora el funcionamiento a altas temperaturas.
- Rendimiento excepcional con baja luminosidad y alta sensibilidad a la luz en todo el espectro solar.
- La caja de conexiones, sellada, hermética y multifuncional, proporciona altos niveles de seguridad.
- Los diodos de derivación de alto rendimiento minimizan las caídas de potencia provocadas por la sombra.
- El sistema avanzado de encapsulación EVA (etileno acetato de vinilo por sus siglas en Inglés) con láminas traseras de triple capa cumple con los requisitos más exigentes para su funcionamiento de alta tensión.
- Un sólido bastidor de aluminio galvanizado permite instalar los módulos sobre el tejado con distintos sistemas estándar de montaje.
- Su vidrio templado de alta transmisión y alta calidad proporciona una dureza y resistencia a los impactos mejorada.
- Sistema precableado de conexión rápida con conectores PV-STD1.

#### CARACTERÍSTICAS

		SPM30 12	SPM50 12	SPM80 12	SPM100 12	SPM130 12	SPM150 24	SPM300 24
Nº de células				36				72
Tipo de células		Monocristalinos						
Tensión máxima del sistema		1000 V						
<b>Datos eléctricos *</b>								
Potencia nominal	Pmax	30 Wp	50 Wp	80 Wp	100 Wp	130 Wp	150 Wp	300 Wp
Tolerancia		± 3%	± 3%	± 3%	± 3%	± 3%	± 3%	± 3%
Tensión nominal	Vmp	18,00 V	18,00 V	18,00 V	18,00 V	18,00 V	36,00 V	36,00 V
Tensión de circuito abierto	Voc	22,50 V	22,20 V	22,30 V	22,40 V	21,40 V	43,20 V	45,50 V
Corriente nominal	Imp	1,67 A	2,78 A	4,45 A	5,56 A	7,23 A	5,44 A	8,06 A
Corriente de cortocircuito	Isc	2,00 A	3,16 A	4,98 A	6,53 A	8,03 A	5,98 A	8,98 A

Anexo 2, Características del Paneles solares, Fuente: (Yangtze Solar Power Co., 2015)

### Anexo 3: Característica del sensor de oxígeno:

#### Sensor de Oxígeno Disuelto en Agua

Kit para medición de oxígeno disuelto compatible con microcontroladores Arduino. Este sensor a sido diseñado para la medición de oxígeno disuelto en agua, con la cual se refleja la calidad de Agua. Su uso es aplicado en diversas aplicaciones como: acuicultura, monitoreo ambiental, ciencias naturales y otros.

Este Kit te permite construir un excelente detector de oxígeno disuelto. La construcción de la sonda permite que no necesite tiempo de polarización para la medida y que pueda tomar los datos de forma inmediata, además la solución presente en el cabezal de la membrana puede reemplazarse bajando el costo de mantenimiento del sensor y su señal de salida en el sensor es fácilmente acoplable a sistemas de control o de detección.

Para usarlo por primera vez solo se necesita llenar el cabezal con una solución de NaOH con 1 gota de glicerina por cada 100ml, según la aplicación y tiempo de trabajo del sensor el usuario debe determinar el periodo de reemplazo de la solución

#### **Nota:**

1. *Es importante tener en cuenta que por disposiciones legales de importación y envío de mercancía el kit no incluye la solución que necesita el cabezal para funcionar, por tanto se recomienda averiguar primero un lugar para adquirir una solución de 0.5mol/L NaOH mas 1-2 gotas de glicerina por cada 100mL.*
2. *Debido a que la solución química que debe colocarse en el cabezal es corrosiva se recomienda el uso de protecciones como guantes y gafas cada que se realice el cambio.*
3. *La membrana permeable de oxígeno es sensible y frágil, por tanto se debe ser muy cauteloso con la misma para que no se calga ni se vaya a arruinar cuando se esté haciendo el cambio de la solución química en el cabezal.*
4. *El sensor de Oxígeno Disuelto consumirá un poco de oxígeno durante la medición. Agite suavemente la solución y deje que el oxígeno se distribuya uniformemente en el agua.*

#### **Características**

- Sonda de calidad que no necesita tiempo de polarización
- Solución química reemplazable en el cabezal de bajo mantenimiento
- Compatible con voltajes de 3.3-5V presente en la mayoría de Arduinos y microcontroladores
- Salida análoga de 0-3V para acoplar con todo tipo de conversores A/D
- Interface Plug and Play
- Rango de presión máxima de trabajo 50PSI
- Vida útil del electrodo: 1 Año en uso normal
- Periodo de reemplazo de la solución en el sensor: una vez por mes.
- Periodo de reemplazo de la membrana: 1-2 meses en agua fangosa, 4-5 meses en agua limpia
- Longitud del cable: 2 metros
- Conector de la sonda tipo BNC

**Anexo 3, Características del sensor, Fuente: (DFRobot, 2019)**



## Anexo 4: Datos del sensor de oxígeno:



Gravedad: Analog oxígeno disuelto Sensor / Meter Kit para Arduino

SKU: SEN0237-A



### *INTRODUCCIÓN*

Este es un kit sensor de oxígeno disuelto, que es compatible con los microcontroladores Arduino. Este producto se utiliza para medir el oxígeno disuelto en agua, para reflejar la calidad del agua. Se aplica extensamente en muchas aplicaciones de calidad del agua, como la acuicultura, vigilancia del medio ambiente, las ciencias naturales y así sucesivamente. Hay un viejo dicho en relación al mantenimiento de peces, "buen pescado merece buena agua". Buena calidad del agua es muy importante para los organismos acuáticos. El oxígeno disuelto es uno de los parámetros importantes para reflejar la calidad del agua. oxígeno bajo disuelto en agua dará lugar a dificultad en la respiración para los organismos acuáticos, que pueden poner en peligro sus vidas. Hemos puesto en marcha un nuevo kit de sensor de oxígeno disuelto de código abierto, que es compatible con Arduino. Este producto se utiliza para medir el oxígeno disuelto en agua, para reflejar la calidad del agua.

La sonda es una sonda galvánica, sin necesidad de tiempo de polarización, y la estancia en cualquier momento. La capa de solución de referencia y la membrana es reemplazable, lo que lleva a la bajo costo de mantenimiento. La junta convertidor de señal es plug and play, y tiene la compatibilidad buena. Se puede integrar fácilmente a cualquier sistema de control o de detección.

Este producto es fácil de usar con una alta compatibilidad. Con el código de fuente abierta y tutorial detallada proporcionada, este producto es muy adecuado para sus proyectos de agua en la detección de la concentración de oxígeno disuelto para los organismos acuáticos.

***Anexo 4, características del sensor SEN0237-A, Fuente: (DFRobot, 2019)***

Anexo 5: Programación del sensor:

**Tabla 6. Programación para el sensor SEN0237, Fuente recuperado de [https://wiki.dfrobot.com/Gravity\\_\\_Analog\\_Dissolved\\_Oxygen\\_Sensor\\_SKU\\_SEN0237](https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237)**

Programación del fabricante para ajuste del sensor
<p>La programación del sistema se obtiene del fabricante el cual es el siguiente: /*****</p> <p>DFRobot Gravity: Analog Dissolved Oxygen Sensor / Meter Kit for Arduino</p> <p>&lt;<a href="https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Gravity:_Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU:SEN0237">https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Gravity:_Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU:SEN0237</a>&gt;</p> <p>*****</p> <p>This example reads the concentration of dissolved oxygen in water. The saturated oxygen calibration is available by UART commends with NL &amp; CR: calibration ---- enter the calibration mode satcal ---- calibrate the parameters with saturated oxygen value exit ---- exit the calibration mode Created 2017-5-22 By Jason &lt;jason.ling@dfrobot.com@dfrobot.com&gt; GNU Lesser General Public License. See &lt;<a href="http://www.gnu.org/licenses/">http://www.gnu.org/licenses/</a>&gt; for details. All above must be included in any redistribution *****/</p> <p>/*****Notice and Trouble shooting*****/</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. This code is tested on Arduino Uno and Leonardo with Arduino IDE 1.0.5 r2 and 1.8.2.</li><li>2. More details, please click this link: &lt;<a href="https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Gravity:_Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU:SEN0237">https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Gravity:_Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU:SEN0237</a>&gt;</li></ol> <p>*****/</p> <pre>#include &lt;avr/pgmspace.h&gt; // incluye la librería #include &lt;EEPROM.h&gt; #define DoSensorPin A1 // pin de salida analógica del sensor de oxígeno disuelto a la placa base Arduino #define VREF 5000 // para Arduino uno, la referencia ADC es el AVCC, que es 5000mV (TYP) float doValue; // valor actual de oxígeno disuelto, unidad; mg / l float temperature = 25; // la temperatura predeterminada es de 25 ° C #define EEPROM_write(address, p) {int i = 0; byte *pp = (byte*)&amp;(p);for( i &lt; sizeof(p); i++) EEPROM.write(address+i, pp[i]);} #define EEPROM_read(address, p) {int i = 0; byte *pp = (byte*)&amp;(p);for( i &lt; sizeof(p); i++) pp[i]=EEPROM.read(address+i);} #define ReceivedBufferLength 20</pre>

```

char receivedBuffer[ReceivedBufferLength+1]; // almacenar el comando en serie
byte receivedBufferIndex = 0;
#define SCOUNT 30 // suma del punto de muestra
int analogBuffer[SCOUNT]; // almacenar el valor analógico en la matriz, leída desde ADC
int analogBufferTemp[SCOUNT];
int analogBufferIndex = 0,copyIndex = 0;
#define SaturationDoVoltageAddress 12 // La dirección del voltaje de saturación de
oxígeno almacenado en la EEPROM
#define SaturationDoTemperatureAddress 16 // La dirección de la temperatura de saturación
de oxígeno almacenada en la EEPROM
float SaturationDoVoltage,SaturationDoTemperature;
float averageVoltage;
const float SaturationValueTab[41] PROGMEM = { // saturación concentraciones de oxígeno
disuelto a varias temperaturas
14.46, 14.22, 13.82, 13.44, 13.09,
12.74, 12.42, 12.11, 11.81, 11.53,
11.26, 11.01, 10.77, 10.53, 10.30,
10.08, 9.86, 9.66, 9.46, 9.27,
9.08, 8.90, 8.73, 8.57, 8.41,
8.25, 8.11, 7.96, 7.82, 7.69,
7.56, 7.43, 7.30, 7.18, 7.07,
6.95, 6.84, 6.73, 6.63, 6.53,
6.41,
};
void setup()
{
Serial.begin(115200);
pinMode(DoSensorPin,INPUT);
readDoCharacteristicValues(); // leer valores característicos calibrados de la EEPROM
}
void loop()
{
static unsigned long analogSampleTimepoint = millis();
if(millis()-analogSampleTimepoint > 30U) // cada 30 milisegundos, lea el valor analógico
del ADC
{
analogSampleTimepoint = millis();
analogBuffer[analogBufferIndex] = analogRead(DoSensorPin); // lea el valor analógico y
almacénelo en el búfer
analogBufferIndex++;
if(analogBufferIndex == SCOUNT)
analogBufferIndex = 0;
}
}

```

```

}
static unsigned long tempSampleTimepoint = millis();
if(millis()-tempSampleTimepoint > 500U) // every 500 milliseconds, read the temperature
{
    tempSampleTimepoint = millis();
    //temperature = readTemperature(); // agregue sus códigos de temperatura aquí para leer la
    temperatura, unidad: ^ C
}
static unsigned long printTimepoint = millis();
if(millis()-printTimepoint > 1000U)
{
    printTimepoint = millis();
    for(copyIndex=0;copyIndex<SCOUNT;copyIndex++)
    {
        analogBufferTemp[copyIndex]= analogBuffer[copyIndex];
    }
    averageVoltage = getMedianNum(analogBufferTemp,SCOUNT) * (float)VREF / 1024.0; //
    leer el valor más estable mediante el algoritmo de filtrado medio
    Serial.print(F("Temperature:"));
    Serial.print(temperature,1);
    Serial.print(F("^C"));
    doValue = pgm_read_float_near( &SaturationValueTab[0] +
(int)(SaturationDoTemperature+0.5) ) * averageVoltage / SaturationDoVoltage; //
    calcule el valor do, doValue = Voltaje / SaturationDoVoltage * SaturationDoValue (con
    compensación de temperatura)
    Serial.print(F(", DO Value:"));
    Serial.print(doValue,2);
    Serial.println(F("mg/L"));
}
if(serialDataAvailable() > 0)
{
    byte modeIndex = uartParse(); // analizar el comando uart recibido
    doCalibration(modeIndex); //
    Si se recibe el comando de calibración correcto, se debe llamar a la función de calibración.
}
}
boolean serialDataAvailable(void)
{
    char receivedChar;
    static unsigned long receivedTimeOut = millis();
    while ( Serial.available() > 0 )
    {

```

```

if (millis() - receivedTimeOut > 500U)
{
    receivedBufferIndex = 0;
    memset(receivedBuffer,0,(ReceivedBufferLength+1));
}
receivedTimeOut = millis();
receivedChar = Serial.read();
if (receivedChar == '\n' || receivedBufferIndex == ReceivedBufferLength)
{
    receivedBufferIndex = 0;
    strupr(receivedBuffer);
    return true;
}else{
    receivedBuffer[receivedBufferIndex] = receivedChar;
    receivedBufferIndex++;
}
}
return false;
}
byte uartParse()
{
    byte modeIndex = 0;
    if(strstr(receivedBuffer, "CALIBRATION") != NULL)
        modeIndex = 1;
    else if(strstr(receivedBuffer, "EXIT") != NULL)
        modeIndex = 3;
    else if(strstr(receivedBuffer, "SATCAL") != NULL)
        modeIndex = 2;
    return modeIndex;
}
void doCalibration(byte mode)
{
    char *receivedBufferPtr;
    static boolean doCalibrationFinishFlag = 0,enterCalibrationFlag = 0;
    float voltageValueStore;
    switch(mode)
    {
        case 0:
            if(enterCalibrationFlag)
                Serial.println(F("Command Error"));
            break;

```

```

case 1:
enterCalibrationFlag = 1;
doCalibrationFinishFlag = 0;
Serial.println();
Serial.println(F(">>>Enter Calibration Mode<<<"));
Serial.println(F(">>>Please put the probe into the saturation oxygen water! <<<"));
Serial.println();
break;
case 2:
if(enterCalibrationFlag)
{
Serial.println();
Serial.println(F(">>>Saturation Calibration Finish!<<<"));
Serial.println();
EEPROM_write(SaturationDoVoltageAddress, averageVoltage);
EEPROM_write(SaturationDoTemperatureAddress, temperature);
SaturationDoVoltage = averageVoltage;
SaturationDoTemperature = temperature;
doCalibrationFinishFlag = 1;
}
break;
case 3:
if(enterCalibrationFlag)
{
Serial.println();
if(doCalibrationFinishFlag)
Serial.print(F(">>>Calibration Successful"));
else
Serial.print(F(">>>Calibration Failed"));
Serial.println(F(",Exit Calibration Mode<<<"));
Serial.println();
doCalibrationFinishFlag = 0;
enterCalibrationFlag = 0;
}
break;
}
}
int getMedianNum(int bArray[], int iFilterLen)
{
int bTab[iFilterLen];
for (byte i = 0; i<iFilterLen; i++)
{

```

```

    bTab[i] = bArray[i];
    }
    int i, j, bTemp;
    for (j = 0; j < iFilterLen - 1; j++)
    {
        for (i = 0; i < iFilterLen - j - 1; i++)
        {
            if (bTab[i] > bTab[i + 1])
            {
                bTemp = bTab[i];
                bTab[i] = bTab[i + 1];
                bTab[i + 1] = bTemp;
            }
        }
    }
    if ((iFilterLen & 1) > 0)
    bTemp = bTab[(iFilterLen - 1) / 2];
    else
    bTemp = (bTab[iFilterLen / 2] + bTab[iFilterLen / 2 - 1]) / 2;
    return bTemp;
}
void readDoCharacteristicValues(void)
{
    EEPROM_read(SaturationDoVoltageAddress, SaturationDoVoltage);
    EEPROM_read(SaturationDoTemperatureAddress, SaturationDoTemperature);
    if(EEPROM.read(SaturationDoVoltageAddress)==0xFF           &&
EEPROM.read(SaturationDoVoltageAddress+1)==0xFF             &&
EEPROM.read(SaturationDoVoltageAddress+2)==0xFF             &&
EEPROM.read(SaturationDoVoltageAddress+3)==0xFF)
    {
        SaturationDoVoltage = 1127.6; //default voltage:1127.6mv
        EEPROM_write(SaturationDoVoltageAddress, SaturationDoVoltage);
    }
    if(EEPROM.read(SaturationDoTemperatureAddress)==0xFF       &&
EEPROM.read(SaturationDoTemperatureAddress+1)==0xFF          &&
EEPROM.read(SaturationDoTemperatureAddress+2)==0xFF          &&
EEPROM.read(SaturationDoTemperatureAddress+3)==0xFF)
    {
        SaturationDoTemperature = 25.0; //default temperature is 25^C
        EEPROM_write(SaturationDoTemperatureAddress, SaturationDoTemperature);
    }
}
}

```

Anexo 6: Característica del aireador:

**PENTAIR** PRODUCTS ABOUT

HOME / KASCO® AERATING FOUNTAINS

## Kasco® Aerating Fountains

PART #: KFX501-50 to 4400VXH-100

9 REVIEWS | REVIEW THIS PRODUCT

Floating fountains offering very good quality at a low price and delivering an effective mix of aeration and display. These models have a Y-shaped display. Include float with screening, power control center with GFCI protection and two 50' mooring ropes. Call our Lakes Dept. for other power cord lengths.

Three-year warranty for 2 hp and up. 2-year warranty otherwise.

**RELATED ITEMS**  
CHECK ITEMS TO ADD TO THE CART

**KASCO® LED LIGHT KITS**  
PART #: 910018 to 910028

Please note: Our offices will be closed for the holidays and orders will not ship 12/23/19 - 12/27/19 and 1/1/20. Orders may still be placed online during this time.

Model HP Wattage Cord Length Running Amps @ 120 PSI/50HZ Dimensions Price Qty

KFX501-50	.50	115	50' Cord	5.8	5.5' H x 15' W	\$1,252.00	0
KFX501-100	.50	115	100' Cord	5.8	5' H x 12' W	\$1,354.00	0
KFX751-50	.75	115	50' Cord	7.3	5' H x 21' W	\$1,500.00	0
KFX751-100	.75	115	100' Cord	7.3	5' H x 21' W	\$1,435.00	0
KFX752-50	.75	230	50' Cord	3.7	5' H x 21' W	\$2,407.00	0
KFX752-100	.75	230	100' Cord	3.7	5' H x 21' W	\$2,491.00	0
4400VX-100	1	115	100' Cord	11.3	5' H x 26' W	\$1,831.00	0
4400VXH-100	1	230	100' Cord	5.7	5' H x 26' W	\$2,729.00	0

ADD TO CART

Anexo 5, Características del motor para la fuente, Fuente: (Pentairaes, 2018)



## Anexo 7: Ubicación geográfica de la finca y parámetros del sitio.

Los cálculos se pueden realizar también con una aplicación o un software llamado PVsyst el cual nos puede ayudar a obtener los cálculos si colocamos los parámetros del sitio geográfico el cual importa los datos meteorológicos de Meteonorm que es el sitio mejor para recoger información de Acacias, como se aprecia en la siguiente figura

Parámetros del sitio geográfico, nuevo sitio

Coordenadas Geográficas | Meteorología Mensual | Mapa interactivo

**Ubicación**

Nombre del sitio: Guamal

País: Colombia | Región: América del Sur

**Coordenadas Geográficas**

Latitud: 3.9297 [°] 3 55 46 (+ = Norte, - = Hemisferio Sur)

Longitud: -73.7662 [°] -73 45 58 (+ = Este, - = Oeste Greenwich)

Altitud: 530 Metros sobre el nivel del mar

Huso horario: -5.0 Corresponde a una diferencia media

Hora Legal - Hora Solar = 0h -4m

**Importación meteorología**

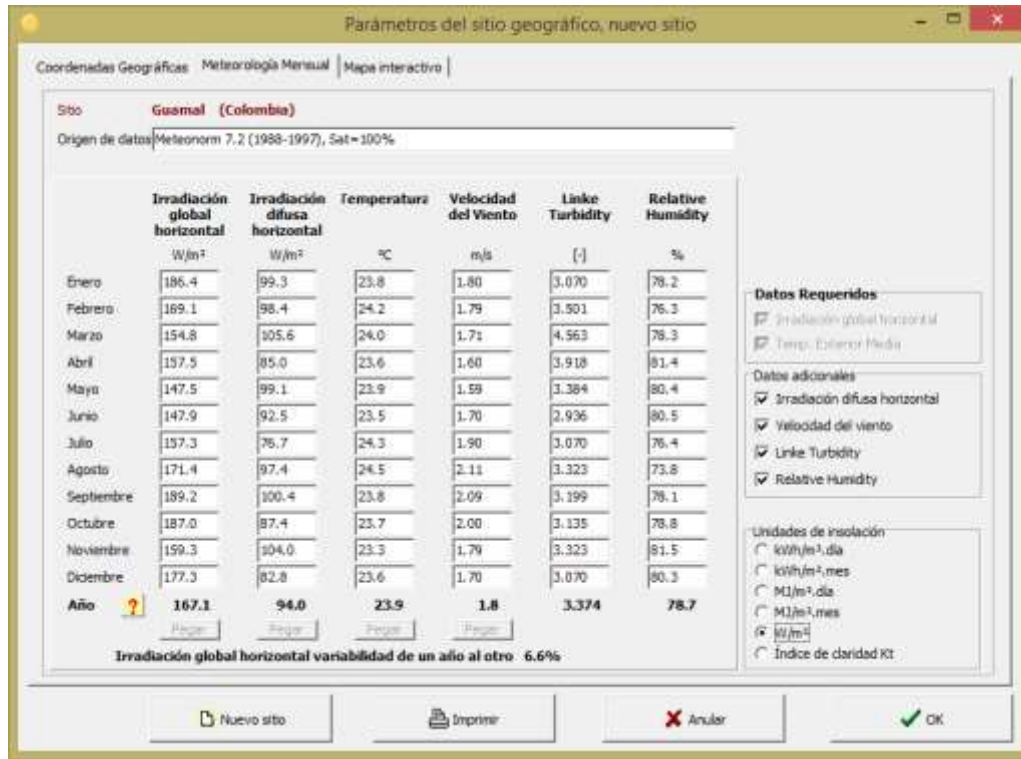
- Meteonorm 7.2
- NASA-SSE
- PVGIS TMY
- NREL / NSRDB TMY

**Tabla E/S (Excel)**

Nuevo sitio | Imprimir | Anular | OK

Anexo 6, Parámetros del sitio geográfico en software PVsyst, Fuente: (PVsyst, 2019)

Con el anterior parametro se puede obtener algunos datos importantes para determinar las características del sistema solar, como la irradiación global horizontal, la irradiación global difusa, la temperatura del sitio, la velocidad del viento, la humedad relativa, de cada uno de los meses como el total del año, lo cual nos ayuda significativamente en los cálculos a realizar, como se puede apreciar en la siguiente figura:



Anexo 7, Parámetros del sitio geográfico en software PVsyst, Fuente: (PVsyst, 2019)

Otros datos que podemos ver en el programa es el mapa del sitio a medir en este caso de Acacias o de la misma finca con los datos ingresados de latitud y longitud, como se aprecia en la siguiente figura



Anexo 8, Parámetros o mapa del sitio geográfico en software PVsyst, Fuente: (PVsyst, 2019)