



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE  
POTENCIA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**DISEÑO Y CONTROL DE UN SISTEMA HÍBRIDO AUTÓNOMO DE  
GENERACIÓN EN BASE A ENERGÍAS RENOVABLES EN LA RESERVA  
ECOLÓGICA LOS ILLINIZAS.**

**AUTORES:**

Chancusi Defaz Luis Miguel

Moreta Caiza Henry Alexis

**TUTOR:**

PhD. Secundino Marrero Ramírez.

**Latacunga – Ecuador**

**2020**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **CHANCUSI DEFAZ LUIS MIGUEL** y **MORETA CAIZA HENRY ALEXIS**, declaramos ser autores de la presente Propuesta Tecnológica “**DISEÑO Y CONTROL DE UN SISTEMA HÍBRIDO AUTÓNOMO DE GENERACIÓN EN BASE A ENERGÍAS RENOVABLES EN LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILLINIZAS**”, siendo el **PhD. SECUNDINO MARRERO RAMÍREZ** tutor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica son de nuestra exclusiva responsabilidad.



CHANCUSI DEFAZ LUIS MIGUEL  
C.I. 0503979999



MORETA CAIZA HENRY ALEXIS  
C.I. 1500900111

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“DISEÑO Y CONTROL DE UN SISTEMA HIBRIDO AUTÓNOMO DE GENERACIÓN EN BASE A ENERGÍAS RENOVABLES EN LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILLINIZAS”, de CHANCUSI DEFAZ LUIS MIGUEL, MORETA CAIZA HENRY ALEXIS, de la carrera INGENIERÍA ELÉCTRICA, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI designe, para su correspondiente estudio y calificación.**

Latacunga, 05 de febrero de 2020



**Tutor**  
**PhD. Secundino Marrero Ramirez**  
**1757107907**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**; por cuanto, los postulantes: **CHANCUSI DEFAZ LUIS MIGUEL, MORETA CAIZA HENRY ALEXIS** con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO Y CONTROL DE UN SISTEMA HÍBRIDO AUTÓNOMO DE GENERACIÓN EN BASE A ENERGÍAS RENOVABLES EN LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILLINIZAS”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 05 de febrero de 2020

Para constancia firman:



**Lector 1 (Presidente)**  
**MsC. Marco León**  
**0502305402**



**Lector 2**  
**MsC. Franklin Vásquez**  
**1710434457**



**Lector 3**  
**MsC. Jimmy Toasa**  
**1717621062**

## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de responsable PhD. Secundino Marrero Ramírez certifico que mediante la propuesta tecnológica **“DISEÑO Y CONTROL DE UN SISTEMA HÍBRIDO AUTÓNOMO DE GENERACIÓN EN BASE A ENERGÍAS RENOVABLES EN LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILLINIZAS”**, los señores **CHANCUSI DEFAZ LUIS MIGUEL** con el número de cédula **0503979999** y **MORETA CAIZA HENRY ALEXIS** con el número de cédula **1500900111**, realizan la entrega del proyecto de titulación en la Reserva Ecológica Los Illinizas, en pleno funcionamiento.

Atentamente

  
  
**PhD. SECUNDINO MARRERO RAMÍREZ**  
**C.I. 1757107907**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme e iluminar cada paso de mi formación académica, a la Virgencita del Quinche quien con su manto bendito me ha cuidado y me ha dado la capacidad de culminar esta etapa tan anhelada en mi vida.

A toda mi familia, de manera especial a mis padres por todo el esfuerzo realizado, a mi hermano por sus palabras de aliento y por todo ese apoyo incondicional para no renunciar a mi sueño.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a mi tutor PhD. Secundino Marrero Ramírez y docentes lectores MSc. Marco León, MSc. Franklin Vásquez y MSc. Jimmy Toaza quienes con sus valiosas sugerencias han permitido finalizar este trabajo.

Un agradecimiento profundo a mi compañero de tesis Alexis Moreta, porque hemos compartido conocimientos, tanto teóricos como prácticos, los mismos que han hecho posible la culminación de este trabajo.

A mi novia por su apoyo desinteresado en los momentos buenos y malos, conjuntamente con sus palabras de motivación, aliento y sus consejos que me supo brindar en esta etapa muy importante y de trascendencia en mi vida.

**Miguel**

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a todos los ingenieros de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, que aportaron en mi desarrollo académico, para la obtención de mi título profesional.

Un agradecimiento especial al PhD. Secundino Marrero Ramírez quien fue el tutor de esta tesis, gracias por las enseñanzas impartidas y sobre todo por el tiempo que otorgó para que se desarrollara este trabajo.

Finalmente, agradezco a mi compañero de tesis Luis Chancusi, por el arduo trabajo que realizamos, han sido momentos grandes que nos llenaron de mucho conocimiento y satisfacción por ver que hemos alcanzado un peldaño más en nuestras vidas. Te deseo éxitos en tu vida profesional.

**Alexis**

## DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres; Luis Chancusi y Blanca Defaz, que siempre me brindan su apoyo y su confianza, además de enseñarme a seguir su ejemplo de trabajo y perseverancia.

A mi hermano Juan que junto con su esposa me enseñaron a no rendirme ante los obstáculos que se presentan en el camino de la vida, a mi pequeña sobrina Sofía Valentina quien con su inocencia me ha dado la alegría y el ánimo de seguir hacia adelante.

A mi primo/hermano Cristian que ha sido la persona que sigue mis pasos, siendo yo su ejemplo para sobresalir, demostrándole que los sueños con esfuerzo y constancia llegan a cumplirse.

A mi abuelito David (+) mi segundo padre que desde el cielo se sentirá orgulloso de haber formado un hombre de bien con principios y valores.

**Miguel**

## DEDICATORIA

El esfuerzo de este trabajo quiero dedicar a Dios, pues él me ha regalado la oportunidad de luchar por mis sueños día a día y me ha enseñado que en el camino existen muchos obstáculos que debo esquivarlos y seguir adelante para alcanzar mis metas.

A mis padres los ejes fundamentales en mi vida y en mis estudios. Mi madre que nunca me dejo de apoyar y que con sus palabras de aliento me impulso para que continuara en la carrera que hoy estoy culminando. Mi padre quien me enseñó que con humildad, sacrificio y honradez se puede alcanzar todos los propósitos en la vida.

Así también quiero dedicar este logro a mi hermano, quien ha sido mi compañía y ha compartido conmigo momentos buenos y malos que han sido un vínculo de unión para fortalecer nuestra hermandad, y a mi novia quien me ha dado un apoyo incondicional y ha estado a mi lado dándome fuerzas para llegar al final de esta meta.

**Alexis**

## INDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA. ....	1
2.1 Título de la propuesta tecnológica .....	1
2.2 Tipo de alcance .....	1
2.3 Área del conocimiento .....	1
2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica .....	2
2.5 Objeto de estudio y campo de acción .....	2
2.5.1 Objeto de estudio.....	2
2.5.2 Campo de acción .....	2
2.6 Situación problemática y problema .....	2
2.6.1 Situación problemática.....	2
2.6.2 Problema.....	3
2.7 Hipótesis .....	3
2.8 Objetivos .....	3
2.8.1 Objetivo General: .....	3
2.8.2 Objetivos Específicos:.....	3
2.9 Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos. ....	4
3. MARCO TEÓRICO .....	6
Antecedentes de la investigación .....	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. ....	9
3.1 Energías renovables .....	9
3.1.1 Energía solar.....	9
3.1.2 Energía eólica.....	12
3.1.3 Energia por combustion. ....	15
3.2 Sistema híbrido .....	15
3.2.1 Configuración.....	15

3.2.2 Dimensionamiento. ....	16
3.2.3 Sistema solar fotovoltaico VS energía eólica.....	16
3.2.4 Esquema de instalación. ....	17
3.2.5 Características. ....	17
3.3 Paneles fotovoltaicos. ....	18
3.3.1 Tipos.....	18
3.3.2 Características ....	19
3.3.3 Estructuras solares.....	21
3.3.5 Factores a tomar en cuenta .....	22
3.3.4 Aplicaciones .....	22
3.4 Aerogeneradores .....	23
3.4.1 Partes .....	23
3.4.2 Tipos.....	24
3.4.3 Potencia .....	25
3.4.4 Soporte .....	26
3.5 Sistema de almacenamiento. ....	26
3.5.1 Baterías.....	26
3.5.2 Regulador de carga.....	28
3.5.3 Inversor.....	28
3.6 Instrumentos de medición. ....	30
3.7 Elementos generales para control del sistema hibrido con hardware y software libre. ...	31
4. METODOLOGÍA .....	39
4.1 Métodos de investigación .....	40
4.2 Tipos de Investigación .....	40
4.3 Técnicas de investigación .....	41
5. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS .....	41
5.1 Diagrama de bloques del sistema.....	41

5.2 Diseño del display para la visualización de datos.....	42
5.3 Diseño del sistema de control y monitoreo.....	42
5.5 Diseño de los paneles fotovoltaicos.....	43
5.5.1 Cálculo de consumos estimados.....	43
5.5.2 Radiación solar disponible.....	44
5.5.3 Cálculo de paneles solares.....	44
5.5.4 Capacidad de las baterías.....	44
5.5.5 Número de baterías.....	45
5.5.6 Selección del inversor y regulador.....	45
5.5.7 Dimensionamiento de los conductores.....	45
5.6 Diseño del aerogenerador.....	45
5.6.1 Cálculo de consumos estimados.....	46
5.6.2 Número de palas.....	46
5.6.3 Tamaño de la hélice.....	47
5.6.4 Calculo de la velocidad angular.....	47
5.6.5 Cálculo de la velocidad axial (V).....	48
5.6.6 Cálculo de la velocidad de rotación del aire rotativa ( $V_{tr}$ ).....	48
5.6.7 Cálculo de la velocidad relativa ( $V_r$ ).....	48
5.6.8 Cálculo de la potencia disponible por el aerogenerador.....	48
5.6.9 Cálculo de la potencia captada por el aerogenerador ( $P_c$ ).....	48
5.6.10 Cálculo del número de baterías.....	49
5.6.11 Selección del inversor y regulador.....	49
5.7 Programación.....	49
5.7.1 Parámetros respectivos para los sensores de voltaje AC, corriente y pulsadores de activación del sistema.....	50
5.7.2 Programación para el proceso y envío de datos hacia el display.....	50
5.7.3 Programación para alertar el uso de la potencia máxima del sistema.....	51

5.7.4 Programación de envío de datos del sistema a la web y aplicación móvil.....	51
5.8 Proceso de funcionamiento del sistema. ....	52
5.9 Evaluación de resultados.....	53
5.9.1 Funcionamiento manual. ....	53
5.9.2 Funcionamiento automático. ....	55
5.10 Validación de datos.....	58
6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	58
6.1 Presupuesto .....	58
6.2 Análisis de impactos .....	59
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	60
Conclusiones.....	60
Recomendaciones .....	61
8. REFERENCIAS .....	62
9. ANEXOS.....	1

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Perihelio y Afelio. ....	11
<b>Figura 2.</b> Sistema híbrido para cargas de corriente directa. ....	16
<b>Figura 3.</b> Sistema híbrido para cargas de corriente alterna. ....	16
<b>Figura 4.</b> Esquema de un sistema híbrido; eólico, solar y combustión. ....	17
<b>Figura 5.</b> Panel solar de tipo silicio monocristalino. ....	18
<b>Figura 6.</b> Panel solar de tipo silicio policristalino. ....	18
<b>Figura 7.</b> Ángulos de inclinación, de incidencia y de orientación de paneles solares.....	19
<b>Figura 8.</b> Orientación de placas solares.....	20
<b>Figura 9.</b> Ubicación de paneles solares. ....	20
<b>Figura 10.</b> Conexión de paneles solares en serie. ....	21
<b>Figura 11.</b> Conexión de paneles solares en paralelo.....	21
<b>Figura 12.</b> Esquema de conexión de un sistema fotovoltaico. ....	21
<b>Figura 13.</b> Partes de un aerogenerador. ....	24
<b>Figura 14.</b> Eje vertical. ....	24
<b>Figura 15.</b> Eje horizontal. ....	25
<b>Figura 16.</b> Límite de Betz.....	25
<b>Figura 17.</b> Regulador de carga.....	28
<b>Figura 18.</b> Inversor. ....	29
<b>Figura 19.</b> Tipos de ondas de un inversor.....	30
<b>Figura 20.</b> Tarjeta Arduino Mega. ....	32
<b>Figura 21.</b> Pantalla LCD 16x2.....	32
<b>Figura 22.</b> ESP-01 Módulo WiFi.....	33
<b>Figura 23.</b> Sensor de corriente basado en WCS1800. ....	33
<b>Figura 24.</b> Transformador de voltaje AC-ZMPT101B.....	34
<b>Figura 25.</b> Módulo relay 4 canales. ....	35
<b>Figura 26.</b> Módulo ESP8266. ....	36
<b>Figura 27.</b> Transistor de potencia. ....	36
<b>Figura 28.</b> Fuente de voltaje .....	37
<b>Figura 29.</b> Diodo de potencia. ....	37
<b>Figura 30.</b> Diagrama de Bloques del sistema .....	42

<b>Figura 31.</b> Diagrama de conexión del display .....	42
<b>Figura 32.</b> Circuito general del sistema de control.....	43
<b>Figura 33.</b> Coeficiente de potencia ( $C_p$ ) y relación de velocidades ( $\lambda$ ). .....	46
<b>Figura 34.</b> Eficiencia según el número de palas.....	47
<b>Figura 35.</b> Fragmento de la programación para el censo de datos de voltaje, corriente y pulsaciones de activación. ....	50
<b>Figura 36.</b> Proceso y envío de datos hacia el display.....	50
<b>Figura 37.</b> Programación de señales de alerta y advertencia.....	51
<b>Figura 38.</b> Envío de datos del sistema a la web y aplicación móvil.....	51
<b>Figura 39.</b> Visualización de datos. ....	53
<b>Figura 40.</b> Cargas sometidas a prueba.....	53
<b>Figura 41.</b> Visualización de datos. ....	54
<b>Figura 42.</b> Visualización de datos. ....	54
<b>Figura 43.</b> Cargas sometidas a prueba.....	54
<b>Figura 44.</b> Visualización de datos. ....	54
<b>Figura 45.</b> Visualización de datos. ....	55
<b>Figura 46.</b> Cargas sometidas a prueba.....	55
<b>Figura 47.</b> Visualización de datos. ....	55
<b>Figura 48.</b> Cargas sometidas a prueba.....	55
<b>Figura 49.</b> Visualización de datos. ....	56
<b>Figura 50.</b> Cargas sometidas a prueba.....	56
<b>Figura 51.</b> Visualización de datos. ....	56
<b>Figura 52.</b> Cargas sometidas a prueba.....	57
<b>Figura 53.</b> Visualización de datos. ....	57
<b>Figura 54.</b> Cargas sometidas a prueba.....	57
<b>Figura 55.</b> Diagrama esquemático del sistema de control.....	1
<b>Figura 56.</b> Visualización de datos. ....	2
<b>Figura 57.</b> Envío de datos a la Web.....	2

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Actividades y sistema de tareas propuestas con los objetivos establecidos. ....	4
<b>Tabla 2.</b> Tipos de baterías.....	27
<b>Tabla 3.</b> Escala de velocidades del viento. ....	30
<b>Tabla 4.</b> Radiación solar global sobre la horizontal. ....	31
<b>Tabla 5.</b> Cuadro de operación de variables.....	39
<b>Tabla 6.</b> Levantamiento de cargas. ....	43
<b>Tabla 7.</b> Levantamiento de cargas. ....	46
<b>Tabla 8.</b> Presupuesto.....	58
<b>Tabla 9.</b> Recopilación de datos solares obtenidos. ....	3
<b>Tabla 10.</b> Caída de voltaje en los conductores ....	3
<b>Tabla 11.</b> Recopilación de datos eólicos obtenidos. ....	4

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**

**TÍTULO:** “DISEÑO Y CONTROL DE UN SISTEMA HIBRIDO AUTONOMO DE GENERACIÓN EN BASE A ENERGIAS RENOVABLES EN LA RESERVA ECOLOGICA LOS ILINIZAS”

**Autores:** Chancusi Defaz Luis Miguel  
Moreta Caiza Henry Alexis

**RESUMEN**

Esta propuesta tecnológica trata del diseño y control de un sistema híbrido, en el refugio Nuevos Horizontes de la reserva Ecológica Los Illinizas, el mismo que esta abastecido por tres tipos de generación; estas son: solar, eólica y por combustión con una potencia dimensionada hasta 600W y 1000W respectivamente, en el caso del generador a combustión se utiliza solo en caso que exista una emergencia. El sistema posee una alimentación específica para el circuito principal ya que este nunca debe interrumpir su funcionamiento, dicha alimentación es provista mediante un pequeño sistema fotovoltaico adicional. De igual, manera el sistema posee interruptores termomagnéticos a las entradas de cada fuente de generación para su respetiva protección. Mediante un microprocesador ARDUINO MEGA 2560 y ARDUINO UNO se procesan los datos de voltaje y corriente por los sensores ubicados internamente en una placa electrónica. El control posee dos modos de funcionamiento, el primero es de forma automática el mismo que censa la carga para poder habilitar la potencia que se requiera utilizar y el segundo es de forma manual en el cual el operador será el encargado de seleccionar la potencia que demande las cargas conectadas en ese instante. Además, se le ha añadido un pulsante de paro de emergencia que deberá ser accionado cuando exista alguna anomalía. Cabe mencionar que este sistema posee una sirena que se activa una vez que exista un exceso de cargas conectadas. Algo importante que mencionar es que el sistema dispone de una base de datos que se puede hacer uso mediante una página web o una aplicación móvil, la misma que registra periódicamente las mediciones realizadas cada 2 minutos, este sistema está enlazado a la red mediante el uso de internet con señal Wifi. Este módulo de control se encuentra ubicado en un sitio estratégico donde solo el operador tenga acceso para su maniobrabilidad.

**Palabras Clave:** Sistema híbrido, solar, eólico, microprocesador, termomagnético, señal Wifi, aplicación móvil.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TITLE:** “DESIGN AND CONTROL OF AN AUTONOMOUS HYBRID SUPPLYING SYSTEM BASED ON RENEWABLE SOURCES AT ILLINIZAS ECOLOGICAL RESERVE”

**Authors:** Chancusi Defaz Luis Miguel  
Moreta Caiza Henry Alexis

**ABSTRACT**

This technology proposal is about the design and control of a hybrid system in the Nuevos Horizontes refuge, at Illinizas Ecological Reserve, it is supplied by three kinds of power; these are: solar, wind and combustion, with a power dimensed up to 600w and 1000w respectively. The combustion generator is just used in case of emergency. The system has a specific supply for the principal circuit because it can not be interrupted, such supply is provided by a small additional photovoltaic system. In the same way the system has thermomagnetic switches in each input of the power generator for its respective protection. Using an ARDUINO MEGA 2560 and ARDUINO ONE microprocessor the voltage and current data are processed by sensors that are located internally in an electronic plate. The control has two operation modes, the first is automatically the same as the load censor to enable the power required to use, and the second is manual in which the operator will be in charge of selecting the power that demands the load connected in that instant. Also, an emergency stop pulsant should be activated when any anomaly exists. It must be mentioned that this system has a siren that is activated once there is an excess of connected loads. It is important to mention that the system has a database that can be used through a web page or a mobile application, the same that records measurements periodically performed every two minutes. This system is linked to the network by using Internet with wifi signal. This control module is located in a strategic place where only the operator will have access for maneuverability.

**Keywords:** Hybrid system, solar, wind, microprocessor, thermomagnetic, wifi signal, mobile application.

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la propuesta tecnológica de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, CHANCUSI DEFAZ LUIS MIGUEL, MORETA CAIZA HENRY ALEXIS**, cuyo título versa **“DISEÑO Y CONTROL DE UN SISTEMA HÍBRIDO AUTÓNOMO DE GENERACIÓN EN BASE A ENERGÍAS RENOVABLES EN LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILLINIZAS”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, febrero del 2020

Atentamente,



**MARCO ANTONIO VERDEZOTO LEÓN**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C. 0201890316**





## **2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica**

En este proyecto de investigación se pretende realizar un sistema de control que permita distribuir la energía obtenida de un sistema híbrido autónomo con diferentes tipos de alimentación basado en energías: fotovoltaica, eólica y la obtenida de un generador que sea capaz de proporcionar una mayor eficiencia en un determinado sistema y un mayor equilibrio en el abastecimiento de energía, se contará con un tablero de control y un software específico para su maniobrabilidad reflejando datos en una pantalla la cual facilite al operador la visualización del comportamiento de la energía tanto de entrada como de salida, mediante la automatización del sistema se logra el suministro necesario acorde al requerimiento de la carga a consumir, dependiendo de la ubicación donde ésta se encuentre instalada, este equipo será ubicado en un lugar estratégico de la Reserva ecológica Los Illinizas con la finalidad que prevalezca la autonomía del sistema, donde la afluencia de personas es muy concurrido por sus actividades turísticas que en el lugar se desarrollara.

## **2.5 Objeto de estudio y campo de acción**

### **2.5.1 Objeto de estudio**

Sistema de control híbrido autónomo.

### **2.5.2 Campo de acción**

Procedimientos eléctricos y electrónicos.

## **2.6 Situación problemática y problema**

### **2.6.1 Situación problemática**

Un volcán con dos cumbres, un cerro en forma de corazón y una laguna de color verde turquesa son los principales atractivos de esta reserva. De sus estribaciones nacen las vertientes para dos ríos importantes, el Toachi, que corre hacia el norte por un cañón de 40 metros de alto, y el Pilatón.

La reserva está dividida en cuatro secciones y es posible que la haya visitado sin darse cuenta. La más grande incluye un bloque largo al oeste del Quilotoa, donde nacen las vertientes y riachuelos que agua abajo alimentarían al río Toachi.

La segunda zona, ubicada al noreste, es el bloque donde están los Illinizas y el Corazón. Parroquia El Chaupi (sector Pilongo/Guardianía de Pilongo) Machachi.

El tercer bloque está al suroccidente, separado de la sección más grande por la carretera Latacunga – La Maná. El cuarto bloque es una especie de isla de 800 hectáreas que básicamente rodea la laguna del Quilotoa.

La energía eléctrica es esencial para las personas, se ha vuelto muy útil y depende mucho de

ella para el bienestar y comodidad en la vida diaria, se la utiliza en todo momento, es inevitable decir que no existe progreso y satisfacción.

Pero existe entre todo ello algo muy lamentable que se debe tener en cuenta desde ahora, la energía es muy accesible a muchos de nosotros, pero su generación en gran parte afecta demasiado al planeta, para generar energía se necesita utilizar recursos no renovables, aunque existe una producción de energía limpia, es decir la solar, eólica, etc. Son muy costosas y al darle un mal uso, las consecuencias son muy severas para el medio ambiente.

### **2.6.2 Problema**

El suministro de energía en lugares alejados es inestable ya que se encuentran distantes de los centros urbanos, a las cuales no llega un abasto de energía confiable para suplir la demanda en dichos sectores. La selección de la tecnología correcta para suministrar energía a las poblaciones apartadas y el involucramiento de las comunidades en todas las fases de los proyectos, son limitantes fundamentales para garantizar la prestación de un servicio confiable, seguro, sostenible y de calidad. La combinación de soluciones energéticas renovables, como son los sistemas fotovoltaicos y eólicos con fuentes convencionales, (generadores de combustión y energía eléctrica) permiten integrar ambas fuentes en una mini red híbrida, con la finalidad de otorgar un buen suministro de energía eléctrica de manera ininterrumpida.

### **2.7 Hipótesis**

Si se implementa un método de control en un sistema híbrido de generación autónomo se garantizará el suministro constante de la energía obtenida de fuentes renovables en el refugio Nuevos Horizontes de la Reserva Ecológica Los Illinizas.

### **2.8 Objetivos**

#### **2.8.1 Objetivo General:**

Diseñar un sistema híbrido autónomo con el respectivo control para la generación de energía eléctrica renovable en el Refugio Nuevos Horizontes de la Reserva Ecológica Los Illinizas.

#### **2.8.2 Objetivos Específicos:**

- Realizar una investigación de campo en lo referente a radiación solar, velocidad del viento entre otros parámetros climatológicos que ayude al dimensionamiento adecuado para el sistema de control.
- Efectuar un levantamiento de cargas existentes previo al diseño de los sistemas tanto solar como eólico.
- Evaluar las diferentes fuentes de energía no convencionales.

- Desarrollar un sistema de control que suministre la energía de manera constante según el requerimiento de las cargas.
- Crear los medios para el control, registro, sincronización, importación, visualización y validación de datos.
- Comprobar el funcionamiento del sistema realizando pruebas en el sitio de instalación o a su vez en los laboratorios de la Universidad.

## 2.9 Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.

**Tabla 1.** Actividades y sistema de tareas propuestas con los objetivos establecidos.

<b>Objetivo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)</b>
Realizar una investigación de campo en lo referente a radiación solar, velocidad del viento entre otros parámetros climatológicos que ayude al dimensionamiento adecuado para el sistema de control.	Investigando información sobre datos climatológicos correspondientes al lugar en donde se ejecute el proyecto, como puede ser en páginas web que hagan referencia a este requerimiento.  Indagando información existente sobre la situación climática y su vez una recolección de datos actualizados en la zona.  Entendiendo cada una de las variables climáticas que permita la generación de energía alternativa.	Se obtuvo la información adecuada para conocer los datos climatológicos necesarios con los cuales se procede a dar inicio al proyecto.	Se recopiló la respectiva información necesaria en artículos científicos, revistas técnicas, revistas indexadas y el conocimiento técnico.
Efectuar un levantamiento de cargas existentes previo al diseño de los sistemas tanto solar como eólico	Llegando al sitio se realizó la respectiva inspección visual de las cargas existentes y cargas a instalar para el dimensionamiento de los sistemas de energía renovable.  Realizando un estudio previo de las cargas que allí se encuentran instaladas y que en un futuro se instalen.	Se obtuvo información necesaria, la cual servirá para el dimensionamiento adecuado de la potencia total a utilizar en el sitio.	Se adquirió los datos necesarios provistos luego de una inspección visual además de la utilización de equipos de medida (multímetro)
Evaluar las diferentes fuentes de energía no convencionales.	Recopilando información acerca de las diferentes fuentes de energía no convencional, tanto en libros como páginas web.	Se obtuvo información la cual servirá para el entendimiento de los distintos	Una investigación profunda en libros, artículos científicos, revistas técnicas y el conocimiento técnico e

	<p>Entendiendo cada uno de los tipos de fuentes existentes para la generación de energía.</p> <p>Interpretando las fuentes de energía que ayudan a la conservación del medio ambiente.</p>	<p>tipos de generación de energía no convencional existentes.</p>	<p>informático, que permita conocer cada uno de los tipos de energía no convencionales existentes en la actualidad.</p>
<p>Desarrollar un sistema de control que suministre la energía de manera constante según el requerimiento de las cargas.</p>	<p>Conociendo el principio de funcionamiento y los elementos que intervienen en un sistema híbrido de generación distribuida.</p> <p>Estableciendo los elementos necesarios para el funcionamiento autónomo del sistema.</p> <p>Seleccionando el tipo de software y equipo adecuado para la actividad requerida.</p> <p>Diseñando el sistema híbrido de control que suministre la energía generada de manera constante.</p>	<p>Concluir con el diseño planteado con todos los parámetros necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.</p> <p>Controlar el sistema híbrido autónomo.</p>	<p>Paneles solares, Batería de descarga profunda, circuitos electrónicos, Arduino mega 2560, sensor de corriente WCS1800, sensor de voltaje AC ZMPT101, Modulo Wifi ESP8266, Módulo relé 4 canales, Módulo serial ESP_01, LCD 16x2, Transistores de potencia, Controlador de carga y Fuente de voltaje</p>
<p>Crear los medios para el control, registro, sincronización, importación, visualización y validación de datos.</p>	<p>Diseñando un sistema de control se puede obtener los datos que se necesitan para cumplir con los parámetros anteriormente mencionados.</p> <p>Dando las medidas de mantenimiento del sistema antes, durante y después de su operación.</p> <p>Elaborando una aplicación móvil para presentar los niveles de corriente, voltaje y potencia utilizada por las cargas conjuntamente con la página web y un computador.</p> <p>Informando el comportamiento del sistema al operador a través de un display de visualización de datos.</p> <p>Comprobación del funcionamiento del sistema híbrido autónomo.</p>	<p>Se estableció los medios para el registro, exportación, visualización y validación de datos para una eficiente operación.</p>	<p>Plataforma para la creación de aplicaciones móviles de PC, memoria externa, unidad central de procesos, pagina web, display de datos.</p>

Fuente: Los Autores.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **Antecedentes de la investigación**

Según [1] la energía solar se origina en el interior del sol por una reacción termonuclear en la cual existe una fisión atómica donde cuatro protones de hidrógeno se unen formando un átomo de helio y como sobrante una masa que a su vez se convierte en energía en forma de radiación electromagnética.

Mediante estudios se ha determinado que la energía que llega a la superficie de la tierra es de 1353 W/m<sup>2</sup> al ser medida sobre una superficie en dirección a su propagación. El mismo que se lo llama Constante Solar y que al llegar a la corteza terrestre se reduce en un 1000W/m<sup>2</sup> debido a la gran variedad de gases existentes en la atmosfera y de igual manera el vapor de agua o a su vez el polvo.

Como expresa [2] la radiación electromagnética de la energía solar puede convertirse en energía eléctrica a través de un efecto llamado fotovoltaico. Un sistema fotovoltaico está conformado por paneles los mismo poseen pequeñas celdas solares las que están compuestas por una unión P-N, elaborada de una fina capa de semiconductor. Al momento de ser expuestas a la luz solar, los fotones poseen una energía suficiente como para romper la banda de energía del semiconductor y a su vez esta es absorbida y crean pares de electrones huecos de manera proporcional a la irradiación incidente. Bajo el dominio de los campos eléctricos internos de la unión P-N, estos portadores son barridos y crean una fotocorriente que es directamente proporcional a la radiación solar.

A criterio de [3] la variación del viento y las formas que poseen las turbinas eólicas juegan un papel importante al momento de extraer la energía, ya que depende mucho de esto para la obtención de la potencia eléctrica requerida haciendo una breve relación con ciertas normas que hoy en día se encuentran vigentes. Para que la generación se pueda mantener dentro dichas normas es necesario que se ejecute diversas acciones destinadas a corregir o de ser posible evitar la deficiencia en la generación de energía.

La inestabilidad de un sistema eólico, por un lado, ofusca la eficacia de la potencia eléctrica al momento de su generación y por otro lado puede complicar el buen desempeño de dicho sistema en general. Por tal manera se debe realizar un análisis de todos los efectos que se puedan producir para garantizar el funcionamiento efectivo e integral del sistema. Principalmente existen inconvenientes cuando un sistema de generación eólica se conecta con otro sistema que puede ser de generación convencional o no convencional haciendo un enlace en una red distribuida.

Según [4] una vez que se tenga la extracción total de energía de los sistemas tanto fotovoltaicos

como eólicos, en este párrafo se agrupara en un concepto general lo pertinente a generación distribuida.

Se debe iniciar desde un punto de partida, en el cual resalta ciertos algoritmos de control de corriente de ante sala al respectivo proceso de sincronización y control de la potencia tanto de entrada como de salida, con esto se logra que exista una buena transferencia de la energía desde los elementos generadores hacia la carga.

La salida que se tiene es rectificadora de manera independiente, una vez que se realiza este proceso se la puede entregar con facilidad al sistema, por otra parte, el sistema fotovoltaico se enlaza con un banco de baterías con los niveles de voltaje compatibles a la tensión de la red.

De acuerdo con [5] los sistemas de energía híbridos renovables (HRES) se encuentran conformados por dos o más generadores de energía, por lo general se utiliza sistemas de generación fuera de la red eléctrica. Un sistema híbrido se basa especialmente en la utilización de un generador de combustión (Diesel), conjuntamente asociado con un sistema de generación de energía renovable la misma que puede ser solar o eólica, e inclusive ambas.

En cuanto a costos es considerable el valor excesivo de un sistema de energía renovable en comparación a un sistema de generación a base de Diesel, no obstante, los costos de mantenimiento y operación se reducen ampliamente en los sistemas de energía renovable.

Los criterios que deben regir en un sistema híbrido son robustez, modularidad y simplicidad de igual manera su facilidad de control y bajo requerimiento de mantenimiento.

Los sistemas de energías alternativas conjuntamente con el sistema de almacenamiento de energía (banco de baterías) y el mecanismo de condicionamiento de potencia, que se utiliza para mantener una potencia constante de energía.

Una de las condiciones principales de los sistemas híbridos renovables es que se deben aprovechar al máximo los recursos en los lugares donde se planean instalarse.

A criterio de [6] en un sistema híbrido la parte principal es el dimensionamiento y la optimización de dicho sistema, para ello hay que tomar en cuenta las principales características de entrada, así como también una valoración inicial de cada uno de los elementos que intervengan el sistema, en este caso paneles fotovoltaicos, aerogeneradores y un generador de diésel, además de contar con un controlador de cargas. Se debe también evaluar y caracterizar todos los recursos energéticos renovables que se encuentren disponibles conjuntamente con la elaboración de un patrón que cuantifique el consumo y la demanda eléctrica existente.

Durante un periodo de tiempo se adquieren distintas variables que definen el comportamiento del sistema, tomando en cuenta todas las particularidades de los elementos que lo conforman,

así también las variables para el control, la demanda de energía y los datos de climatología. Para los parámetros que intervienen en el sistema se debe apreciar las siguientes variables, generación de corriente de las fuentes renovables dependiendo de la radiación solar y la velocidad del viento, la energía eléctrica y el consumo de diésel de ciertas cargas.

Desde el punto de vista de [7] con el pasar del tiempo han ido surgiendo tecnologías para almacenar energía, entre las cuales destacan las ESS por sus siglas en inglés Energy Storage System (Sistema de Almacenamiento de Energía) que proporciona algunos beneficios en lo referente a la calidad, eficiencia y un buen suministro de la energía eléctrica obtenida de los diferentes tipos de generación.

En la generación distribuida se puede instalar un medio de almacenamiento y con esto obtener la eficacia de la energía cuando el sistema se encuentre operando de forma autónoma. El resultado de la utilización de las ESS es reducir constantemente el empleo de algunos combustibles fósiles incorporados en un sistema de generación distribuida.

Como plantea [8] las tácticas que regirán el control serán aquellas que se encargarán de la operación del generador y del banco de baterías. Para lo cual se pretende utilizar un programa llamado HOMER el mismo que simulará basándose en dos estrategias de control, seguimiento de la demanda (LP: Load Following Strategy), radica en que el generador solo produce la energía para satisfacer la demanda (Energía que se genera de las fuentes renovables), dicha estrategia tiene que ser óptima cuando hay un gran potencial de energía renovable existente en el sistema; y el ciclo de carga (CC: Cycle Charging Strategy), esta estrategia se encarga cuando haya un exceso de generación la energía sobrante será utilizado para cargar el banco de baterías. Esta medida tiene que ser óptima cuando hay poco o nada de potencial renovable en el sistema.

En [9] se muestra un sistema de control de flujo de energía para un Sistema Híbrido de Generación de Energía apoyado en una lógica difusa. Este sistema presenta ventajas: como el control en la operación de la disponibilidad variada de fuentes de generación renovable, la dureza del sistema en diverso tipo de situaciones. Lo que se busca mediante este sistema de control es la mejora del funcionamiento en cuanto a la reducción del consumo de combustibles y a su vez el incremento de las energías renovables (energía eólica o solar).

En [10] nos presenta un software para un sistema de control avanzado, en el cual la prioridad es buscar el aprovechamiento al máximo de las fuentes de energía renovables. Este sistema de control se basa en la predicción de la demanda de la carga y en la energía solar y la del viento, utilizando diferentes modelos y métodos. El control se basa en la correcta optimización y administración de las energías renovables.

## **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

### **3.1 Energías renovables**

Las fuentes de energía renovable son aquellas que se originan de fuentes naturales implícitamente ilimitados, ya sea por la gran cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de restablecerse por medios naturales.

En el Ecuador, existe un 85% de generación de energía renovable, por ende, se ha logrado conseguir grandes cambios estructurales con lo que concierne a la energía, ya que poseen características favorables con respecto a la energía producida por combustibles.

Ecuador posee una gran variedad de fuentes de energía:

- Energía solar (radiación del sol).
- Energía eólica (dirección, velocidad del viento).
- Energía Térmica (calor formado por combustibles fósiles).
- Energía Hidráulica (producida por el potencial del agua).
- Biomasa (energía producida por residuos orgánicos).

#### **3.1.1 Energía solar.**

El Ecuador, por su situación geográfica, tiene un gran potencial energético debido a su ubicación geográfica en la zona ecuatorial, por ende, tiene la ventaja de abarcar zonas en que la energía solar puede tener gran aplicación por su alta radiación promedio, oscilando entre los 41,67 – 83,33W/m<sup>2</sup>.

Este tipo de energía se obtiene por medio de paneles solares y es utilizada en lugares donde no llega la red pública o a su vez el costo de combustibles es muy elevado. Los paneles solares están compuestos por semiconductores tipo diodo (células fotovoltaicas) que, al recibir la radiación solar, se generan saltos electrónicos, generando diferencias de potencial en sus extremos [11].

Que la radiación solar sea similar gran parte del año minimiza en forma considerable el problema de variaciones de este parámetro, lo que lo convierte en una alternativa muy confiable y rentable el uso tecnológico de este recurso para diversas aplicaciones [12].

En la tierra la radiación solar puede aprovecharse a su punto máximo, por su capacidad para calentar, o directamente, a través del aprovechamiento de la radiación en dispositivos ópticos, entre algunos usos de la energía solar se encuentran los sistemas: solar fotovoltaico y solar térmico y la tecnología solar pasiva.

La energía solar fotovoltaica es aprovechada por medio de celdas fotoeléctricas, capaces de convertir la luz en un potencial eléctrico, tienen un rendimiento en torno al 15 % y no producen calor que se pueda reaprovechar [13].

Existen tres vías de energía solar:

**Energía solar fotovoltaica.** - Este tipo de energía es de origen renovable, la misma que se obtienen a través de la radiación solar, la cual se produce al pasar por un dispositivo semiconductor llamado celda fotovoltaica.

**Central térmica solar o central termosolar.** - Es una instalación industrial en la que, a partir del calentamiento de un fluido mediante radiación solar y su uso en un ciclo termodinámico convencional, se produce la potencia necesaria para mover un alternador para generación de energía eléctrica como en una central térmica clásica. Consiste en el aprovechamiento térmico de la energía solar para transferirla y almacenarla en un medio portador de calor, generalmente agua.

**Tecnología solar pasiva.** - Es el conjunto de técnicas dirigidas al aprovechamiento de la energía solar de forma directa, sin transformarla en otro tipo de energía, para su utilización inmediata o para su almacenamiento sin la necesidad de sistemas mecánicos ni aporte externo de energía, aunque puede ser complementada por ellos, por ejemplo, para su regulación [14].

**Ventajas:**

- No genera contaminación.
- El mantenimiento de estos paneles solares es mínimo, sin embargo, se debe realizar la limpieza de los espejos de los paneles solares.
- Su recurso energético es inagotable.
- Se utilizan principalmente en lugares donde no llegan las líneas de transmisión eléctrica.
- Se añaden módulos fotovoltaicos si se requiere de mayor capacidad de potencia.

**Desventajas:**

- Elevados costos de inversión.
- Se requiere de una unidad de almacenamiento para disponer de esta energía todo el día.
- El desarrollo tecnológico es mínimo [15].

**El Sol.**

El sol forma parte de uno de los miles de millones de estrellas que existen en el universo, el cual dentro del sistema solar es el de mayor tamaño y debido a su energía (luz y calor) es posible la existencia de vida en la tierra; dicha energía es aprovechada a través de paneles solares para la generación de electricidad.

Debido al movimiento de translación de la tierra, la energía solar que recepta es muy variada, esto describe una órbita en forma de elipse alrededor del sol. Existe una época en donde el planeta tierra se aproxima más de lo común al sol, esto se lo conoce como Perihelio (mes de

enero) cuya distancia es de 148.000 km y cuando se aleja más de lo normal se lo conoce como Afelio (mes de julio) con una distancia de 152.000 km. Esta variación de distancia produce una diferencia de un 3.5 % en la llegada de energía solar a la tierra [16].



**Figura 1.** Perihelio y Afelio [16].

Los factores que influyen en la recepción de radiación solar son:

- El Relieve.
- La Latitud.
- La Atmosfera.

Debido a que la tierra tiene forma esférica, recibe directamente los rayos solares en las áreas más cercanas al Ecuador. Por lo cual, la latitud es un factor muy importante que nos permite identificar distintas zonas geográficas.

- Zonas Interprovinciales.
- Zonas Templadas.
- Zonas Polares.

### 3.1.1.1 Radiación Solar.

La cantidad de radiación solar que el planeta Tierra recibe, representa una de las principales fuentes de energía renovables. Aproximadamente la Tierra receipta un valor de  $5.4 \times 10^{24}$  J, dicho valor constituye 4.500 veces la energía consumida.

**Tipos de Radiación Solar.** - Debido a la forma en como reciben la radiación solar los diferentes objetos de la superficie terrestre, se pueden diferenciar varios tipos de radiación:

- **Radiación directa.** – Como su nombre lo indica es aquella que llega directamente del sol sin ninguna interrupción que altere su dirección. La principal característica de este tipo de radiación es la de proyectar una sombra en los objetos que la receiptan.
- **Radiación difusa.** - Es aquella que se dispersa en varias direcciones, a resultado de las absorciones y reflexiones tanto de las nubes como de varios objetos contundentes como son las montañas, cerros, arboles e inclusive de partículas de polvo atmosférico.
- **Radiación reflejada.** – Es aquella que se refleja en la superficie de la tierra. La principal característica principal de la cual depende este tipo de radiación es el valor del coeficiente de reflexión que existe en la superficie.

- **Radiación global.** – No es más que la suma de las tres radiaciones anteriores, es decir la radiación total [17].

### **3.1.2 Energía eólica**

Esta clase de energía si bien es cierto viene a ser una de las más antiguas conocida por las personas, historialmente las primeras aplicaciones de la energía eólica fueron el impulso de navíos, grandes molinos de granos y para el bombeo de agua, a finales del siglo pasado recién se empezó con la generación de energía eléctrica.

La energía eólica es la que se obtiene a partir de una emisión de viento, la misma que establece una fuente inagotable, el viento es una exposición indirecta de la energía solar, ésta se origina como resultado del desigual grado de calor de la superficie terrestre por los rayos emitidos por el sol y por el movimiento de rotación de la tierra.

#### **Formación de vientos.**

La atmósfera de la tierra atrae la radiación solar de forma irregular debido a que existen distintos factores como son la nubosidad, orografía, océanos. En las zonas que tienen un alto grado de impacto solar el aire se calienta más [18].

#### **Estudio de vientos**

Para el proceso de proyectos eólicos es necesario transferir un estudio de vientos en el cual se investiga los siguientes aspectos:

- Velocidad media del viento
- Distribución de frecuencias en las diferentes direcciones
- Variaciones del viento con respecto a la altura y posición
- Estadística de ráfagas
- Velocidad máxima
- distribución del día tipo medio (diurno y nocturno) [19].

#### **Situación actual de la energía eólica en el país**

El Ministerio de Electricidad y Energías Renovables está gestionando la ejecución de un Mapa Eólico Ecuatoriano por lo que no existen datos de viento suficientes a nivel nacional. Las zonas confinadas geográficamente sobre la línea ecuatorial no son ricas en vientos. Sin embargo, en el Ecuador existen sitios de alto interés eólico por efecto de la presencia de los Andes y de la cercanía al Océano Pacífico.

Cuando se trata del dimensionamiento de los sistemas eólicos, intervienen distintos parámetros fundamentales relativos al viento, como por ejemplo la velocidad, las variaciones diarias, mensuales y estacionales de la misma para los sitios que presentan condiciones favorables.

Los lugares que presentan condiciones favorables para la explotación de molinos de viento con fines de producción de energía eléctrica se encuentran en las cimas de las montañas andinas y en los emplazamientos cerca de la costa y costa-afuera de las playas del Ecuador, éstos últimos por efecto de la acción de las brisas marinas.

En Loja, en los alrededores del cerro Villonaco, se han encontrado sitios de alto potencial eólico [20].

### **Potencial eólico de Ecuador.**

Características: Vientos localizados en montañas y brisas marinas. Andes desde 2,4 a 8,0 m/s, Costa > 3,5 m/s.

Proyectos que se encuentran en estudios.

- Villonaco – Loja (privado): 15MW
- Membrillo – Loja (privado): 45MW
- Las Chinchas – Loja (privado): 10MW
- Ducal – Loja (privado): 6MW
- Huascachaca – Azuay (público): 30MW
- Salinas – Imbabura (privado): 15MW
- Proyectos en ejecución
- Baltra – Santa Cruz (público): 3.5MW
- Parque eólico ubicado en otra de las islas del Archipiélago de Galápagos [21].

#### **3.1.2.1 Conversión de la energía eólica en energía eléctrica**

La conversión de la energía eólica a eléctrica en un generador eólico tanto de eje horizontal como vertical se lleva a cabo de la siguiente manera:

La energía eólica es un tipo de energía disponible en forma de energía cinética esta energía colisiona con las palas o aspas del rotor haciendo que ésta empiece su movimiento transformando la energía cinética en energía mecánica gracias a este movimiento el rotor gira una cierta velocidad es aquí cuando se produce una corriente en los hilos de cobre del rotor, esta corriente suministra al generador la fuerza electromotriz capaz de producir la energía eléctrica.

Ya sea para guardarla en baterías o ya sea para conectarlos directamente a la red, en este proceso que se ha indicado, antes que ocurra el transporte, la energía producida debe transformarse elevando su nivel de voltaje

La conversión de la energía mecánica en energía eléctrica en función de la velocidad presenta diferentes configuraciones las cuales se explican a continuación:

- Generadores eólicos de velocidad constante
- Aerogeneradores con velocidad es prácticamente constante
- Aerogeneradores de velocidad variable [22].

### **Ventajas.**

- Es una de las fuentes más económicas, puede competir de manera libre con otras fuentes comunes de energía; como las centrales térmicas de carbón, las centrales de combustible e incluso con la energía nuclear.
- La generación de energía eléctrica sin que haya un proceso de combustión o un periodo de transformación térmica supone, desde el punto de vista ambiental, un procedimiento muy favorable por el hecho de ser limpio, libre de problemas de contaminación, etc.
- Se eliminan absolutamente los impactos originados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que beneficia la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, etc.
- Evita la contaminación que conlleva el transporte de algunos combustibles; gas, petróleo, gasoil, carbón. Reduce el acelerado tráfico marítimo y terrestre cerca de las centrales.
- La utilización de energía eólica para la generación de electricidad presenta nula incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosionabilidad, ya que no produce ningún contaminante que incida sobre este medio.
- Al contrario de lo que puede acontecer con la energía convencional, la eólica no produce ningún tipo de variación sobre los acuíferos ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.
- La generación de energía eléctrica a partir del viento no causa gases tóxicos, no aporta al efecto invernadero, ni destruye la capa de ozono, tampoco crea la llamada lluvia ácida.
- Es independiente de cualquier política o relación comercial, se la obtiene en forma mecánica y por tanto es directamente utilizable. Al finalizar la vida útil de su instalación, el desarme de su estructura no deja rastro [23].

### **Desventajas.**

- El aire al ser un fluido de un peso específico pequeño, implica fabricar máquinas grandes y por ende el costo es más caro.
- La altura se puede igualar a un edificio de diez o más pisos, en tanto que la amplitud de sus aspas bordea aproximadamente los 20 metros, lo cual encarece su producción.

- Desde el punto de vista estético se produce un impacto visual ineludible, ya que por sus características precisa una localización que normalmente resultan ser las que más evidencian la presencia de las máquinas.
- Un impacto perjudicial es el ruido emitido por el giro del rotor.
- Se debe tener un especial cuidado a la hora de escoger un parque si en las inmediaciones habitan por ejemplo aves, por el riesgo mortandad al impactar con las palas, aunque existen soluciones al respecto como pintar en colores llamativos las palas, situar los molinos adecuadamente [24].

### **3.1.3 Energía por combustion.**

#### **Generador eléctrico.**

Un generador eléctrico no es otra cosa que un método termodinámico que transforma la energía química proveniente de un combustible en energía eléctrica. Los generadores tienen distintos principios de funcionamiento, entre las cuales se tiene el generador a diésel y de gasolina, ambos de combustión interna.

Para el diseño del sistema híbrido se tomará en cuenta la producción de energía necesaria para abastecer el déficit del sistema y de esta manera evitar que se recarguen las baterías, adicional a esto las baterías son recargadas con el exceso de energía producida por los sistemas renovables en determinadas horas del día.

Los generadores que funcionan con combustible producen energía de manera rápida y pueden responder por lo tanto de manera adecuada a posibles fluctuaciones en la demanda. Se estudia la incorporación de un generador eléctrico al sistema híbrido, pues es alternativa que se utiliza actualmente en la localidad del estudio. Uno de los problemas que ocasiona este generador es el ruido y los gases emitidos durante su funcionamiento [25].

### **3.2 Sistema híbrido**

#### **3.2.1 Configuración.**

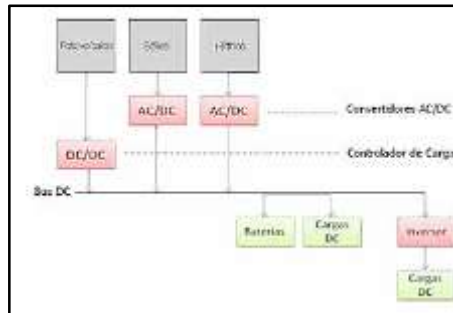
Esta clase de sistemas son los que se originan de 2 o más sistemas para la generación de energía eléctrica, estos pueden ser un convencional con una fuente de energía renovable con la única finalidad de que el suministro de energía no sea suspendido, es decir que exista la continuidad del servicio.

Existe una configuración común y se detalla a continuación:

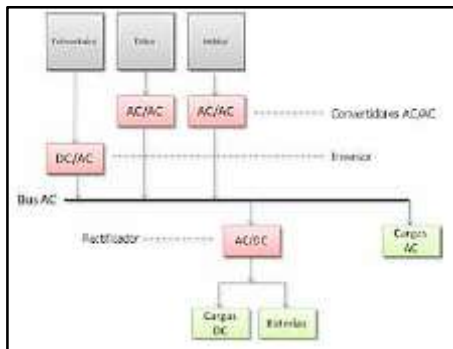
- Una o más unidades de generación renovable; eólica, fotovoltaica e hidroeléctrica.
- Unidades de generación convencional; por ejemplo: diésel.
- Sistema de almacenaje: mecánico, electroquímico o hidráulico.

- Sistema de acondicionamiento de potencia, por lo general un inversor y controladores para la carga.
- Sistema de control.

A continuación, se presentan algunos esquemas de sistemas híbridos de generación eléctrica a partir de fuentes renovables de energía [26].



**Figura 2.** Sistema híbrido para cargas de corriente directa [26].



**Figura 3.** Sistema híbrido para cargas de corriente alterna [26].

### 3.2.2 Dimensionamiento.

Principalmente lo que se hace es dimensionar cada uno de los componentes de manera individual en este caso; la apropiación del tiempo, la insolación, el viento, etc.

Uno de los objetivos es la utilización de energía renovable en su punto máximo disponible, por otro lado, también hay que tomar en cuenta algunos factores que tienen mucha influencia como lo es la inversión económica, aspectos sociales y la durabilidad.

Se debe dimensionar con el apoyo de la energía convencional en el caso de que no existe suficiente energía de las fuentes renovables.

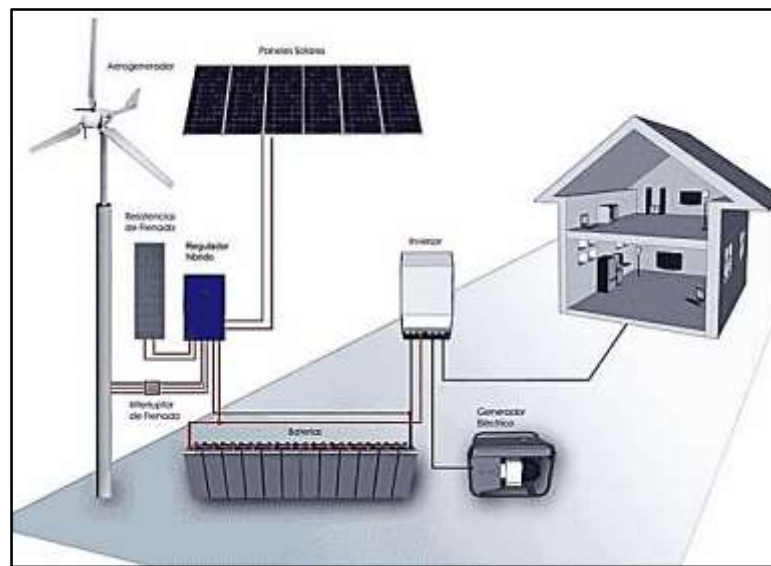
### 3.2.3 Sistema solar fotovoltaico VS energía eólica.

Esta posibilidad es más factible cuando en un mismo sitio existe presencia de sol y viento, estas condiciones climáticas no se presentan en todas partes y por ende es de vital importancia tener conocimiento tanto del potencial eólico como el solar y así tomar esta opción como una solución.

Estos sistemas optimizan la generación de energía eléctrica, habrá días fríos y con mucho viento que con mucha dificultad permiten aprovechar la energía solar, pero son idóneos para los aerogeneradores, en otra situación los días con poco viento y que se encuentren despejados son los más adecuados para que entren en funcionamiento los paneles solares.

### 3.2.4 Esquema de instalación.

En la figura se aprecia un esquema donde uno de los sistemas de generación, está constituido por un aerogenerador, mediante un regulador suministra la energía generada hacia las baterías de almacenamiento [27].



**Figura 4.** Esquema de un sistema híbrido; eólico, solar y combustión [27].

### 3.2.5 Características.

La energía producida en este sistema debe ser utilizada inmediatamente luego de su generación, posterior a ello se la debe almacenar en baterías con la finalidad de que se permita disponer de la energía no utilizada seguidamente en un instante donde que los requerimientos de la carga superen la contribución de las fuentes convencionales.

La dotación de energía eléctrica en zonas alejadas o de difícil acceso constituyen una enorme incertidumbre en términos de potencia, demanda y consumo de energía, estos factores han hecho que los sistemas híbridos tengan mayor acogida por parte de la población.

El sistema debe ser diseñado con un grado de automatismo tal que no sea necesaria la presencia de un operador, en el caso de estimarse necesario se puede instalar adicionalmente un sistema de toma de datos y que de forma remota se puedan analizar las variables más importantes de la operación del sistema [28].

### Ventajas

- Garantizar la generación de la energía necesaria.

- Minimizar la dependencia del sistema de almacenamiento.
- Optimizar el aprovechamiento de los recursos energéticos.
- Disminuir los costos del sistema, de la instalación y los costos operativos [26].

### 3.3 Paneles fotovoltaicos.

Son módulos que aprovechan la energía de la radiación proveniente del sol. Estas células están elaboradas a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos como pueden ser el boro y el fósforo, y son capaces de generar cada de ellas una corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente de energía la radiación luminosa.

Las células se montan en serie sobre módulos fotovoltaicos para conseguir un voltaje idóneo. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión y otra parte por transmisión.

Existe un parámetro estandarizado para determinar su potencia se lo denomina; potencia pico que corresponde a la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo ciertas condiciones [28].

#### 3.3.1 Tipos

Existen distintos tipos de paneles en función de los materiales empleados, los métodos de fabricación que se empleen y la forma final.

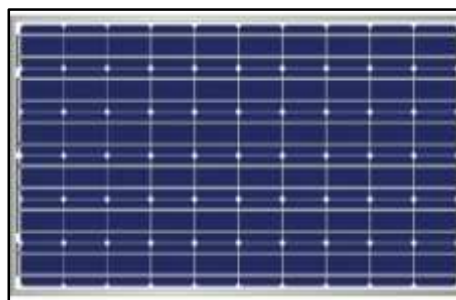
**Silicio Monocristalino:** Están compuestos por un único cristal de silicio (rendimiento energético hasta 15 - 17%).



**Figura 5.** Panel solar de tipo silicio monocristalino [29].

**Silicio Policristalino:** Se forman por pequeñas partículas cristalizadas, una barra de silicio está descompuesta en pequeños cristales, de cierta manera toman un aspecto granulado.

(Rendimiento energético hasta 12 - 14 %).



**Figura 6.** Panel solar de tipo silicio policristalino [29].

**Silicio Amorfo:** Rendimiento energético menor del 10 %;

**Otros materiales:** Arseniuro de galio, di-seleniuro de indio y cobre, telurio de cadmio.

En la actualidad la tecnología más conocida para la producción de energía solar mediante paneles es la basada en el uso de módulos fotovoltaicos planos, ya que incorporan células de silicio y estas pueden ser mono o poli-cristalino, o módulos fotovoltaicos de alta concentración, que los más modernos hoy en día, tienen la ventaja de ser más eficientes (18%-33%) pero deben tener un seguimiento constante respecto de la posición del sol y de esta manera aprovechan solo la radiación directa [29].

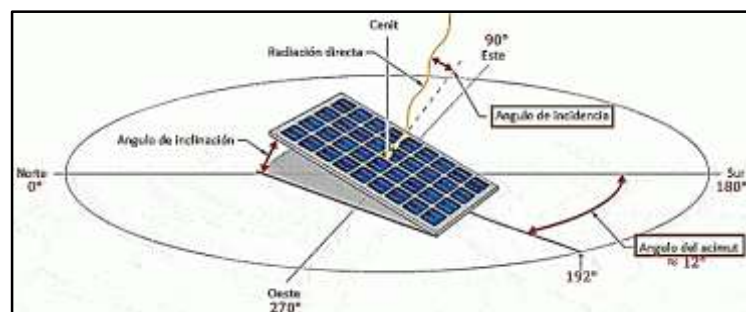
### 3.3.2 Características

**Rendimiento.** - Emiten un voltaje en un circuito abierto de 0,5 voltios aproximadamente, depende mucho del tamaño y su dimensionamiento. En lo que tiene que ver a la corriente, se produce 0,25 amperios que es lo mismo 250 miliamperios por cada pulgada cuadrada de la célula.

**Principios teóricos.** - Los fotones que provienen de la radiación solar, se impactan sobre la superficie del panel, se penetran y son absorbidos por materiales de silicio o arseniuro de galio, esto posteriormente les permite circular a través del material conductor y se produce la electricidad. Un conjunto de paneles transforma la energía solar en una determinada cantidad de corriente continua [30].

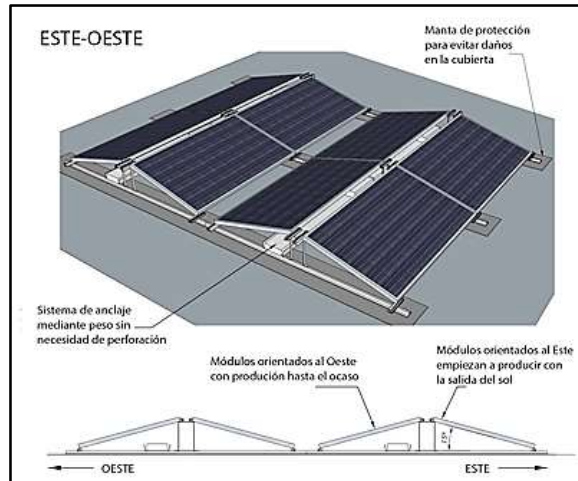
**Angulo de inclinación.** - Los paneles solares llegan a su máxima eficiencia cuando se los orienta con dirección al sol formando un ángulo perpendicular con el medio día.

En invierno el sol no alcanza el mismo ángulo que en verano, en esta última época del año que se nombró, los paneles deben ser colocados ligeramente de manera horizontal con el fin de aprovechar al máximo la luz del sol [31].



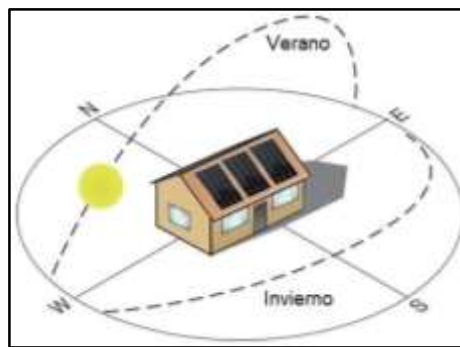
**Figura 7.** Ángulos de inclinación, de incidencia y de orientación de paneles solares [31].

**Orientación** - Se los puede orientar según la posición del sol para conseguir un buen rendimiento óptimo y eficaz, es recomendable ubicar el panel de manera horizontal para que la trayectoria del sol llegue de mejor manera.



**Figura 8.** Orientación de placas solares [32].

**Ubicación.** - Se debe ubicar las placas en sitios donde exista una buena cantidad de insolación que no posea sombras, específicamente en las horas centrales de un día cualquiera que hay sol.

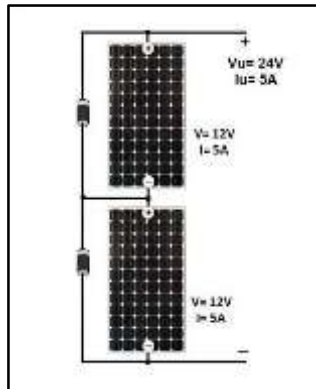


**Figura 9.** Ubicación de paneles solares [32].

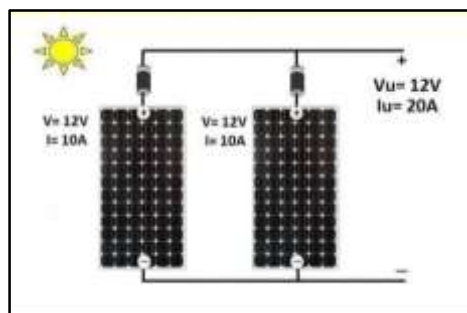
**Ventilación.** - En lo referente a este parámetro los paneles solares pierden la eficiencia de voltaje cuando la temperatura aumenta, si aumenta  $6^{\circ}\text{C}$  el rendimiento disminuye a un 3%.

**Calibre del cableado.** - Dependiendo de la corriente pico que proporciona un panel solar, lo más conveniente es sobredimensionar del conductor utilizado, por el hecho que existe gran cantidad de insolación sumado con el costo del panel, en este caso no se debería perder ni una milésima de corriente.

**Combinación de paneles.** - Al igual que las baterías, los paneles se pueden combinar o conectar de diversas maneras con el fin de aumentar la corriente proporcionada, conectándoles en paralelo adicional a esto se debe conectar un diodo en serie con la finalidad que evite la realimentación de corriente al panel [32].



**Figura 10.** Conexión de paneles solares en serie [32].



**Figura 11.** Conexión de paneles solares en paralelo [32].

### Esquema de conexión



**Figura 12.** Esquema de conexión de un sistema fotovoltaico [33].

**Curvas.** - Las curvas características están definidas por los siguientes puntos:

- Punto de máxima potencia (MPP).
- Corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ).
- Voltaje de circuito abierto ( $V_{oc}$ ).
- Potencia (P).
- Factor de llenado o Fill factor (FF).

### 3.3.3 Estructuras solares.

Se sabe que no todas las superficies son similares, pueden ser en la mayoría de casos; inclinadas, planas, etc. y por lo general no todas están ubicadas en el mismo tipo de terreno tampoco con las mismas condiciones climáticas, entre otras condiciones que influyen su montaje y

componentes. Por ello, existe un amplio número de estructuras según el tipo de instalación que se requiera [33].

**Individuales.** - Están dirigidas a terrazas o tejados planos en los que se necesitan colocar módulos en posición horizontal y por ende la cantidad de paneles no será muy extensa.

**Con triángulo inclinado.** - Los módulos se colocan de manera vertical y son más baratas cuando la cantidad de paneles necesarios es mayor.

**Coplanar.** - Se utilizan en tejados inclinados y brindan soluciones como los salvatejas y espárragos que poseen doble rosca y facilitan el montaje y su seguridad, como una gran ventaja de estas estructuras es que disminuyen el impacto visual.

### **3.3.5 Factores a tomar en cuenta**

Para saber qué tipo de estructura es más provechosa para nuestra instalación, aparte de la superficie sobre el que se vaya a instalar, se encuentra dos campos que permiten obtener el máximo rendimiento de los módulos si se conocen a fondo y se utiliza correctamente sus características.

**Situación geográfica.** - El lugar donde se vaya a ubicar la estructura es el primer factor que se debe tomar en cuenta. Esto es debido a que la latitud del terreno es el indicador primordial para conocer la inclinación de dicha estructura [33].

### **Condiciones climáticas**

- Velocidad del viento. - Cuando existan vientos fuertes se debe reforzar o aumentar las fijaciones y seguridad del montaje.
- Días nublados. - Indica la cantidad de módulos fotovoltaicos que se tienen que colocar para obtener la potencia requerida para la instalación
- Nieve. - Se debe adaptar la inclinación de la estructura para que la nieve no se acumule encima de los módulos y estos no tengan que soportar un peso superior al recomendado.
- Humedad. - La abrasión producida por la humedad indica el tipo de componente utilizar y puede ser acero, o cualquier otro metal siempre y cuando sea galvanizado [34].

### **3.3.4 Aplicaciones**

- Electrificación de pueblos de áreas remotas
- Corriente eléctrica en casas de campo
- Sistemas de comunicación de emergencia
- Faros de navegación marítima
- Señalización vial
- Instalaciones médicas de áreas rurales
- Vehículos eléctricos

- Postes SOS

### **Ventajas**

- La energía que procede del sol es limpia y renovable, no cuesta dinero.
- No consume combustibles ni se produce ninguna combustión.
- No genera residuos ni ruidos.
- Su instalación es relativamente simple.
- Impacto visual reducido
- Requiere poco mantenimiento.
- Tienen una vida larga
- Resiste condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad.
- Instalación en zonas rurales: desarrollo tecnologías propias [34].

### **3.4 Aerogeneradores**

Es un dispositivo que genera energía eléctrica a través de una turbina impulsada por el viento, es decir, la energía cinética existente en el aire, dicho generador posee un rotor hélice el cual es accionado por una energía mecánica a través de un sistema de transmisión mecánica. La energía mecánica rotacional es convertida mediante un alternador trifásico en energía eléctrica [35].

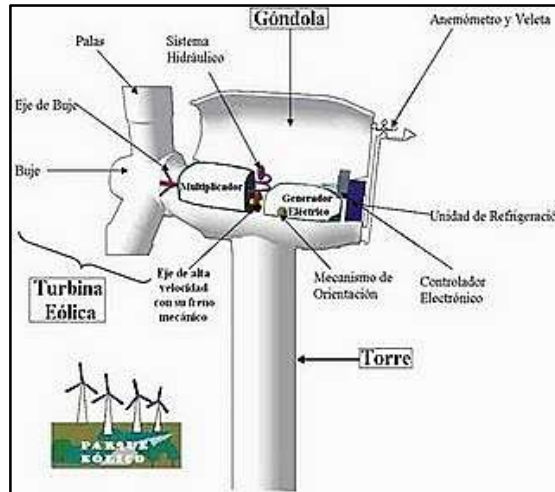
Este tipo de energía debido a su generación es inagotable, de igual manera no es contaminante hacia el ambiente, cabe mencionar que la instalación de estos equipos es bastante costosa y los resultados positivos se verán luego de un tiempo en cuanto a lo económico [36].

Las principales características al momento del diseño y funcionamiento de un aerogenerador son:

- Los componentes estructurales.
- El peso del rotor.
- El diseño aerodinámico.
- El sistema de conversión eléctrica.
- El sistema de control.

#### **3.4.1 Partes**

- El rotor.
- Multiplicador.
- Generador.
- Góndola.
- Torre [36].



**Figura 13.** Partes de un aerogenerador [36].

### 3.4.2 Tipos

Los aerogeneradores se dividen en dos tipos los cuales son:

#### **Eje vertical.**

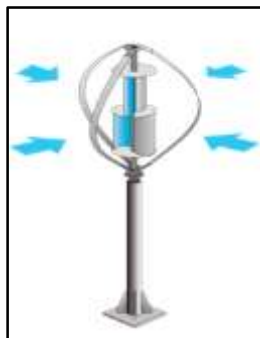
Su eje de rotación está en posición perpendicular con respecto al suelo. Son de fácil instalación ya que no necesitan de una gran torre para su funcionamiento, lo que los hace más baratos en comparación con los de eje horizontal, se logra un gran ahorro en la parte de infraestructura.

Son fáciles de reparar puesto que todos los elementos de transformación de la energía del viento se encuentran en el suelo. Tienen la ventaja de adaptarse en cualquier dirección que tenga el viento.

La máxima desventaja es su rendimiento mínimo, debido a la resistencia que las palas entregan al viento y a la poca altura que se encuentra el rotor; su tecnología se quedó estancada al no ser capaces de crecer en el aprovechamiento del viento.

Entre los principales de eje vertical se tiene los siguientes [36].

- Rotor Savonius.
- Rotor Darrieux.
- Ciclogiro.



**Figura 14.** Eje vertical [36].

### Eje horizontal.

Los aerogeneradores de eje horizontal a diferencia de los anteriores aprovechan más el viento. La altura que se consigue situar el eje que mueve el generador es muy superior a los anteriores y esto se debe que estas turbinas eólicas sean las más utilizadas en la actualidad.

Su tecnología va en aumento no sólo por su altura sino por la calidad y los medios renovados de los componentes que se utilizan en la generación de electricidad, por lo que son más eficaces, su desventaja es que son más costosos que los de eje vertical y además sus aspas no soportan grandes velocidades [36].



Figura 15. Eje horizontal [36].

### 3.4.3 Potencia

La potencia que un aerogenerador aprovecha depende principalmente de la potencia aprovechada del viento la misma que origina a un “coeficiente de potencia” ( $C_p$ ) este determina principalmente la energía cinética que se puede extraer del viento.

**Límite de Betz.** - Indica la eficiencia del aerogenerador con la que transforma la energía cinética en energía eléctrica, para su mayor aprovechamiento su valor debe aproximarse a 0.59. En las máquinas eólicas aparte de la utilización del coeficiente de potencia también se necesita otro coeficiente llamado la “Relación de velocidad de punta ( $\lambda$ )”, dicho valor se obtiene a través de la relación entre la velocidad tangencial en la punta del aerogenerador y la velocidad no perturbada del viento incidente [36].

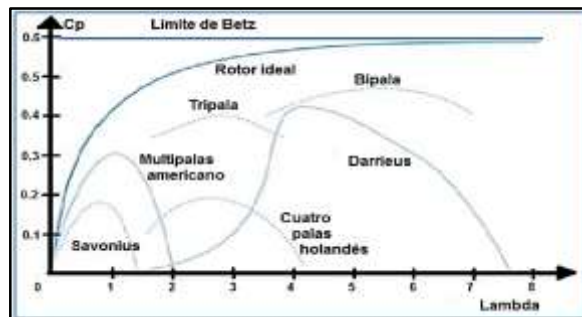


Figura 16. Límite de Betz [36].

### 3.4.4 Soporte

Es trascendental su cimentación por varias razones, la primordial es que el aerogenerador debe estar ubicado por arriba de las perturbaciones causadas por el terreno.

Toda máquina giratoria posee siempre vibraciones, por lo cual es importante, la frecuencia de oscilación propia de la torre sea muy diferente a la frecuencia de las vibraciones (fundamentales y armónicas), producidas por el generador eólico.

Generalmente se utilizan tres tipos de torre las cuales son:

- Torre tubular de acero
- Torre tubular de acero con tensores
- Torre estructural (con perfiles de acero) [36].

### 3.5 Sistema de almacenamiento.

#### 3.5.1 Baterías.





En el caso del almacenamiento se usa baterías ya que brindan una energía constante que, a diferencia de los paneles, estos brindan energía solo por intervalos, una batería puede suministrar una potencia elevada.

La capacidad de almacenamiento depende del tipo de radiación solar existente, también se habla que las baterías que más se utilizan son las denominadas estacionarias o de ciclo profundo, en su gran mayoría compuestas de plomo – ácido ya que por ejemplo las de níquel o litio son más costosas.

**Plomo – ácido.** - Están compuestas por varias placas de plomo en una solución de ácido sulfúrico

**Níquel – Cadmio.** - Tienen una estructura similar a la anterior, con la diferencia que en vez de plomo se utiliza hidróxido de níquel para las placas positivas y óxido de cadmio para las negativas [37].

**Tabla 2.** Tipos de baterías.

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	IMAGEN
Tubular estacionaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclado profundo</li> <li>• Tiempo de vida elevado</li> <li>• Reserva de sedimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo</li> <li>• Poca disponibilidad</li> </ul>	
Arranque SLI (automóvil)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio</li> <li>• Disponibilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionamiento erróneo en ciclado profundo</li> <li>• Baja corriente</li> <li>• Poca reserva de electrolito</li> </ul>	
Solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricación similar a SLI</li> <li>• Amplia reserva de electrolito</li> <li>• Buen funcionamiento en ciclos medios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de vida medio</li> <li>• No es recomendable para ciclados profundos y prolongados</li> </ul>	
Gel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento reducido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deterioro rápido en condiciones de uso exagerado</li> </ul>	

**Fuente:** Los Autores

**Parámetros.** - Existe una serie de parámetros que permiten precisar una batería y sus características, se los nombran a continuación:

- Voltaje de carga
- Capacidad nominal.
- Profundidad de descarga.
- Estado de carga.
- Eficiencia global.

**Vida útil.** - Depende de la calidad de su fabricación y de manera principal del uso que se la pueda dar, como un requerimiento no se debe sobrepasar una temperatura de 25°C, cuando se produce una descarga al 50% aumenta los ciclos de duración de la batería.

**Eficiencia.** - El buen desempeño de una batería depende del tipo, temperatura, vejez, estado de descarga y sobre todo la calidad de su construcción. Lo más importante es la diferencia que

existe entre la cantidad de energía que ingresa hacia la batería (en estado de carga) y la energía que se encuentra disponible en la batería (en estado de descarga).

Las baterías que poseen una buena calidad en su desempeño pueden llegar a tener una eficiencia hasta el 95% de su totalidad.

#### **3.5.1.1 Batería de ciclo profundo.**

Son acumuladores de energía eléctrica que soportan varios y continuos ciclos de carga a la vez, un ciclo es una carga y descarga al 80% de la capacidad total de la batería, se dice que esta clase de baterías tiene aproximadamente 2000 ciclos de vida, aproximadamente un mínimo de 3 años de vida útil, se caracteriza porque su descarga es lenta pero constante.

#### **3.5.2 Regulador de carga.**

Es el elemento de cierta manera elemental de todo el sistema de almacenamiento ya que es el encargado de proteger en caso de sobrecargas o descargas de cualquier tipo, por lo general controla constantemente el voltaje de la batería o a su vez de todo el banco de baterías, una vez que la batería se encuentre cargada, este elemento interrumpe que siga pasando la carga proveniente de las fuentes de alimentación [32].



**Figura 17.** Regulador de carga [32].

#### **3.5.3 Inversor.**

Un inversor siempre debe seleccionarse dependiendo de la potencia de las cargas que se va a alimentar. La sumatoria de las potencias de todas las cargas no debe sobrepasar el valor de la potencia nominal del inversor. Las corrientes de arranque de las cargas deben ser abastecidas por la potencia máxima del inversor.

Para la energía generada tanto en un sistema fotovoltaico como en un sistema eólico, se necesita un inversor con la capacidad de convertir la corriente continua generada por los paneles o por el aerogenerador en corriente alterna. Los inversores tienen que tener la capacidad de permitir la variación tanto de voltaje como de potencia que da bien sean los paneles o el aerogenerador [35].



**Figura 18.** Inversor [35].

Los principales parámetros habituales a tener en cuenta en un inversor son:

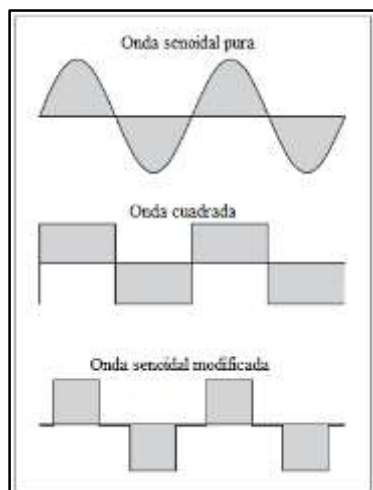
- Tensión nominal (V).
- Potencia nominal (VA).
- Potencia activa (W).
- Capacidad de sobrecarga.
- Factor de potencia.
- Eficiencia o rendimiento.
- Autoconsumo.
- Armónicos.
- Distorsión armónica.
- Rizado de corriente.

#### **Ventajas**

- Principalmente el costo.
- Versatilidad.
- Poco mantenimiento al inversor y al motor.
- Excelentes para el uso en ventiladores.
- Ahorro considerable de energía.

#### **Desventajas.**

- No tiene control a muy bajas velocidades.
- En algunos equipos que no tienen filtros [38].



**Figura 19.** Tipos de ondas de un inversor [35].

### 3.6 Instrumentos de medición.

**Anemómetro.** - El anemómetro es un instrumento portátil cuya función principal es realizar mediciones exactas sobre la velocidad y rapidez del viento. Por lo cual es conocido como el medidor meteorológico con mayor precisión existente.

Además, este medidor portátil nos facilita medir de manera inmediata la velocidad pico de una ráfaga de viento, dicho valor lo podemos observar en su pantalla grafica la cual posee luz para facilitar su visualización.

Estos equipos son completos ya que poseen un almacenamiento de datos recopilados mensualmente y de forma automática (valores mínimos, máximos, promedios) [39].

**Tabla 3.** Escala de velocidades del viento.

ESCALA DE VELOCIDADES DE VIENTO		
Velocidades de viento a 10m de altura		
m/s	Nudos	Clasificación del viento
0,0-0,4	0,0-0,9	Calma
0,4-1,8	0,9-3,5	Ligero
1,8-3,6	3,5-7,0	
3,6-5,8	7-11	
5,8-8,5	11-17	Moderado
8,5-11	17-22	Fresco
11-14	22-28	Fuerte
14-17	28-34	
17-21	34-41	
21-25	41-48	Temporal
25-29	48-56	
29-34	56-65	
>34	>65	Huracán

**Fuente:** [39]

**Piranómetro.** - El piranómetro es un instrumento portátil para realizar mediciones de radiación solar gracias a su tamaño compacto y su forma fácil de utilización, hace que este equipo sea una herramienta idónea para mediciones de los parámetros solares.

Las características principales de este equipo son:

- Almacenamiento de datos.
- Realiza mediciones sin pre-ajustes.
- Su utilización es continua por largos periodos [40].

**Tabla 4.** Radiación solar global sobre la horizontal.

Mes	Radiación solar (kWh/m <sup>2</sup> día)	Radiación solar difusa (kWh/m <sup>2</sup> día)	Temperatura media (°C)	Velocidad del viento (m/s)
Enero	3.98	1.27	21.1	3.7
Febrero	4.76	1.48	22.3	5.7
Marzo	5.47	1.79	23.8	4.2
Abril	6.18	2.02	25.3	4.2
Mayo	5.93	2.32	25.9	3.7
Junio	5.61	2.43	26.3	2.7
Julio	5.94	2.35	26.3	2.7
Agosto	5.66	2.22	26.4	2.7
Septiembre	5.00	2.02	26.1	2.7
Octubre	4.54	1.67	25.0	5.1
Noviembre	3.99	1.37	23.5	3.7
Diciembre	3.7	1.22	21.8	3.7
<b>PROMEDIO</b>	<b>5.06</b>	<b>1.85</b>	<b>24.5</b>	<b>3.7</b>

Fuente: [40]

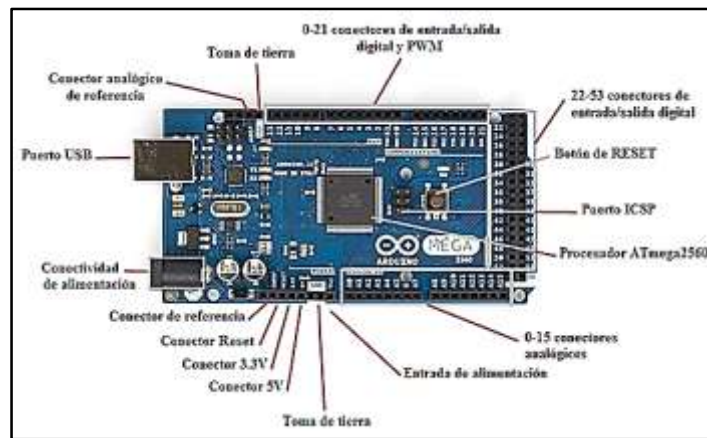
### 3.7 Elementos generales para control del sistema híbrido con hardware y software libre. Hardware libre Arduino.

Arduino es una placa electrónica que posee hardware libre y que reúne un microcontrolador reprogramable, cuando se habla de placa hardware se refiere a una PCB, o sea una placa de circuito impreso. Las PCBs están diseñadas para conectar eléctricamente, a través de los caminos conductores, diferentes componentes electrónicos soldados a ella [41].

#### Características Arduino MEGA.

El Arduino Mega2560 tiene una serie de facilidades para comunicarse con una computadora, Otro Arduino, u otros microcontroladores. El ATmega2560 proporciona cuatro UARTs de hardware para comunicación serial TTL (5V). este módulo posee 54 pines de entradas y salidas digitales, 14 de estas entradas se podrá utilizar como salidas PWM, además tiene 16 entradas analógicas, cristal oscilador de 16 MHz, conexión USB, Jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset. Incorpora todo lo necesario para que el microcontrolador trabaje, simplemente

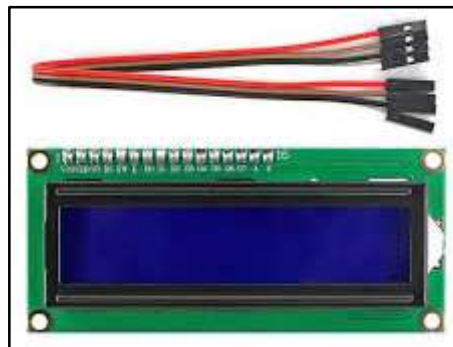
conéctalo a tu PC por medio de un cable USB o con una fuente de alimentación externa. El Arduino Mega es compatible con la mayoría de los shields diseñados para Arduino [42].



**Figura 20.** Tarjeta Arduino Mega [42].

## Display

Este elemento electrónico es muy práctico al momento de representar visualmente datos en forma de números o letras, existen dos tipos de display de 7 segmentos, de acuerdo a la conexión que se la realice para su funcionamiento, estos dos tipos se conocen como Ánodo común y Cátodo común.



**Figura 21.** Pantalla LCD 16x2 [43].

Los tipos de displays tanto ánodo común y cátodo común efectúan la misma función lo único que se diferencia es el punto de referencia para la conexión, como sus nombres mismo los dice el ánodo o el cátodo serán los puntos de referencia y se tomara en cuenta para las secuencias de encendido de los segmentos [43].

## Modulo serial esp\_01



**Figura 22.** ESP-01 Módulo WiFi [44].

El módulo puede trabajar en 2 modos que son los siguientes: como estación Wifi o como Punto de Acceso, al ocuparse como estación el módulo se conecta a la red Wifi presente en un domicilio. El modo Access Point se usa si se quiere crear una red propia en el chip y de esta manera conectarse directamente.

El módulo trabaja a 3.3V por lo que NO se debe alimentar con 5V, es recomendable colocar un capacitor de 100uF en paralelo con la fuente de alimentación para filtrar los picos de corriente. Posee LEDS indicadores de alimentación y de comunicación.

### Interface correspondiente

- SDIO 2.0, SPI, UART
- Empaque QFN de 32-pines
- Integra RF switch, balun, 24dBm PA, DCXO y PMU
- Posee un procesador RISC, memoria en chip e interface para memoria externa
- Procesador MAC/Base band integrado
- Interface I2S para aplicaciones de audio de alta calidad
- Reguladores de voltaje lineales en chip
- Módulos WEP, TKIP, AES y WAPI integrados [44].

### Sensor de corriente wcs1800.



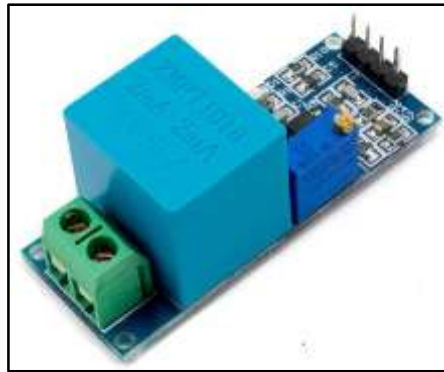
**Figura 23.** Sensor de corriente basado en WCS1800 [45].

Este sensor nos permite medir tanto DC como AC mediante la utilización del efecto Hall, lo que lo hace diferente de los sensores de medición de corriente con resistencia Shunt es que en el efecto Hall la carga está aislada lo que lo hace beneficiosa en circuitos donde no se debe disipar la energía (Efecto Joule). Además, este sensor recompensa los desvíos de temperatura debido a un circuito interior.

#### **Características:**

- Voltaje de Alimentación 3.3 -5.5V
- Rango de medida  $\pm 35\text{A DC}$  ó  $25\text{A RMS}$
- Resolución del sensor de  $60\text{mv/A}$
- Rango de Temperatura.  $-40 \sim 85 \text{ C}$  [45].

#### **Transformador de voltaje AC - ZMPT101B**



**Figura 24.** Transformador de voltaje AC-ZMPT101B [46].

Este módulo permite medir voltaje alterno como el que se tiene en los hogares ( $1200\text{VAC}$ - $60\text{Hz}$ ), este voltaje AC no puede ser medido directamente por el ADC del Arduino pues escapa al rango de entrada ( $0\text{V}$  a  $5\text{V}$ ). Soluciona el problema reduciendo el voltaje AC de entrada a un voltaje menor que pueda ser leído por el Arduino o cualquier otro microcontrolador.

#### **Aplicaciones**

- Adecuado para la medición de voltaje AC de baja tensión como  $220\text{VAC}$
- Monitoreo remoto y protección de equipos AC
- Retroalimentación para sistemas de control de voltaje AC

#### **Especificaciones técnicas**

- Voltaje de alimentación:  $3.3\text{V}$  -  $5\text{VDC}$
- Voltaje alterno de entrada:  $250\text{VAC}$  máx.
- Voltaje alterno de salida: Onda sinusoidal  $5\text{VAC}$  máx.
- Señal de salida: analógica sinusoidal

- Dimensiones: 5 cm x 2 cm x 2.4 cm
- Propiedades del transformador:
- Corriente nominal de entrada y salida: 2mA
- Ratio entrada-salida 1000:1000
- Diferencia de fase:  $<30^\circ$  (a 50ohm)
- Rango lineal: 0-3mA (a 50ohm)
- Linealidad: 1%
- Precisión: 0.2%
- Aislamiento eléctrico entrada: hasta 3000V [46].

#### **Modulo relé 4 canales.**

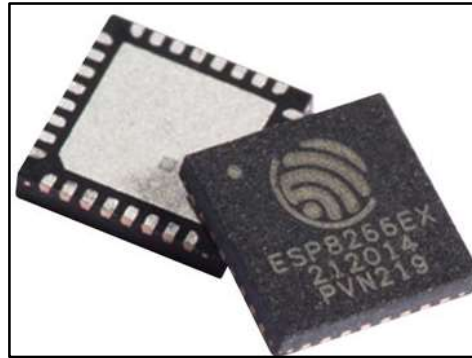


**Figura 25.** Módulo relay 4 canales [47].

Este módulo de relés se utiliza en la conmutación de cargas de potencia de hasta 10A Y 250VAC o a su vez 30VDC, por ende, se recomienda la utilización de niveles inferiores a los límites preestablecidos. Posee optoacopladores aislados en las entradas de control para la reducción del sonido producido por el circuito de control mientras este trabaja. Este dispositivo es ideal para conmutar cargas de CA conectadas a la red eléctrica [47].

#### **Módulo ESP8266EX**

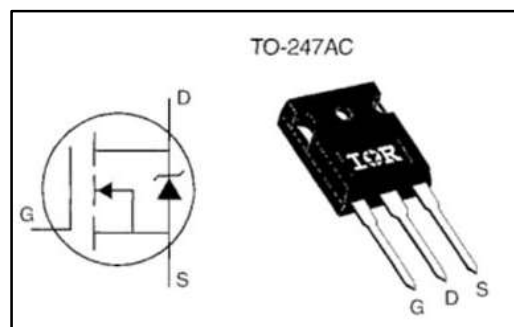
Este módulo ofrece una solución de Wi-Fi altamente integrada para satisfacer las necesidades de los usuarios, demandas continuas de uso eficiente de energía, diseño compacto y rendimiento confiable en la industria de internet de las cosas. Con las capacidades de red Wi-Fi completas y autónomas, ESP8266EX puede ejecútelo como una aplicación independiente o como esclavo de una MCU del host [48].



**Figura 26.** Módulo ESP8266 [48].

Cuando ESP8266EX aloja la aplicación, se inicia rápidamente desde el flash. La memoria caché integrada de alta velocidad ayuda a aumentar el rendimiento del sistema y optimizar la memoria del sistema. Además, se puede aplicar a cualquier diseño de microcontrolador como un adaptador de WiFi a través de Interfaces SPI / SDIO o UART [48].

### **Transistores de potencia**



**Figura 27.** Transistor de potencia [49].

El funcionamiento y utilización de este elemento es idéntico al de los transistores normales, teniendo como características especiales los altos voltajes e intensidades que tienen que soportar y por ende las altas potencias a disipar.

### **Características.**

- Pequeñas fugas.
- Alta potencia.
- Bajos tiempos de respuesta para conseguir una alta frecuencia de funcionamiento.
- Alta concentración de intensidad por unidad de superficie del semiconductor.
- Que el efecto avalancha se produzca a un valor elevado.
- Que no se produzcan puntos calientes.

En compendio, se destacan tres cosas fundamentales:

- En un transistor bipolar  $I_B$  controla la magnitud de  $I_C$ .
- En un FET, la tensión  $V_{GS}$  controla la corriente  $I_D$ .
- En ambos casos, con una potencia pequeña puede controlarse otra bastante mayor [49].

## Fuente de voltaje.

Este dispositivo se encarga de la transformación de corriente alterna a corriente continua o directa. Esta alimentación es primordial para circuitos de aparatos electrónicos [50].

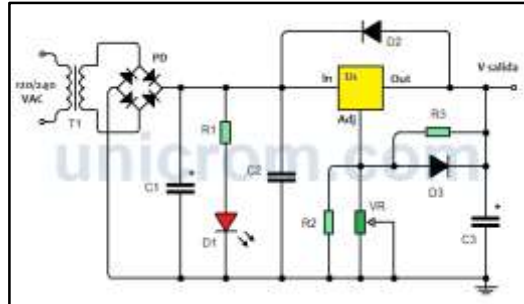


Figura 28. Fuente de voltaje [50].

Las funciones esenciales de la fuente son cuatro:

**Transformación.** - Es aquí donde se reduce el voltaje de entrada (110v – 220v), perteneciente a la red eléctrica. Mediante un transformador de bobina, su salida es de 5v – 12v.

**Rectificación.** – Su objetivo primordial es de evitar oscilaciones de tensión con un elemento llamado puente de Graetz, el cual consiste en impedir que el voltaje baje a valores menos de 0.

**Filtrado.** - La función de esta etapa es de limpiar la señal al máximo, mediante condensadores que liberan la corriente de forma lenta.

**Estabilización.** - En esta fase se busca estabilizar por completo la señal obtenida del filtrado.

## Diodos de potencia.

Se caracterizan porque en estado de conducción, deben ser capaces de soportar una alta intensidad con una pequeña caída de voltaje, mientras que, en sentido inverso, deben ser capaces de soportar un fuerte voltaje negativo de ánodo con una pequeña intensidad de fugas [51].



Figura 29. Diodo de potencia [51].

A continuación, las características más importantes del diodo, las cuales se las agrupa de la siguiente manera:

### Características estáticas:

- Parámetros en bloqueo (polarización inversa).

- Parámetros en conducción.
- Modelo estático.

**Características dinámicas:**

- Tiempo de recuperación inverso (trr).
- Influencia del trr en la conmutación.
- Tiempo de recuperación directo.

**Potencias:**

- Potencia máxima disipable.
- Potencia media disipada.
- Potencia inversa de pico repetitivo.
- Potencia inversa de pico no repetitivo.
- Características térmicas.
- Protección contra sobreintensidades [51].

#### 4. METODOLOGÍA

Tabla 5. Cuadro de operación de variables.

Objetivo	Variable	Concepto	Acciones	Indicadores
Diseñar un sistema híbrido autónomo con el respectivo control para la generación de energía eléctrica renovable en la Reserva Ecológica Los Illinizas.	<p><b>Variable Independiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiación solar.</li> <li>• Velocidad del viento.</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de control para un suministro constante de energía.</li> </ul>	<p><b>Diseño del sistema de control:</b></p> <p>Relación de un conjunto de elementos eléctricos y de automatización, que conjuntamente con un software específico permitan el manejo del sistema para su correcto funcionamiento.</p> <p><b>Radiación solar:</b> es un tipo de energía que resulta del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el Sol. Esta energía es la principal fuente energética y, por lo tanto, el motor que mueve nuestro medio ambiente.</p> <p><b>Velocidad del viento:</b> El viento produce energía porque está siempre en movimiento. Cerca del suelo, la velocidad es baja, aumentando rápidamente con la altura.</p>	<p>Examinar los niveles de radiación solar en la Reserva Ecológica Los Illinizas.</p> <p>Diseñar un sistema de control que permita distribuir la energía generada de manera uniforme.</p> <p>Analizar resultados mediante pruebas de campo.</p> <p>Realizar pruebas para verificar los niveles de radiación solar y de la misma manera la velocidad y dirección del viento.</p>	<p>Niveles de radiación solar en tiempo real.</p> <p>Nivel de velocidad del viento.</p> <p>Dirección del viento.</p> <p>Incremento de niveles de radiación</p> <p>Funcionamiento del sistema de control.</p>

Fuente: Los autores

Para diseñar un sistema híbrido autónomo que suministre la energía de manera constante es necesario tener conocimientos técnicos para el diseño requerido los cuales se obtienen de la investigación realizada en base a revistas técnicas, artículos científicos, etc. En este diseño uno de los componentes principales es el “ARDUINO” conjuntamente con la autonomía del sistema ya que se convierte en una elección adecuada en aplicaciones de generación de energía para su funcionamiento, el mismo que se realizará con elementos y programaciones que estén acorde a las necesidades.

Se debe hacer hincapié a las características y especificaciones que tenga cada uno de los componentes a utilizar en la debida ejecución, para que de esta manera se pueda garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

En el proyecto se utilizará diferentes métodos como son: Método inductivo, método deductivo, método analítico y método sintético. Como se detallan a continuación.

#### **4.1 Métodos de investigación**

**Método Inductivo:** Se utiliza para definir los elementos que se necesitan para el diseño del sistema híbrido mediante una investigación en las diferentes citas bibliográficas, con lo recopilado se logra tener un alto conocimiento que sea necesario para la ejecución del dimensionamiento.

**Método deductivo:** Se consigue establecer los parámetros eléctricos y electrónicos, a su vez la composición de cada uno de ellos y su aporte al sistema, para su correcto funcionamiento que admita obtener de forma cuantificada los parámetros de estudio de acuerdo a los datos de radiación solar y velocidad del viento recopilados en el lugar a instalar.

**Método analítico:** Analizando las mediciones que se obtiene de los sensores, en este caso el panel de control principal, es el encargado de mostrar en forma visual los datos obtenidos.

**Método sintético:** Suministra los parámetros de información necesaria como potencia, nivel de voltaje, radiación solar, velocidad del viento, tipo de conductores, regulador de voltaje, baterías, tipo de panel, calibre del conductor y más datos necesarios para diseñar y obtener los resultados requeridos.

#### **4.2 Tipos de Investigación** **Investigación Bibliográfica**

La finalidad que presenta es de manifestar y profundizar las guías, conceptualizaciones y razonamientos de los diferentes autores, sobre el diseño de un sistema híbrido autónomo para distribuir de una manera adecuada la energía generada por medio de los aportes expresados de los autores en las diferentes fuentes bibliográficas, para analizar y compendiar toda la

información necesaria para la ejecución del proyecto.

### **Investigación de Campo**

Se encuentra directamente relacionado con el objeto de estudio, permitiendo que se desarrolle el intelecto de investigador, de esta manera vincularnos de manera directa con los elementos necesarios y funcionalidad para el sistema. Para esta indagación de campo se debe recopilar información confiable que satisfaga los requerimientos.

### **4.3 Técnicas de investigación**

#### **Observación**

Es una de las técnicas más apropiada en la investigación, llegando a obtener resultados de gran ayuda para la ejecución del proyecto.

#### **Simulación y Programación**

Se la desarrollará mediante el uso de un software específico para realizar la parte del control lo cual mediante señales permita la distribución adecuada de energía.

## **5. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS**

La presente propuesta tecnológica tiene como propósito diseñar y controlar un sistema híbrido de generación autónoma en el refugio Nuevos Horizontes de la Reserva Ecológica Los Illinizas.

### **5.1 Diagrama de bloques del sistema**

En la siguiente figura se detalla mediante un diagrama de bloques la estructura del control del sistema híbrido, que dispone de un funcionamiento autónomo es decir que va alimentado por energía solar proveniente de los paneles solares, energía eólica que llega desde un aerogenerador y un generador de combustión interna usado en caso que exista una emergencia, su modo de operación puede ser manual o automático, dependiendo del requerimiento del operador.

En el anexo I se puede observar más a detalle mediante un diagrama esquemático del sistema.

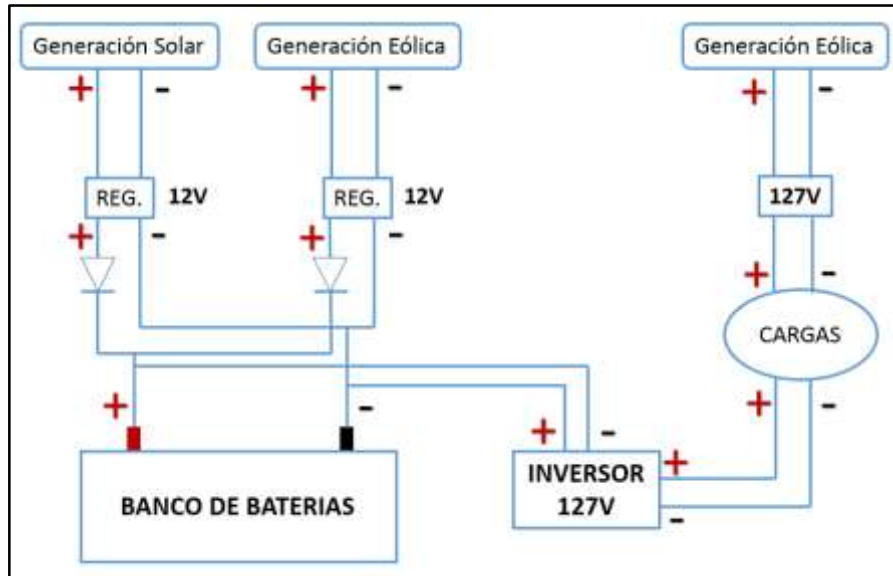


Figura 30. Diagrama de Bloques del sistema

### 5.2 Diseño del display para la visualización de datos

Debido a la estructura del módulo de control es necesario instalar un display para indicar el comportamiento de éste en tiempo real.

Se ha diseñado un display de 16 segmentos con un ánodo común en el punto de referencia y un voltaje de 12Vcc. en la siguiente figura se indica el circuito electrónico realizado en el software Proteus para la comprobación e impresión de la placa PCB.

Se puede visualizar en el anexo II los datos de potencia máxima y los datos de potencia ocupados en el instante.

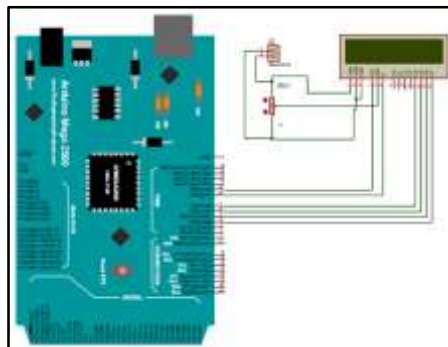
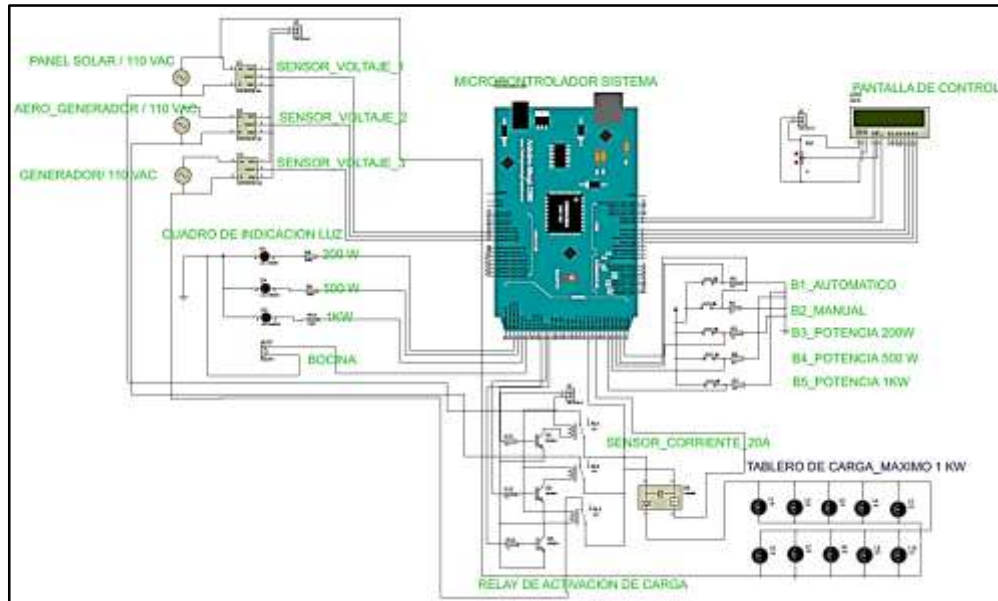


Figura 31. Diagrama de conexión del display

### 5.3 Diseño del sistema de control y monitoreo

Para el diseño del circuito principal del sistema se ha utilizado el Arduino MEGA 2560 además de la utilización del software Proteus para la respectiva comprobación, en esta placa electrónica se conecta las entradas de los diferentes tipos de alimentación, sensores de voltaje, sensor de corriente, salida para cargas, voltímetros digitales, pulsadores, display o pantalla de control, relay de activación de carga, como se puede observar en la figura.



**Figura 32.** Circuito general del sistema de control.

Se ha utilizado una placa adicional como es Arduino UNO para el envío de datos a la web y de la misma manera hacia una aplicación móvil en tiempo real el comportamiento del sistema como se muestra en el anexo III

### 5.5 Diseño de los paneles fotovoltaicos

Este sistema de control tiene la finalidad de censar la corriente proveniente de cada una de las cargas, a su vez aprovecha esta energía para el funcionamiento del mismo por lo que se debe realizar ciertos cálculos para dimensionar el número de paneles a utilizar como se muestra a continuación según los cálculos realizados.

#### 5.5.1 Cálculo de consumos estimados

Se establece un cuadro de cargas con los respectivos consumos de energía.

**Tabla 6.** Levantamiento de cargas.

Cantidad	Equipos	Nro. Horas/Utilización	Potencia U. (W)	Potencia T. (W)	Potencia (W/h).
1	Comunicación	4	40	40	160
7	Focos	3	10	70	210
4	Tomas	3	10	40	120
1	Calefactor	1	300	300	300
<b>TOTAL</b>				<b>450</b>	<b>790</b>

**Fuente:** Los Autores

Total, consumos por día estimado

**(CDE) = 790 Wh/día.**

Se aplica un rendimiento de la instalación del 75%.

$$\text{Total de energía necesaria} = \frac{CDE}{0,75} [\text{Wh/día}] \quad [1]$$

$$Total\ de\ energía\ necesaria = \frac{790\ Wh/día}{0,75}$$

$$TEN = 1053.33\ Wh/día$$

### 5.5.2 Radiación solar disponible

Refugio Nuevos Horizontes.

Latitud: 0 ° 39'18.6804''

Longitud: 78 ° 42'45.8748''

Potencia nominal de la instalación solar fotovoltaica: **0.6 kW**

Inclinación de los módulos: 35 °

Orientación de los módulos: 0 °

Mediante la recopilación de datos obtenidos se pudo observar que el día más desfavorable de radiación fue el 04 de noviembre del 2019, con una radiación de 0.25 kWh\*m<sup>2</sup>/ día.

$$HSP = \frac{0,25\ kWh*m^2 / día}{0.6kW} \quad [2]$$

$$HSP = 0.42h * m^2$$

### 5.5.3 Cálculo de paneles solares

Se tomará en cuenta paneles de 250 W.

**Para la instalación de fin de semana.**

$$Número\ de\ Paneles = \frac{TEN}{(HSP * Rendimiento\ de\ trabajo * Potencia\ pico\ del\ panel)} \quad [3]$$

$$Número\ de\ Paneles = \frac{1053.33\ Wh/día}{(0.42h * m^2) * (0,8) * (150W)}$$

$$Número\ de\ Paneles = 20.89 = 21\ Paneles$$

**Para la instalación de uso diario.**

$$Número\ de\ Paneles = \frac{(3 * TEN)}{(HSP * Rendimiento\ de\ trabajo * 7 * Potencia\ pico\ del\ panel)} \quad [4]$$

$$Número\ de\ Paneles = \frac{(3 * 1053.33\ Wh/día)}{(0.42h * m^2) * (0,8) * (7) * (150W)}$$

$$Número\ de\ Paneles = 8.95 = 9\ Paneles$$

### 5.5.4 Capacidad de las baterías.

$$Capacidad\ de\ la\ batería = \frac{(TEN * Dias\ de\ autonomía)}{(Voltaje * Profundidad\ de\ descarga\ de\ la\ batería)} \quad [5]$$

$$\text{Capacidad de la batería} = \frac{(1053.66 \text{ Wh/día} * 5)}{(12v) * (0,70)}$$

$$\text{Capacidad de la batería} = \mathbf{627.179Ah (c100)}$$

### 5.5.5 Número de baterías.

$$\text{Número total de baterías} = \frac{\text{Capacidad de la batería}}{100A} \quad [6]$$

$$\text{Número total de baterías} = \frac{627.179Ah (c100)}{100A}$$

$$\text{Número total de baterías} = 6.27 = \mathbf{7 \text{ Baterías}}$$

### 5.5.6 Selección del inversor y regulador.

$$\text{Potencia del inversor} = 450W * 1.2 = 540W \quad [7]$$

Por tanto, se requiere un inversor de: **600W**

### 5.5.7 Dimensionamiento de los conductores.

El dimensionamiento del cableado se lo realiza en base a la distancia de cable que se tendrá que utilizar para la instalación y la corriente que circulara por el mismo. Los valores que se observan en estas ecuaciones se les puede apreciar directamente en la tabla 9 y tabla 10 del anexo IV

Por otra parte, para que se garantice el correcto y continuo funcionamiento del sistema de control se implementa un respaldo adicional que consta de una batería de 12 voltios a 7 amperios para los días de ausencia de sol.

Para una mejor comprensión, revisar los datos obtenidos en el anexo IV.

### 5.6 Diseño del aerogenerador.

Se trata de diseñar un aerogenerador eólico que, tomando en consideración que las condiciones en las que opere el dispositivo son las siguientes:

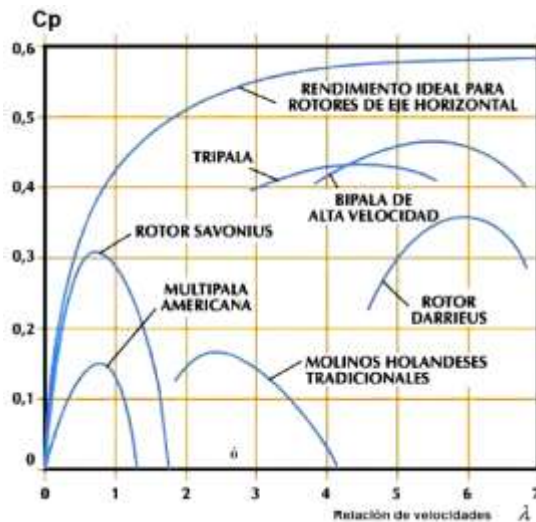
$V_1$ : Velocidad del viento en la locación= 7 m/s

$\rho$ : Densidad del aire =  $1,292 \text{ kg/m}^3$

$\mu$ : Viscosidad dinámica del aire a  $0^\circ = 17,16 \times 10^{-6}$

$\nu$  Viscosidad cinemática del aire a  $0^\circ = 13,28 \times 10^{-6}$

En el proyecto, por las condiciones climatológicas y ambientales se ha visto conveniente instalar un aerogenerador de eje horizontal por los principales beneficios que este presenta.



**Figura 33.** Coeficiente de potencia ( $C_p$ ) y relación de velocidades ( $\lambda$ ).

### 5.6.1 Cálculo de consumos estimados

Se establece un cuadro de cargas con los respectivos consumos de energía.

**Tabla 7.** Levantamiento de cargas.

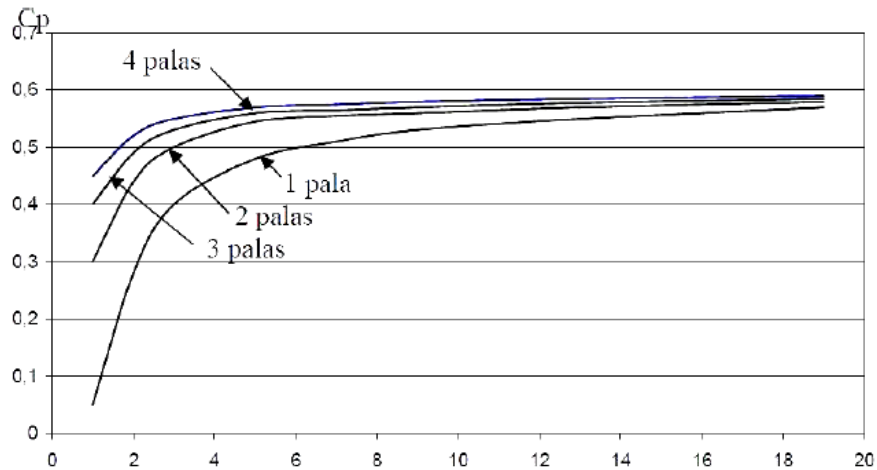
Cantidad	Equipos	Nro. Horas/Utilización	Potencia U. (W)	Potencia T. (W)	Potencia (W/h).
1	Comunicación	4	40	40	160
7	Focos	3	10	70	210
4	Tomas	3	10	40	120
1	Calefactor	1	300	300	300
<b>TOTAL</b>				<b>450</b>	<b>790</b>

**Fuente:** Los Autores.

### 5.6.2 Número de palas

Hélices de tres palas: Su característica principal es su mayor suavidad de funcionamiento y ésta es una importante cualidad.

En el caso particular del aerogenerador a diseñar, se considerará que éste constará de 3 palas y un radio de la hélice de 0.5 m por lo que, de acuerdo a la Figura 33, una buena elección del valor de la relación de velocidades puede fijarse en 3.



**Figura 34.** Eficiencia según el número de palas.

### 5.6.3 Tamaño de la hélice.

Por su parte, la hélice de eje horizontal adecuadamente diseñada puede captar hasta un 42 % de la potencia disponible en el viento mientras que hélices calculadas y realizadas con poco cuidado pueden bajar su rendimiento hasta un 10 %.

### 5.6.4 Calculo de la velocidad angular

Mediante el valor establecido para la relación de velocidades se puede calcular la velocidad angular expresada en (rpm) de acuerdo a la siguiente relación:

$$\omega = \frac{\lambda * V_1}{r} \quad [8]$$

$\omega$ : Velocidad angular

$\lambda$ : Relación de velocidades

$V_1$ : Velocidad del viento

$r$ : Radio de la hélice

$$\omega = \frac{3 * 7}{0,5} [Rad/s]$$

$$\omega = 42 [Rad/s]$$

Para expresar este último resultado en (rpm) se hace uso de la siguiente relación:

$$n = \frac{\omega * 30}{\pi} [rpm] \quad [9]$$

$$n = \frac{42 rad/s * 30}{\pi}$$

$$n = 401,07 [rpm]$$

### 5.6.5 Cálculo de la velocidad axial (V)

Constante = a = 0,332367

$$V = V_1(1 - a) \quad [10]$$

$$V = 7(1 - 0.332367)$$

$$V = 4,67 \text{ [m/s]}$$

### 5.6.6 Cálculo de la velocidad de rotación del aire rotativa (V<sub>tr</sub>).

$$V_{tr} = \lambda * r(a - 1) \quad [11]$$

$$V_{tr} = 3 * 0,5(0,00879855 - 1)$$

$$V_{tr} = -1,48 \text{ [m/s]}$$

### 5.6.7 Cálculo de la velocidad relativa (V<sub>r</sub>)

$$V_r = \sqrt{V^2 + V_{tr}^2} \quad [12]$$

$$V_r = \sqrt{(4,67)^2 + (-1,48)^2}$$

$$V_r = 4,89 \text{ [m/s]}$$

### 5.6.8 Cálculo de la potencia disponible por el aerogenerador

Constante = A<sub>fb</sub> = 2,01m<sup>2</sup>

$$P_d = \frac{1}{2} * \rho * A_{fb} * V_1^3 \quad [13]$$

$$P_d = \frac{1}{2} * (1,292) * (2,01m^2) * (7^3)$$

$$P_d = 445,37 \text{ W}$$

Se establece la utilización de un aerogenerador de: **600W** con una salida de 12 V.

### 5.6.9 Cálculo de la potencia captada por el aerogenerador (P<sub>c</sub>)

Constante = C = 0,44

$$P_c = C * \frac{1}{2} * \rho_{aire} * A_{fb} * V_1^3 \quad [14]$$

$$P_c = 0,44 * \frac{1}{2} * (1,292) * (2,01m^2) * (7^3)$$

$$P_c = 195,96 W$$

#### 5.6.10 Cálculo del número de baterías

Según tablas estandarizadas de distintos fabricantes la capacidad de la batería es de **650 Ah (c100)**.

$$\text{Número total de baterías} = \frac{\text{Capacidad de la batería}}{100A} \quad [15]$$

$$\text{Número total de baterías} = \frac{650Ah (c100)}{100A}$$

$$\text{Número total de baterías} = 6,5 = 7 \text{ Baterías}$$

#### 5.6.11 Selección del inversor y regulador.

$$\text{Potencia del inversor} = 450W * 1.2 = 540W \quad [16]$$

Por tanto, se requiere un inversor de: **600W**

Para una mejor comprensión, revisar los datos obtenidos en el anexo V.

### 5.7 Programación

La programación para el buen funcionamiento, correcto desempeño del sistema y el debido procesamiento de datos se utilizó la plataforma Arduino, a continuación, se puede mostrar algunas de las programaciones efectuadas para la funcionabilidad.

### 5.7.1 Parámetros respectivos para los sensores de voltaje AC, corriente y pulsadores de activación del sistema

```
#include <LiquidCrystal.h>
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

// PARAMETRO SENSOR DE VOLTAGE AC //

int adc_max=698; //Reemplazar por valor adc_max entregado por el sketch: volt_ac_cal
int adc_min=319; //Reemplazar por valor adc_min entregado por el sketch: volt_ac_cal
float volt_multi=125; //Reemplazar por el "voltaje ac rms" entregado por un multmetro
float volt_multi_p;
float volt_multi_n;

//:::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::://

//PARAMETRO SENSOR DE CORRIENTE//
float Sensibilidad=0.210; //sensibilidad en V/A para nuestro sensor
float offset=0.100; // Equivale a la amplitud del ruido
//:::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::://

//PARAMETRO DE PULSADORES//

const int buttonPin=49; //PULSADOR AUTOMATICO
const int buttonPin1=50; //PULSADOR MANUAL
const int buttonPin2=51; //PANEL SOLAR
const int buttonPin3=52; // AEROGENERADOR
const int buttonPin4=53; // GENERADOR
int buttonState = 0;
int buttonState1 = 0;
int buttonState2 = 0;
int buttonState3 = 0;
int buttonState4 = 0;
int rele200=30;
int rele500=32;
int rele1000=34;
```

Figura 35. Fragmento de la programación para el censo de datos de voltaje, corriente y pulsaciones de activación.

Revisar el anexo VI para analizar la programación completa.

### 5.7.2 Programación para el proceso y envío de datos hacia el display.

```
//DEFINIR TIPO DE SALIDA//
pinMode(buttonPin, INPUT);
pinMode(buttonPin1, INPUT);
pinMode(buttonPin2, INPUT);
pinMode(buttonPin3, INPUT);
pinMode(buttonPin4, INPUT);

pinMode(rele200, OUTPUT);
pinMode(rele500, OUTPUT);
pinMode(rele1000, OUTPUT);
pinMode(BUZZER, OUTPUT);
digitalWrite(rele200,HIGH);
digitalWrite(rele500,HIGH);
digitalWrite(rele1000,HIGH);

lcd.print("UNIVERS TECNICA");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" COTOPAXI ");
delay(5000);
lcd.clear();
lcd.print("CONTROL POTENCIA");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("NOMBRE1 NOMBRE2");
delay(5000);
lcd.clear();
lcd.print(" SELECCIONE MODO");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" FUNCIONAMIENTO ");
delay(5000);
lcd.clear();
lcd.print(" B1=AUTOMATICO ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" B2=MANUAL ");
```

Figura 36. Proceso y envío de datos hacia el display.

Revisar el anexo VI para analizar la programación completa.

### 5.7.3 Programación para alertar el uso de la potencia máxima del sistema.

```
//CONTROL 1KW//
if ((estado1==1) && (estado4==1) && (estado3==0) && (estado2==0))

delay(1000);
if (( volt_rms3>=100) && (P<=120))
{
  delay(100);
  digitalWrite(BUZZER,LOW);
  digitalWrite(rele1000,LOW);
  digitalWrite(alarma3,HIGH);
  lcd.clear();
  lcd.print("  MAX_POT_1 kW  ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("P=");
  lcd.setCursor(3,1);
  lcd.print(P);
  lcd.setCursor(9,1);
  lcd.print("W");
}else{
  digitalWrite(rele1000,HIGH);
  digitalWrite(alarma2,LOW);
  estado4=0;
  delay(100);
  digitalWrite(BUZZER,HIGH);
  delay(3000);
  lcd.clear();
  lcd.print("  PELIGRO  ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("  PRECAUCION  ");
  delay(100);
}
```

Figura 37. Programación de señales de alerta y advertencia.

Revisar el anexo VI para analizar la programación completa.

### 5.7.4 Programación de envío de datos del sistema a la web y aplicación móvil.

```
float Sensibilidad=0.101; //sensibilidad en V/A para nuestro sensor
float offset=0.100; // Equivale a la amplitud del ruido

//sensor 1 //
int adc_max=698; //Reemplazar por valor adc_max entregado por el sketch: volt_ac_cal
int adc_min=319; //Reemplazar por valor adc_min entregado por el sketch: volt_ac_cal
float volt_multi=125; //Reemplazar por el "voltaje ac rms" entregado por un multmetro
float volt_multi_p;
float volt_multi_n;

//sensor 2 //
int adc_max2=696; //Reemplazar por valor adc_max entregado por el sketch: volt_ac_cal
int adc_min2=326; //Reemplazar por valor adc_min entregado por el sketch: volt_ac_cal
float volt_multi2=128; //Reemplazar por el "voltaje ac rms" entregado por un multmetro.
float volt_multi_p2;
float volt_multi_n2;

//sensor 3//
int adc_max3=703; //Reemplazar por valor adc_max entregado por el sketch: volt_ac_cal
int adc_min3=316; //Reemplazar por valor adc_min entregado por el sketch: volt_ac_cal
float volt_multi3=128; //Reemplazar por el "voltaje ac rms" entregado por un multmetro
float volt_multi_p3;
float volt_multi_n3;

// Libreria para usar SoftwareSerial
#include <SoftwareSerial.h>
#include <DHT.h>
SoftwareSerial espSerial = SoftwareSerial(2,3); // arduino RX pin=0 arduino TX pin=3
// Conecta el pin 2 al pin TX del ESP8266 - Conecta el pin 3 al pin RX del ESP8266
#define DHTPIN 5 // Conecta el pin de datos al pin 5 del Arduino
#define DHTTYPE DHT22 //define el tipo de sensor
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //crear objeto DHT
String apiKey = "YK000I4S130QVE14"; // Reemplaz con el API KEY WRITE de ThingSpeak
String ssid="Ing. Eléctrica"; // Wifi network SSID
String password ="alexis777"; // Wifi network password
//***** tiempoRespuesta
```

Figura 38. Envío de datos del sistema a la web y aplicación móvil.

Revisar el anexo VII para analizar la programación completa.

### **5.8 Proceso de funcionamiento del sistema.**

- 1) Se debe verificar que exista suministro de voltaje de entrada de las distintas fuentes de alimentación, además que los interruptores termomagnéticos se encuentren activados (posición hacia arriba) el mismo que se comprobaba de manera visual en los voltímetros digitales situados en la parte exterior frontal del módulo.
- 2) El suministro de energía para el control principal esta provisto desde una fuente de energía solar, también se lo puede alimentar directamente de una fuente de corriente alterna AC según los requerimientos para lo que sea utilizado el sistema.
- 3) Una vez comprobada la existencia de voltaje, se procede al encendido del sistema de control.
- 4) Para la comprobación de voltaje que será entregado a las cargas, en la parte lateral derecha del módulo se encuentra instalado un tomacorriente enlazado a un voltímetro digital donde se podrá visualizar la existencia de dicho voltaje.
- 5) Posteriormente, el operador pondrá en funcionamiento el sistema de control acorde a sus necesidades ya sea automática o manualmente.
- 6) El generador a combustión encargado de suministrar 1000W de potencia al sistema solo se encenderá en casos de emergencia.
- 7) Todo el comportamiento del sistema podrá ser observado mediante la pantalla de control situada en la parte exterior frontal del módulo, la misma que indicará el funcionamiento en ese instante.
- 8) Además de la pantalla de control, también se puede observar el comportamiento del sistema a través del envío de datos en tiempo real a la web y una aplicación móvil (ThingView)
- 9) Si se presenta alguna anomalía en el sistema, este podrá ser reiniciado sin presentar inconveniente alguno.
- 10) Se debe tomar en cuenta que el módulo posee un sistema de alarma (sirena), la misma que entrara en operación cuando se detecte un exceso de potencia indicando al operador que debe disminuir ciertas cargas con la finalidad que el sistema se estabilice y se logre la desactivación de la sirena.
- 11) El sistema de energías renovables dejará de funcionar cuando su voltaje emitido sea menor a 90V, esta condición se encuentra programada en la tarjeta ARDUINO.

Para un mejor entendimiento, todo el proceso en detalle se encuentra en el manual de operación del anexo VIII

### 5.9 Evaluación de resultados.

Para empezar con el funcionamiento del sistema, en la pantalla de control se emite el siguiente texto en la pantalla de control “SELECCIONE MODO FUNCIONAMIENTO” continuando con el proceso el sistema proporciona dos alternativas de funcionamiento “B1=AUTOMATICO” Y “B2= MANUAL”

Para proceder con las pruebas se utilizó focos incandescentes de distinta potencia, específicamente de 100W y 65W, tomando en cuenta que no son valores fijos, varían de 2W a 3W según como se los va conectando a las boquillas de porcelana ubicadas en un pequeño tablero para la práctica que se realizó.

En el anexo VIII se muestran las imágenes a detalle de estos mensajes.

#### 5.9.1 Funcionamiento manual.

Se elige la potencia acorde a la carga que se va a utilizar, en este caso es 600W la máxima suministrada por el sistema, y la potencia de las cargas es de 167.66W.



**Figura 39.** Visualización de datos.



**Figura 40.** Cargas sometidas a prueba.

Una vez que las cargas excedan el límite de la potencia máxima establecida por el sistema, se debe realizar el aumento de potencia respectivo.



**Figura 41.** Visualización de datos.

En este caso es 600W la máxima suministrada por el sistema, y la potencia de las cargas es de 343,38W.



**Figura 42.** Visualización de datos.



**Figura 43.** Cargas sometidas a prueba.

Como en el caso anterior, una que las cargas lleguen al límite de la potencia máxima establecida por el sistema, se debe realizar el aumento de potencia respectivo.



**Figura 44.** Visualización de datos.

En este caso es 1000W la máxima suministrada por el sistema, y la potencia de las cargas es de 601,40W.



**Figura 45.** Visualización de datos.



**Figura 46.** Cargas sometidas a prueba.

Lo que se debe tener en cuenta es que la tercera fuente de generación solo entra a funcionar en caso de que exista una emergencia.

### **5.9.2 Funcionamiento automático.**

En este caso el sistema por si solo se encarga de censar el valor de las cargas que están siendo utilizadas y da paso de manera automática al aumento de potencia, emitida por el sistema acorde al aumento de cargas que se van conectando.



**Figura 47.** Visualización de datos.

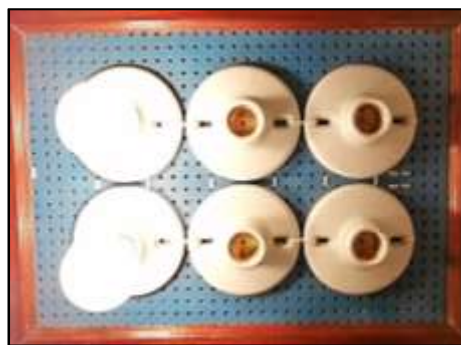


**Figura 48.** Cargas sometidas a prueba.

En este caso es 600W la máxima suministrada por el sistema, y la potencia de las cargas es de 97,71W. De manera automática al realizar un aumento de potencia de 110,37W, dando como resultado 208,08W.



**Figura 49.** Visualización de datos.



**Figura 50.** Cargas sometidas a prueba.

En este caso es 600W la máxima suministrada por el sistema, y la potencia de las cargas es de 429,82W. De manera automática al realizar un aumento de potencia de 118,11W, dando como resultado 547,93W el sistema permanece dentro del rango de su potencia máxima que es 600W. Así mismo si disminuimos una carga, el sistema regresa a su estado anterior de funcionamiento.



**Figura 51.** Visualización de datos.



**Figura 52.** Cargas sometidas a prueba.



**Figura 53.** Visualización de datos.



**Figura 54.** Cargas sometidas a prueba.

Como es de conocimiento, el sistema esta abastecido de tres fuentes de alimentación; la primera es solar, la segunda eólica y la tercera un generador de combustión en el caso de que exista ausencia de voltaje en la primera y segunda entrada de las fuentes renovables, entrará en funcionamiento la tercera como un modo de emergencia, lógicamente si no existe alimentación por parte de las tres fuentes, el sistema de control no llega a funcionar, esto en lo que tiene que ver al funcionamiento automático, referente al funcionamiento manual ya el operador sabe la existencia o ausencia de voltaje tanto en la primera y la segunda fuente de alimentación es la que entra en operación en caso de ser necesario.

Las cargas conectadas, en este caso que son focos incandescentes van disminuyendo su luminosidad acorde a la descarga de las baterías, si existe una descarga completa evidentemente los focos llegan apagarse.

### 5.10 Validación de datos

Para la validación de los datos se ha tomado como referencia los obtenidos mediante el uso de la plataforma ThingView Anexo IX

## 6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.

### 6.1 Presupuesto

**Tabla 8.** Presupuesto

Rubro	Valor	Cantidad	TOTAL
Panel solar 20 W	29.68	1	29.68\$
Controlador de carga 20A	16.96\$	1	16.96\$
Batería 12V-7A	14.42\$	1	14.42
Arduino Mega	53.40\$	1	53.40\$
Arduino Uno	45.79\$	1	45.79\$
Módulo ESP8266	4.46\$	1	4.46\$
Cable proto	0.072\$	40	2.89\$
Módulos de censo de carga	17.45\$	1	17.45\$
Módulo de relés	12.89\$	1	12.89\$
Módulo de voltaje	272\$	1	272\$
Módulo de control	175\$	1	175\$
Módulo de envío de datos	160\$	1	160\$
Filtro de corriente	1\$	2	2\$
Sensor de corriente	4\$	1	4\$
Display 16*2	8.89\$	1	8.89\$
Cable flexible	0.40\$	8	3.2\$
Plug banana R/N	0.15\$	8	1.2\$
Enchufe	0.18\$	1	0.18\$
Alambre solido #16	0.34\$	6	2.04\$
Taipe	0.97\$	1	0.97\$
Amarras dexson 10cm	1.15\$	0.2	0.23\$
Amarras dexson 15cm	2.70\$	0.2	0.54\$
Boquillas plafón loza	0.60\$	10	6.00\$
Tornillos triples pato 8*1	0.02\$	20	0.4\$
Correa plástica 20cm	0.06\$	40	2.4\$
Spray azul	1.40\$	1	1.40\$
Foco incandescente 100W	1.02\$	6	6.12\$
Foco incandescente 65W	0.89\$	4	3.56\$
Paro de emergencia	2.23\$	1	2.23\$
Pulsador	1.43\$	5	7.15\$
Tomacorriente	1.33\$	1	1.33\$
Placa intemperie	1.58\$	1	1.58\$
Voltímetro CNC	3.07\$	3	9.21\$
Breaker 2A	5.70\$	1	5.70\$
Breaker 6A	6.20\$	1	6.20\$
Breaker 10A	7.10\$	1	7.10\$
Riel dim 1m	1.73\$	1	1.73\$
Gabinete metálico 30*30*15	21.21\$	1	21.21\$
Licencia web	120\$	1	120\$
Material Bibliográfico	17\$	1	17\$
Material alquilado para pruebas y toma de datos	190\$	-	190\$
Etiquetas	25\$	-	25\$

Elementos varios	75.99\$	-	75.99\$
Imprevistos	30\$	-	90\$
Transporte	50\$	-	150\$
Asesoría externa	80\$		80\$
<b>TOTAL, DE RUBRO</b>			<b>1285\$</b>
<b>Dimensionamiento para sistemas de generación</b>	<b>Valor</b>	<b>Cantidad</b>	<b>TOTAL</b>
Panel solar 150 W	129.99\$	21	2729.79\$
Inversor 600W	130\$	1	130\$
Controlador solar 40A, 12V-24V	70\$	1	70\$
Controlador eólico 80A	140\$	1	140\$
Baterías 100A	280\$	7	280\$
Aerogenerador 600W	4000\$	1	4000\$
<b>TOTAL, DE DIMENSIONAMIENTO</b>			<b>7349,73\$</b>
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>		<b>8634,73\$</b>	

**Fuente:** Los Autores

## 6.2 Análisis de impactos

- Impacto práctico: El sistema implementado sirve para controlar y monitorear el continuo suministro eléctrico proveniente de las fuentes de energía renovable, existentes en la reserva ecológica Los Illinizas permitiendo crear un registro de datos de estas variables meteorológicas, en un almacenamiento web para facilitar la extracción de datos en el caso que exista algún tipo de investigación o algún análisis adicional.
- Impacto simbólico: Este proyecto incorpora un conjunto de conocimientos técnicos y prácticos obtenidos durante el trascurso académico en la Universidad Técnica de Cotopaxi, conformado por áreas tanto eléctricas como electrónicas para el procesamiento de datos y relación de los elementos que conforman el control para cumplir con lo establecido.
- Impacto tecnológico: El sistema consta de una alimentación autónoma debido a que reemplaza la energía eléctrica convencional por energía eléctrica obtenida por fuentes renovables.
- Impacto ambiental: Este control no genera impacto ambiental alguno ni peligro para el entorno natural donde va a ser implementado, más bien hace uso de energías limpias para su funcionamiento de una manera amigable con el medio ambiente.
- Impacto ético: El proyecto satisface la necesidad del cuidado de la salud concientizando sobre la protección de las personas que al sitio acuden al momento de exponerse a los gases emitidos por un generador de combustión que se encuentra en el sitio.
- Impacto epistemológico: El desarrollo de esta propuesta tecnológica crea decisiones para la investigación acerca de la generación de potencia solar y eólica mediante

diferentes tipos de estudios tanto eólicos como fotovoltaicos.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

- Luego de haber realizado una investigación integra en distintas bibliografías y otros documentos se obtuvo conocimientos acerca de parámetros climatológicos como son la radiación solar, velocidad del viento, entre otros.
- Por otra parte, la ayuda que brinda la tecnología al utilizar equipos diseñados y establecidos para la recopilación de datos específicos del clima y sus variables.
- Después de una inspección visual en el lugar de ejecución de la propuesta tecnológica, se pudo determinar con anticipación cuales son las cargas actualmente instaladas y las que serán implementadas a futuro tomando en cuenta cada uno de los parámetros eléctricos para garantizar el suministro de energía.
- Mediante los beneficios que se obtienen al implementar esta clase de fuentes alternativas, está la ayuda para sectores alejados que no cuentan con el servicio de energía eléctrica convencional.
- El módulo de control está basado principalmente en programaciones de la plataforma tecnológica denominada ARDUINO, la misma que abarca una serie de circuitos electrónicos y eléctricos, de los cuales se destacan los sensores de voltaje y corriente, encargados de censar las cargas conectadas al sistema, garantizando el buen funcionamiento de las mismas.
- A través de la utilización de elementos de control como son los pulsadores, encargados de la maniobrabilidad y puesta en marcha al sistema, también se cuenta con una pantalla que muestra el comportamiento del mismo conjuntamente con la respectiva validación y visualización de datos en tiempo real.
- Una vez finalizado con el diseño y el sistema de control se procede a realizar las pruebas correspondientes con la finalidad de comprobar el funcionamiento efectivo del módulo, constatando la eficiencia que éste brindará al ser instalado en el Refugio Nuevos Horizontes de la Reserva Ecológica Los Illinizas

## **Recomendaciones**

- El módulo de control debe ser instalado en un lugar adecuado, donde que solo la persona indicada tenga la facilidad de controlar el sistema, de esta manera se evita que personas ajenas manipulen el equipo y lo averíen.
- Una vez concluido con el dimensionamiento tanto de paneles solares como del aerogenerador, se recomienda que las personas encargas del sitio de ejecución de esta propuesta tecnológica continúen con la ejecución del proyecto en lo referente a la dotación de materiales y equipos a ser utilizados.
- Para una mejor precisión en el diseño, lo mas apto es contar con un estudio en el que contenga una amplia recolección de datos, ya que los obtenidos pueden variar acorde a la situación climatológica del sitio.
- Se sugiere dar mantenimiento al módulo cada cierto tiempo, esto dependerá de las condiciones que se presenten en el lugar de instalación, ya que debido a factores como son la humedad, bajas temperaturas, pueden ocasionar el deterior del sistema y sus componentes.
- El sistema fotovoltaico que dota de energía al circuito de control principal debe ser instalado en un sitio estratégico en donde exista constante radiación solar, debido a que este no debe dejar de funcionar por su oficio de enviar datos.
- Finalmente, como se habla de un sistema de energías renovables hay que hacer énfasis en el uso limitado que tiene el generador a combustión, éste solo se lo encenderá en caso de que se presente una emergencia de gran magnitud.

## 8. REFERENCIAS

- [1] E. Alcor, *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*, Sevilla: Editorial Progreso, 2008.
- [2] C. Ponce, L. A. García, R. Ñeco y R. A. Valenzuela, «Diseño de un sistema Híbrido eólico solar para suministro de energía eléctrica a zona rural en el estado de Chihuahua,» Culcyt, Mexico D.F, 2011.
- [3] P. Anderson, «Power System Control and Stability,» *IEEE Press Wiley-Interscience*, vol. 2, n° 5, p. 978, 2003.
- [4] J. R. Benitez, «Nuevos enfoques para la generación distribuida,» Instituto IDEAL, Asunción, 2013.
- [5] D. Yamegueu; Y. Azoumah, «Experimental study of electricity generation by solar PV/ diesel hybrid systems without battery storage for off grid areas, *Renewable Energy*,» *IEEE Trans Ind Electron* , vol. 5, n° 7, pp. 1453-1460, 2011.
- [6] A. P. J. M. Rodrigo Pérez, «Optimización de sistemas híbridos de energía para la electrificación rural de comunidades indígenas de México.,» Editorial Progreso, México D.F, 2011.
- [7] X. Tang, W. Deng y Z. Qi, «Investigation of the dynamic stability of microgrid.,» *Power Systems, IEEE Transactions on*, vol. 2, n° 29, pp. 698-706, 2014.
- [8] L. G. Baeza, «ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO/ECONÓMICA DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA ESCUELAS DE QUINCHAO,» Editorial Duqueza , Santiago de Chile , 2013.
- [9] F. Bonnano y G. Patane, «Energy management optimization of integrated generation systems by fuzzy logic control,» *IEEE International Conference on Control Applications*, vol. 2, n° 6, pp. 969-974, 1998.
- [10] N. Hatziargyriou, «Energy Management and control of island power system with increased penetration from renewable sources.,» *IEEE Power Engineering Society*, vol. 1, n° 11, pp. 335-339, 2002.
- [11] J. M. Aldeán, «Las fuentes de energía renovables y su influencia en el cambio de matriz energética.,» *Repositorio Dspace*, vol. 13, n° 2, p. 139, 2014.
- [12] P. M. D. ELECTRIFICACION, «ARCONEL,» 30 Octubre 2007. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/plan-maestro-de-electrificacion-2007-2016/#>. [Último acceso: 20 Noviembre 2019].

- [13] G. H. Glynn Henry, *Ingeniería Ambiental*, México DF.: Pearson Educación, 1999.
- [14] Eco-Inventos, «Energías Renovables,» *Green Technology*, 21 Agosto 2011. [En línea]. Available: <https://ecoinventos.com/energias-renovables/>. [Último acceso: 15 Octubre 2019].
- [15] M. P. Aguilar, «Análisis del Déficit tarifario eléctrico ecuatoriano para el período 2008-2012.,» *Alternativas de eficiencia energética y económica*, vol. 1, n° 3, p. 73, 2014.
- [16] E. Chile, «Aprende con Energía,» 11 Julio 2015. [En línea]. Available: <https://www.aprendeconenergia.cl/el-sol-una-constante-fuente-de-energia/>. [Último acceso: 27 Noviembre 2019].
- [17] J. Lorente, «La radiación solar,» *Meteorológica*, Barcelona, 2010.
- [18] C. A. Chachapoya, «Estudio técnico-económico para el suministro de electricidad de baja potencia a través de energía eólica.,» *Pastoral*, Riobamba, 2011.
- [19] J. M. Escudero, «Manual de energía eólica,» *Mundi-Prensa*, Madrid, 2004.
- [20] ARCONEL, «Plan de Expansión de la Generación.,» 11 Junio 2011. [En línea]. Available: <http://www.conelec.gob.ec>. [Último acceso: 19 Noviembre 2019].
- [21] Enerpro, «Energías Renovables,» *Gestión de energía inteligente*, vol. 2, n° 7, p. 35, 2010.
- [22] M. Villarrubia, «Ingeniería de la energía eólica,» *Marcombo*, Barcelona, 2012.
- [23] R. Futuros, «Energía Eólica,» *Energía Renovables*, vol. 1, n° 3, p. 40, 2013.
- [24] L. Consumer, «Energía generada por el viento,» *Energías en España*, vol. 3, n° 5, p. 25, 2008.
- [25] P. L. Paul Gilman, «Micropower System Modeling with Homer,» *National Renewable Energy Laboratory*, vol. 4, n° 11, p. 40, 2006.
- [26] SENACYT, «Desarrollo de un sistema híbrido de generación eléctrica para aplicaciones en áreas rurales.,» *ASK*, Quito, 2010.
- [27] V. C. Herrera, «Sistema híbrido eólico-fotovoltaico para la generación de energía eléctrica.,» *Agua Santa*, Ambato, 2011.
- [28] J. A. Guacaneme, «Generación híbrida de energía eléctrica como alternativa para zonas no interconectadas.,» *Ciencia, Investigación, Academia y Desarrollo*, vol. 12, n° 1, p. 7, 2007.

- [29] D. V. SAG, «Tipos de Paneles Fotovoltaicas,» 14 Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares>. [Último acceso: 21 Noviembre 2019].
- [30] E. Pais, «Energía Solar Fotovoltaica,» 18 Febrero 2011. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_fotovoltaico](https://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico). [Último acceso: 31 Octubre 2019].
- [31] F. Org, *Paneles Solares*, Valencia: Velero, 2011.
- [32] C. Honsberg y S. Bowden, *La posición del sol*, Argentina: PVEDUCACION, 2017.
- [33] C. Honsberg, *Estructura de la célula solar*, Santiago: PVEDUCATION, 2017.
- [34] SACLIMA, *Condiciones climáticas*, Barcelona: SAKEDARTE, 2015.
- [35] M. Guevara, «Sistema híbrido de generación de energía eléctrica eólico-fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico demandado por un edificio habitacional,» Prodesco, México D.F., 2013.
- [36] D. Bermeo, «DISEÑO DE UN SISTEMA AUTÓNOMO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA HÍBRIDO SOLAR-EÓLICO PARA ELECTRIFICACIÓN DOMICILIARIA.,» Delco, Loja, 2013.
- [37] M. Barrio, «Sistema de Almacenamiento baterías,» Técnicas Marcombo, Buenos Aires, 2012.
- [38] I. A. Coronel, *Estudio de sistema híbrido con seguimiento solar para la comunidad de Yuwints en el Oriente Ecuatoriano*, Leiria: Works Ask, 2017.
- [39] F. Fernández, *Anemómetro*, Cordova: Ask.com, 2011.
- [40] F. Bautista, *Piranómetro con DatLogger*, Santiago: SENSOVANT, 2017.
- [41] M. Khorassani, «A facile synthesis of stable phosphorus ylides derived from harmin, harman, and carbazole,» *Phosphorus, sulfur silicon relat. Elem*, vol. 181, n° 3, pp. 567-572, 2015.
- [42] Robotshop, «Arduino,» *Arduino Mega 2560 Datasheet*, pp. 1-7, 2015.
- [43] E. Formaci, *Display*, Quito: Permany, 2012.
- [44] NAYLAMP, *Modulo Serial ESP\_01*, Trujillo : Mechatronics, 2016.
- [45] DUALTRONICA, *Sensor de corriente wcs1800*, Santiago: DILECTOR, 2017.

- [46] NAYLAMP, «Transformador de voltaje AC-ZMPT101B,» Naylamp Mechatronics, Trujillo, 2016.
- [47] A. Electronics, *Módulo relé 4 Canales*, Quito: Pololu, 2015.
- [48] E. Overview, «Esp8266Ex,» *IEEE*, vol. 1, n° 5, p. 17, 2016.
- [49] B. Espinoza, *Transistores de Potencia*, Buenos Aires : SNUBBER, 2015.
- [50] M. E. Raffino, «Fuente de alimentación,» 24 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://concepto.de/fuente-de-alimentacion/>. [Último acceso: 21 Noviembre 2019].
- [51] E. Romo, «Diodos de Potencia,» Education, Bogotá, 2014.

## 9. ANEXOS.

### Anexo I. Diagramas esquemáticos del sistema de control y monitoreo.

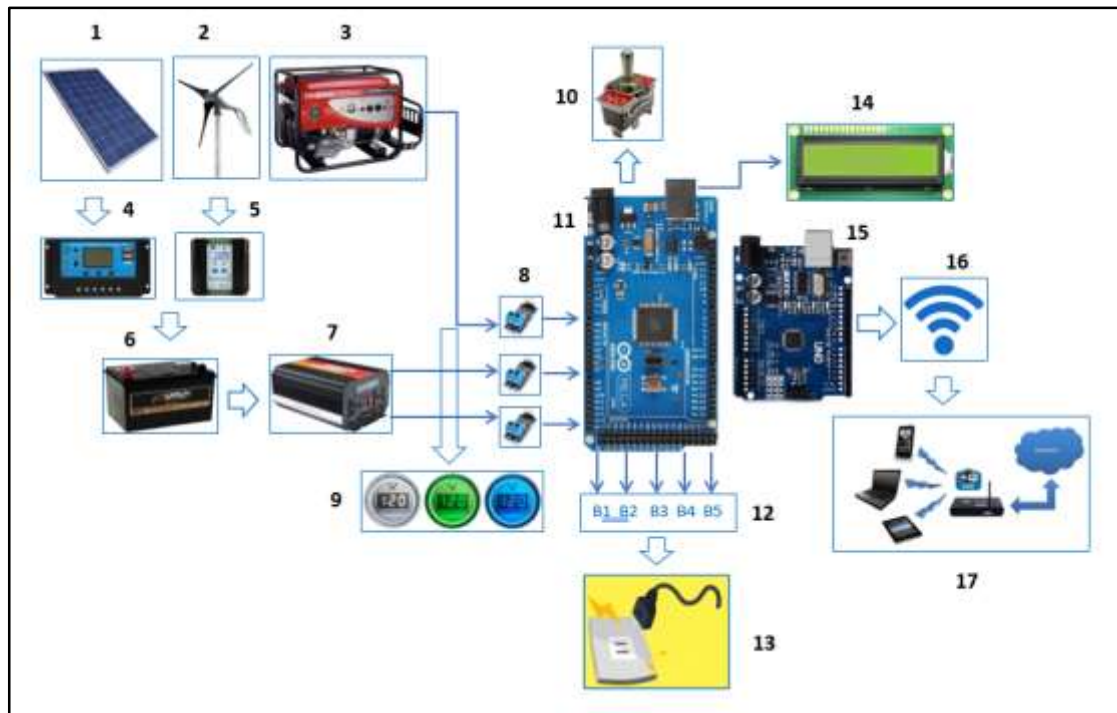


Figura 55. Diagrama esquemático del sistema de control.

- 1) Energía Solar (Paneles Fotovoltaico)
- 2) Energía eólica (Aerogenerador)
- 3) Generador de Combustión
- 4) Controlador solar
- 5) Controlador eólico
- 6) Banco de baterías
- 7) Inversor
- 8) Sensores de voltaje
- 9) Voltímetros digitales
- 10) Switch de encendido y apagado del sistema
- 11) Arduino MEGA
- 12) Botones de funcionamiento
- 13) Salida de cargas
- 14) Pantalla de control
- 15) Arduino UNO
- 16) Control de envío de datos

17) Página Web / Aplicación móvil

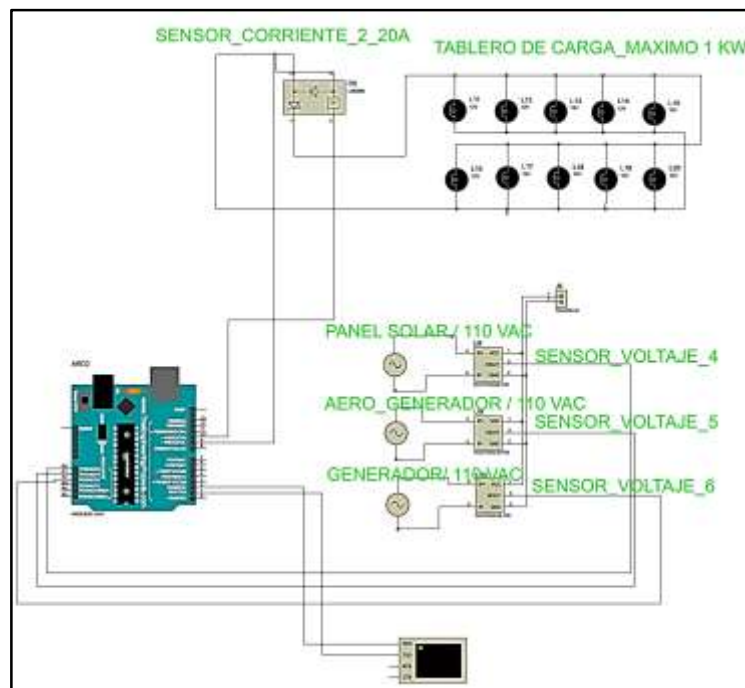
**Anexo II.** Visualización de datos en el display.

En la siguiente figura se aprecia claramente que los datos requeridos se encuentran funcionando acorde al nivel de potencia de las cargas y el nivel máximo que tiene el sistema, en este caso tenemos una potencia límite de 1kW referente al sistema y 16,72W acorde a la carga consumida.



**Figura 56.** Visualización de datos.

**Anexo III.** Envío de datos



**Figura 57.** Envío de datos a la Web.

#### Anexo IV. Cálculo de paneles solares

**Tabla 9.** Recopilación de datos solares obtenidos.

Fecha	Radiación (kW/m <sup>2</sup> )	HSP
03/10/2019	0,75	3,75
04/10/2019	1,12	5,6
05/10/2019	0,672	3,36
06/10/2019	1,54	7,7
08/10/2019	0,815	4,05
09/10/2019	0,986	4,9
10/10/2019	0,324	1,6
11/10/2019	0,785	3,9
12/10/2019	0,806	4
13/10/2019	1,05	5,25
14/10/2019	0,986	4,9
15/10/2019	1,015	5,075
16/10/2019	1,412	2,05
17/10/2019	0,866	4,3
18/10/2019	0,795	3,95
19/10/2019	1,1	5,5
20/10/2019	1,346	6,7
21/10/2019	0,721	3,6
22/10/2019	1,466	7,3
23/10/2019	0,875	4,35
24/10/2019	1,453	7,25

25/10/2019	0,883	4,4
26/10/2019	0,907	4,5
27/10/2019	0,411	2,05
28/10/2019	0,918	4,55
29/10/2019	1,059	5,29
30/10/2019	0,368	1,8
31/10/2019	0,769	3,8
01/11/2019	1,03	5,15
02/11/2019	0,589	2,94
03/11/2019	0,86	4,3
<b>04/11/2019</b>	<b>0,25</b>	<b>1,25</b>
05/11/2019	0,687	3,4
06/11/2019	1,403	7
07/11/2019	0,906	4,5
08/11/2019	0,268	1,3
09/11/2019	1,751	8,78
10/11/2019	0,674	3,35
11/11/2019	0,967	4,8
12/11/2019	1,08	5,4
13/11/2019	0,54	2,7
14/11/2019	0,875	4,35
15/11/2019	1,614	8,05

**Fuente:** Los autores.

**Tabla 10.** Caída de voltaje en los conductores

Componentes	% de caída
Generador -Regulador/inversor	<3%
Regulador – Batería	<1%
Inversor – Batería	<1%
Regulador – Inversor	<1%
Inversor/regulador – equipos	<3%

## Anexo V. Dimensionamiento del aerogenerador

**Tabla 11.** Recopilación de datos eólicos obtenidos.

<b>Fecha</b>	<b>Velocidad del viento m/s</b>		
03/10/2019	5,4	25/10/2019	6,9
04/10/2019	7,3	26/10/2019	4,8
05/10/2019	6,7	27/10/2019	3,6
06/10/2019	8,3	28/10/2019	11,8
08/10/2019	5,1	29/10/2019	10,4
09/10/2019	5,9	30/10/2019	6,2
10/10/2019	6,8	31/10/2019	4,7
11/10/2019	6,3	01/11/2019	6,1
12/10/2019	7,7	02/11/2019	6,7
13/10/2019	8,2	03/11/2019	7,9
14/10/2019	9,5	04/11/2019	8,4
15/10/2019	4,8	05/11/2019	5,1
16/10/2019	10,4	06/11/2019	8,5
17/10/2019	5,3	07/11/2019	10,3
18/10/2019	2,9	08/11/2019	9,4
19/10/2019	7,1	09/11/2019	9,9
20/10/2019	4,6	10/11/2019	3,8
21/10/2019	8,6	11/11/2019	4,5
22/10/2019	6,7	12/11/2019	6,3
23/10/2019	7,2	13/11/2019	8,9
24/10/2019	9,1	14/11/2019	7,6
		15/11/2019	5,5
		<b>PROMEDIO</b>	<b>7,004651163</b>

**Fuente:** Los autores



```

int buttonState2 = 0;
int buttonState3 = 0;
int buttonState4 = 0;
int rele200=30;
int rele500=32;
int rele1000=34;

int releA200=22;

int alarma1=38;
int alarma2=40;
int alarma3=42;
int BUZZER=44;

int estado =0;
int estado1 =0;
int estado2 =0;
int estado3 =0;
int estado4 =0;

int paso500=0;
int paso1kw=0;
int paso100=0;
int paso100_1=0;

// :::::::::::::::::::::::::::::::::::://

void setup() {
Serial.begin(9600);
lcd.begin(16, 2);
//PARAMETRO SENSOR DE VOLTAJE//
//sensor 1//
volt_multi_p = volt_multi * 1.4142;
//Voltaje pico= Voltaje RMS * 1.4142
(Corriente Monofasica)
volt_multi_n = volt_multi_p * -1;
//sensor 2 //
volt_multi_p2 = volt_multi2 * 1.4142;
//Voltaje pico= Voltaje RMS * 1.4142
(Corriente Monofasica)
volt_multi_n2 = volt_multi_p2 * -1;
//sensor 3//
volt_multi_p3 = volt_multi3 * 1.4142;
//Voltaje pico= Voltaje RMS * 1.4142
(Corriente Monofasica)
volt_multi_n3 = volt_multi_p3 * -1;
//:::::::::::::::::::::::::::::::::://

//DEFINIR TIPO DE SALIDA//
pinMode(buttonPin, INPUT);
pinMode(buttonPin1, INPUT);
pinMode(buttonPin2, INPUT);
pinMode(buttonPin3, INPUT);
pinMode(buttonPin4, INPUT);

pinMode(rele200, OUTPUT);
pinMode(rele500, OUTPUT);
pinMode(rele1000, OUTPUT);
pinMode(releA200, OUTPUT);

pinMode(BUZZER, OUTPUT);
digitalWrite(rele200,HIGH);
digitalWrite(rele500,HIGH);
digitalWrite(rele1000,HIGH);

```



```

Serial.println("W");

//:.....://

//LECTURA ESTADO PULSADOR//
buttonState = digitalRead(buttonPin);
buttonState1 = digitalRead(buttonPin1);
buttonState2 = digitalRead(buttonPin2);
buttonState3 = digitalRead(buttonPin3);
buttonState4 = digitalRead(buttonPin4);
delay(3000);
//ONDICIONAL//
//***** Si pulso Automatico*****//
if(buttonState==HIGH){ //si el boton es
pulsado
    delay(10);
    estado=1;

    lcd.clear();
    lcd.print(" SELECCIONO ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(" AUTOMATICO ");
    delay(3000);
    Serial.print(estado);
}
if(estado==1) {

    delay(100);
    if ((
    volt_rms>=90)&&(P<=70)&&(paso100==0
    ))
    {
        digitalWrite(rele200,LOW);
        digitalWrite(alarma1,HIGH);
        lcd.clear();
        lcd.print(" MAX_POT_200 W ");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("P=");
        lcd.setCursor(3,1);
        lcd.print(P);
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print("W");

        }else {
            paso500=1;

            digitalWrite(rele200,HIGH);
            digitalWrite(alarma1,LOW);
            paso100=1;

            if (( volt_rms2>=90)&&(P<=100)&&
            (paso500==1))
            {
                delay(1000);
                digitalWrite(rele500,LOW);
                digitalWrite(alarma2,HIGH);
                lcd.clear();
                lcd.print(" MAX_POT_500 W ");
                lcd.setCursor(0,1);
                lcd.print("P=");
                lcd.setCursor(3,1);
                lcd.print(P);
                lcd.setCursor(9,1);
                lcd.print("W");
            }
        }
    }
}

```

```

}else{

    paso500=0;
    paso100=1;
    paso1kw=1;
    digitalWrite(rele500,HIGH);
    digitalWrite(alarma2,LOW);

if ( (
volt_rms3>=100)&&(P<=125)&&(paso1kw
==1))
{

    delay(1000);

    digitalWrite(rele1000,LOW);
    digitalWrite(alarma3,HIGH);
    lcd.clear();
    lcd.print(" MAX_POT_1kW ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("P=");
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print(P);
    lcd.setCursor(9,1);
    lcd.print("W");
}else{
    digitalWrite(rele1000,HIGH);
    digitalWrite(alarma3,LOW);
    lcd.clear();
    lcd.print("PELIGRO_PRECAUCI");
    lcd.setCursor(0,1);

    lcd.print("REINICIE_SISTEMA");
    digitalWrite(BUZZER,HIGH);
    paso1kw=0;
    paso500=0;
    paso100=0;
    estado=0;

}
}
}

//***** Si pulso MANUAL*****//
if(buttonState1==HIGH){
//SELECCION MANUAL
    delay(10);
    estado1=1;
    lcd.clear();
    lcd.print("SELECCION_MANUAL");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("ELIJA_POTENCIA");
    delay(3000);
    lcd.clear();
    lcd.print("BUTTON3=200W");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("B4=500W B5=1KW ");
    Serial.print(estado);
}

if(buttonState2==HIGH){
//PULSADOR RELE200
    delay(10);
    estado2=1;
    lcd.clear();

```

```

lcd.print("200 W ");
Serial.print(estado);
}
if(buttonState3==HIGH){
//PULSADOR RELE 5000
delay(10);
estado3=1;
lcd.clear();
lcd.print("500 W");
Serial.print(estado);
}
if(buttonState4==HIGH){
//PULSADOR RELE 1000
delay(10);
estado4=1;
lcd.clear();
lcd.print("1 kW");
Serial.print(estado);
}

//control manual 200 w //

if((estado1==1)&&(estado2==1)) {

delay(100);
if ((
volt_rms>=90)&&(P<=70)&&(estado3==0)
&&(estado4==0))
{
delay(1000);
digitalWrite(rele200,LOW);

digitalWrite(alarma1,HIGH);

```

```

lcd.clear();
lcd.print(" MAX_POT_200 W ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("P=");
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(P);
lcd.setCursor(9,1);
lcd.print("W");
}else{
digitalWrite(rele200,HIGH);
digitalWrite(alarma1,LOW);
estado2=0;
delay(100);
digitalWrite(BUZZER,HIGH);
delay(3000);
lcd.clear();
lcd.print("AUMENTE_POTENCIA");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("B4=500 W B5=1kW ");
delay(100);
}
}

//control manual 500 w //
if((estado1==1)&&(estado3==1)&&(estado
2==0)&&(estado4==0)) {

delay(100);
if (( volt_rms2>=90)&&(P<=100))
{
delay(1000);
digitalWrite(BUZZER,LOW);
digitalWrite(rele500,LOW);
digitalWrite(alarma2,HIGH);

```

```

lcd.clear();
lcd.print(" MAX_POT_500 W ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("P=");
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(P);
lcd.setCursor(9,1);
lcd.print("W");
}else{
digitalWrite(rele500,HIGH);
digitalWrite(alarma2,LOW);
estado3=0;
delay(100);
digitalWrite(BUZZER,HIGH);
delay(3000);
lcd.clear();
lcd.print("AUMENTE_POTENCIA");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" B5=1kW ");
delay(100);
}
}
//CONTROL 1KW//
if((estado1==1)&&(estado4==1)&&(estado
3==0)&&(estado2==0)) {

delay(1000);
if (( volt_rms3>=100)&&(P<=120))
{
delay(100);
digitalWrite(BUZZER,LOW);
digitalWrite(rele1000,LOW);
digitalWrite(alarma3,HIGH);

```

```

lcd.clear();
lcd.print(" MAX_POT_1 kW ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("P=");
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(P);
lcd.setCursor(9,1);
lcd.print("W");
}else{
digitalWrite(rele1000,HIGH);
digitalWrite(alarma2,LOW);
estado4=0;
delay(100);
digitalWrite(BUZZER,HIGH);
delay(3000);
lcd.clear();
lcd.print(" PELIGRO ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" PRECAUCION ");
delay(100);
}
}
//delay(500);
//PARAMETRO SENSOR DE VOLTAGE//
//sensor 1 //
float get_voltage(void)
{
float adc_sample;
float volt_inst=0;
float Sumatoria=0;
float volt;
long tiempo_init=millis();
int N=0;

```

```

while( (millis() - tiempo_init) <
500)//Duración 0.5 segundos(Aprox. 30
ciclos de 60Hz)
{
//adc_sample = analogRead(A0) -
510;////voltaje del sensor
//volt_inst = map(adc_sample,-188,188,-
310,310);

adc_sample = analogRead(A0); //voltaje
del sensor
volt_inst =
map(adc_sample,adc_min,adc_max,volt_mu
lti_n,volt_multi_p);
Sumatoria = Sumatoria+sq(volt_inst);
//Sumatoria de Cuadrados
N = N+1;
delay(1);
}

//Serial.print("N: ");
//Serial.println(N);

volt=sqrt((Sumatoria)/N); //ecuación del
RMS
return(volt);
}

//sensor 2 //
float get_voltage2(void)
{
float adc_sample;

```

```

float volt_inst=0;
float Sumatoria=0;
float volt;
long tiempo_init=millis();
int N=0;

while( (millis() - tiempo_init) <
500)//Duración 0.5 segundos(Aprox. 30
ciclos de 60Hz)
{
//adc_sample = analogRead(A0) -
510;////voltaje del sensor
//volt_inst = map(adc_sample,-188,188,-
310,310);

adc_sample = analogRead(A7); //voltaje
del sensor
volt_inst =
map(adc_sample,adc_min2,adc_max2,volt_
multi_n2,volt_multi_p2);
Sumatoria = Sumatoria+sq(volt_inst);
//Sumatoria de Cuadrados
N = N+1;
delay(1);
}

//Serial.print("N: ");
//Serial.println(N);

volt=sqrt((Sumatoria)/N); //ecuación del
RMS
return(volt);
}

```

```

//sensor 3//

float get_voltage3(void)
{
  float adc_sample;
  float volt_inst=0;
  float Sumatoria=0;
  float volt;
  long tiempo_init=millis();
  int N=0;

  while( (millis() - tiempo_init) <
500)//Duración 0.5 segundos(Aprox. 30
ciclos de 60Hz)
  {
    //adc_sample = analogRead(A0) -
510;///voltaje del sensor
    //volt_inst = map(adc_sample,-188,188,-
310,310);

    adc_sample = analogRead(A6); //voltaje
del sensor
    volt_inst =
map(adc_sample,adc_min3,adc_max3,volt_
multi_n3,volt_multi_p3);
    Sumatoria = Sumatoria+sq(volt_inst);
//Sumatoria de Cuadrados
    N = N+1;
    delay(1);
  }

  //Serial.print("N: ");

```

```

//Serial.println(N);

  volt=sqrt((Sumatoria)/N); //ecuación del
RMS
  return(volt);
}

//:.....//

//PARAMETRO      SENSOR      DE
CORRIENTE//

float get_corriente()
{
  float voltajeSensor;
  float corriente=0;
  long tiempo=millis();
  float Imax=0;
  float Imin=0;
  while(millis()-tiempo<500)//realizamos
mediciones durante 0.5 segundos
  {
    voltajeSensor = analogRead(A1) * (5.0 /
1023.0);//lectura del sensor

    corriente=0.9*corriente+0.1*((voltajeSensor
-2.460)/Sensibilidad); //Ecuación para
obtener la corriente
    if(corriente>Imax)Imax=corriente;
    if(corriente<Imin)Imin=corriente;
  }
  return(((Imax-Imin)/2)-offset);
}

```

## Anexo VII. Programación de envío de datos

```
float Sensibilidad=0.101; //sensibilidad en
V/A para nuestro sensor
float offset=0.100; // Equivale a la amplitud
del ruido
//sensor 1 //
int adc_max=698; //Reemplazar por
valor adc_max entregado por el sketch:
volt_ac_cal
int adc_min=319; //Reemplazar por valor
adc_min entregado por el sketch:
volt_ac_cal
float volt_multi=125; //Reemplazar por el
"voltaje ac rms" entregado por un
multimetro
float volt_multi_p;
float volt_multi_n;
//sensor 2 //
int adc_max2=696; //Reemplazar por
valor adc_max entregado por el sketch:
volt_ac_cal
int adc_min2=326; //Reemplazar por
valor adc_min entregado por el sketch:
volt_ac_cal
float volt_multi2=128; //Reemplazar por el
"voltaje ac rms" entregado por un
multimetro
float volt_multi_p2;
float volt_multi_n2;
//sensor 3//
int adc_max3=703; //Reemplazar por
valor adc_max entregado por el sketch:
volt_ac_cal
int adc_min3=316; //Reemplazar por
valor adc_min entregado por el sketch:
volt_ac_cal
float volt_multi3=128; //Reemplazar por el
"voltaje ac rms" entregado por un
multimetro
float volt_multi_p3;
float volt_multi_n3;
// Librería para usar SoftwareSerial
#include <SoftwareSerial.h>
#include <DHT.h>
SoftwareSerial espSerial =
SoftwareSerial(2,3); // arduino RX pin=2
arduino TX pin=3
// Conecte el pin 2 al pin TX del ESP8266 -
Conecte el pin 3 al pin RX del ESP8266
#define DHTPIN 5 // Conecte el
pin de datos al pin 5 del Arduino
#define DHTTYPE DHT22 //defina el tipo
de sensor
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //crear
objeto DHT
String apiKey = "YYOXUT4S120QVF14";
// Replace con el API KEY WRITE de
ThingSpeak
String ssid="Ing. Eléctrica"; // Wifi
network SSID
String password ="alexis777"; // Wifi
network password
//tiempoRespuesta
waitTime){
long t=millis();
```

```

char c;
while (t+waitTime>millis()){
  if (espSerial.available()){
    c=espSerial.read();
    if (DEBUG) Serial.print(c);
  }
}
//=====
boolean thingSpeakWrite(float volt_rms,
float volt_rms2,float volt_rms3,float P){
  String cmd =
"AT+CIPSTART="TCP",""; //
Conexión TCP
cmd += "184.106.153.149"; // ip de la
pagina thingspeak //
api.thingspeak.com
cmd += "\",80";
espSerial.println(cmd); //Mandar datos
seriales al ESP8266
Serial.println(cmd);
if (DEBUG) Serial.println(cmd);
if(espSerial.find("Error")){
  if (DEBUG)
Serial.println("AT+CIPSTART error");
  return false;
}
String getStr = "GET /update?api_key=";
// Prepara el String GET a mandar
getStr += apiKey;
getStr += "&field1=";
getStr += String(volt_rms);//convertir de
flotante a String
getStr += "&field2=";

```

```

getStr += String(volt_rms2);
getStr += "&field3=";
getStr += String(volt_rms3);
getStr += "&field4=";
getStr += String(P);
// ...
getStr += "\r\n\r\n";
// enviar la longitud de la cadena
cmd = "AT+CIPSEND=";
cmd += String(getStr.length());
espSerial.println(cmd);
if (DEBUG) Serial.println(cmd);

delay(100);
if(espSerial.find(">")){//si Ok envíe la
cadena de GET
  espSerial.print(getStr);
  if (DEBUG) Serial.print(getStr);
}
else{
  espSerial.println("AT+CIPCLOSE");
  // Que el usuario sepa que no se están
enviando datos
  if (DEBUG)
Serial.println("AT+CIPCLOSE");
  return false;
}
return true;
}
//=====
=====
===== setup
void setup() {

```

```

//sensor 1//
  volt_multi_p = volt_multi * 1.4142;
//Voltaje pico= Voltaje RMS * 1.4142
(Corriente Monofasica)
  volt_multi_n = volt_multi_p * -1;
//sensor 2 //
  volt_multi_p2 = volt_multi2 * 1.4142;
//Voltaje pico= Voltaje RMS * 1.4142
(Corriente Monofasica)
  volt_multi_n2 = volt_multi_p2 * -1;
//sensor 3//
  volt_multi_p3 = volt_multi3 * 1.4142;
//Voltaje pico= Voltaje RMS * 1.4142
(Corriente Monofasica)
  volt_multi_n3 = volt_multi_p3 * -1;

Serial.begin(9600);
Serial.begin(115200);
dht.begin();           // Empiece la
comunicación con el sensor DHT11
  espSerial.begin(115200); // Habilite la
comunicación serial
                        //La velocidad probable del
módulo ESP8266 es 115200 bauds
                        // Por esa razón se debe
configurar primero esta velocidad (115200)
y correr el programa las líneas de código
                        // a continuación cambian la
velocidad pero necesitan que se les quite el
comentario.

```

```

// Corra el código con las
siguientes líneas descomentadas y luego
vuelva a correr pero cambiando 115200 por
                        //9600 y volviendo a
comentar las líneas
  //espSerial.println("AT+RST");           //
Habilite estas líneas para resetear el módulo
  //tiempoRespuesta(1000);

//espSerial.println("AT+UART_CUR=9600
,8,1,0,0"); // Habilite estas líneas para
configurar el módulo con velocidad de 9600
  //tiempoRespuesta(1000);
  espSerial.println("AT+CWMODE=1"); //
Configure el ESP8266 como cliente
  showResponse(1000);

espSerial.println("AT+CWJAP=\""+ssid+"\"
","\"+password+"\""); // Configure el SSID
y password para conexión WIFI
  showResponse(5000);
  if (DEBUG) Serial.println("Setup
completed");
}

void loop() {
  // Lea los valores del sensor
  float t = dht.readTemperature();
  float h = dht.readHumidity();
//sensor 1//
  float volt_rms=get_voltage(); //Voltage
eficaz (V-RMS)
//sensor 2//

```

```

float volt_rms2=get_voltage2(); //Voltage
eficaz (V-RMS)

//sensor 3//
float volt_rms3=get_voltage3(); //Voltage
eficaz (V-RMS)

float Ip=get_corriente();//obtenemos la
corriente pico
float Irms=Ip*0.707; //Intensidad RMS =
Ipico/(2^1/2)
float P=Irms*220.0; // P=IV watts

if (isnan(volt_rms) || isnan(volt_rms2)||
isnan(volt_rms3)|| isnan(P)) {
    if (DEBUG) Serial.println("Failed to
read from DHT");
}
else {
    if (DEBUG)
Serial.println("Temp="+String(volt_rms)+"
*C");
    if (DEBUG)
Serial.println("Humidity="+String(volt_rms
2)+" %");
    if (DEBUG)
Serial.println("Humidity="+String(volt_rms
3)+" %");
    if (DEBUG)
Serial.println("Humidity="+String(P)+"
%");

```

```

thingSpeakWrite(volt_rms,volt_rms2,volt_r
ms3,P); // Escriba los valores a ThingSpeak
}
// thingspeak necesita al menos 15
segundos para actualizar
delay(16000);

//sensor 1 //
float get_voltage(void)
{
    float adc_sample;
    float volt_inst=0;
    float Sumatoria=0;
    float volt;
    long tiempo_init=millis();
    int N=0;

    while( (millis() - tiempo_init) <
500)//Duración 0.5 segundos(Aprox. 30
ciclos de 60Hz)
    {
        //adc_sample = analogRead(A0) -
510;////voltaje del sensor
        //volt_inst = map(adc_sample,-188,188,-
310,310);

        adc_sample = analogRead(A0); //voltaje
del sensor
        volt_inst =
map(adc_sample,adc_min,adc_max,volt_m
ulti_n,volt_multi_p);

```

```

    Sumatoria = Sumatoria+sq(volt_inst);
//Sumatoria de Cuadrados
    N = N+1;
    delay(1);
}

//Serial.print("N: ");
//Serial.println(N);

    volt=sqrt((Sumatoria)/N); //ecuación del
RMS
    return(volt);
//sensor 2 //
float get_voltage2(void)
    float adc_sample;
    float volt_inst=0;
    float Sumatoria=0;
    float volt;
    long tiempo_init=millis();
    int N=0;

    while( (millis() - tiempo_init) <
500)//Duración 0.5 segundos(Aprox. 30
ciclos de 60Hz)
        //adc_sample = analogRead(A0) -
510;///voltaje del sensor
        //volt_inst = map(adc_sample,-188,188,-
310,310);

        adc_sample = analogRead(A1); //voltaje
del sensor

```

```

    volt_inst =
map(adc_sample,adc_min2,adc_max2,volt_
multi_n2,volt_multi_p2);
    Sumatoria = Sumatoria+sq(volt_inst);
//Sumatoria de Cuadrados
    N = N+1;
    delay(1);
}
//Serial.print("N: ");
//Serial.println(N);

    volt=sqrt((Sumatoria)/N); //ecuación del
RMS
    return(volt);
}
//sensor 3//

float get_voltage3(void)
{
    float adc_sample;
    float volt_inst=0;
    float Sumatoria=0;
    float volt;
    long tiempo_init=millis();
    int N=0;

    while( (millis() - tiempo_init) <
500)//Duración 0.5 segundos(Aprox. 30
ciclos de 60Hz)
        {
            //adc_sample = analogRead(A0) -
510;///voltaje del sensor

```

```

    //volt_inst = map(adc_sample,-188,188,-
310,310);

    adc_sample = analogRead(A2); //voltaje
del sensor
    volt_inst =
map(adc_sample,adc_min3,adc_max3,volt_
multi_n3,volt_multi_p3);
    Sumatoria = Sumatoria+sq(volt_inst);
//Sumatoria de Cuadrados
    N = N+1;
    delay(1);
}
//Serial.print("N: ");
//Serial.println(N);

    volt=sqrt((Sumatoria)/N); //ecuación del
RMS
    return(volt);
float get_corriente()

```

```

{
    float voltajeSensor;
    float corriente=0;
    long tiempo=millis();
    float Imax=0;
    float Imin=0;
    while(millis()-tiempo<500)//realizamos
mediciones durante 0.5 segundos
    {
        voltajeSensor = analogRead(A1) * (5.0 /
1023.0);//lectura del sensor

        corriente=0.9*corriente+0.1*((voltajeSenso
r-2.460)/Sensibilidad); //Ecuación para
obtener la corriente
        if(corriente>Imax)Imax=corriente;
        if(corriente<Imin)Imin=corriente;
    }
    return(((Imax-Imin)/2)-offset);
}

```

## Anexo VIII. Funcionamiento del sistema.

### MANUAL DE OPERACIÓN

#### A. INTRODUCCIÓN.

Este manual de operación contiene la información sobre el funcionamiento, seguridad y precaución. Por favor lea la información cuidadosamente y observe estrictamente todas las advertencias y notas.



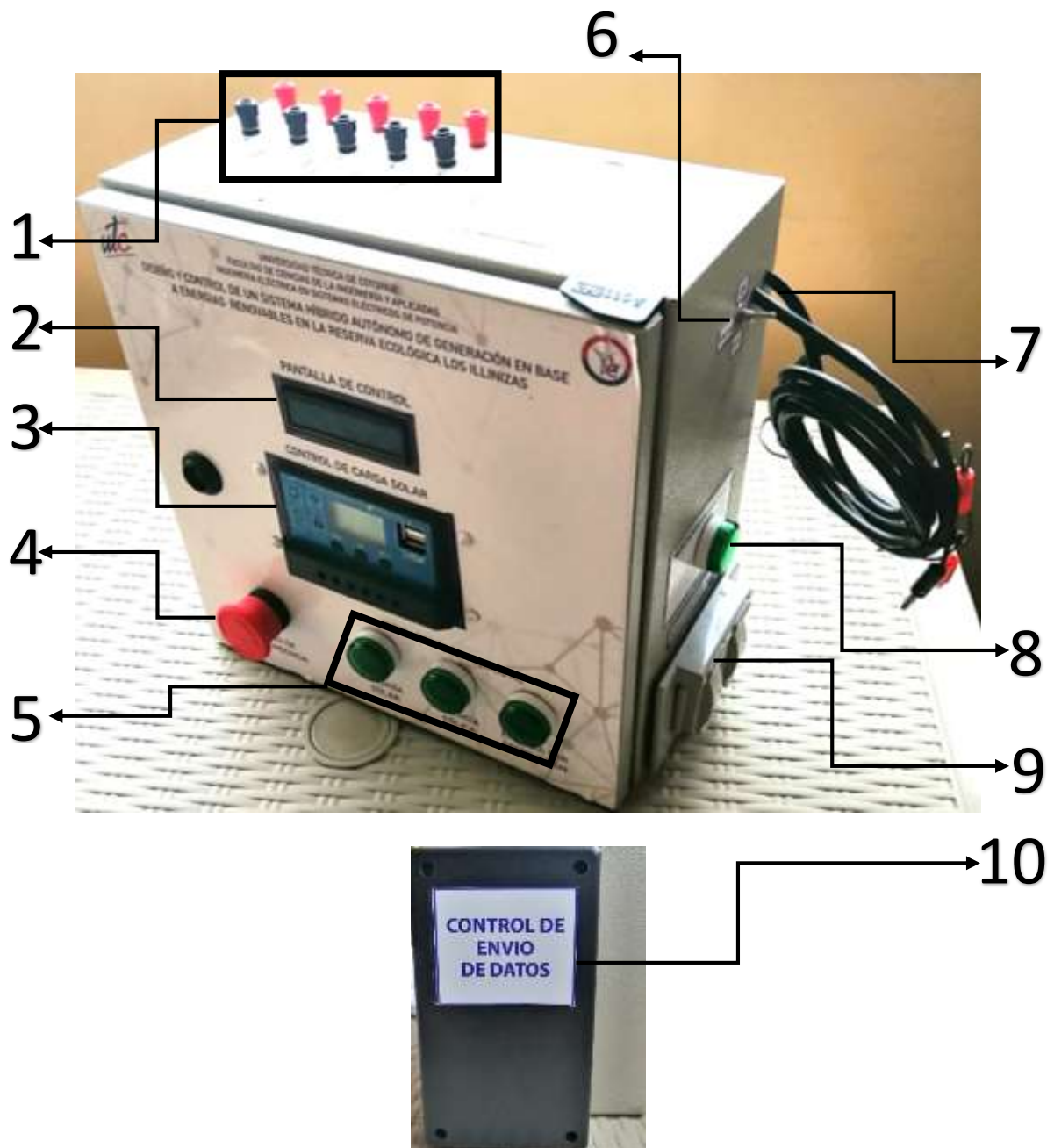
**Advertencia:** Para evitar un corto circuito o una lesión, lea cuidadosamente la “información de seguridad” conjuntamente con las “reglas para operar con seguridad” antes de usar o poner en funcionamiento el sistema de control.

#### B. ESTRUCTURA DEL MÓDULO DE CONTROL.

El sistema de control (al que ahora en adelante nos referiremos como “módulo de control”) es un equipo de control que consta de los siguientes elementos:

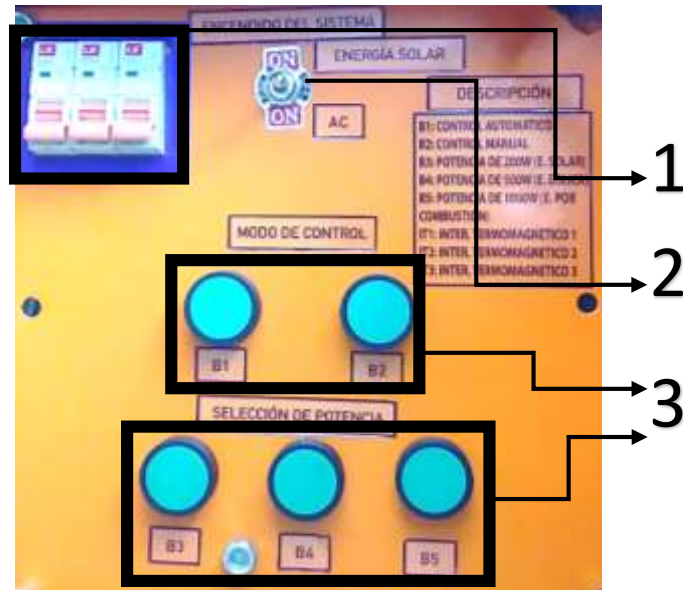
1. Entradas de voltaje provenientes de energía solar, eólica, generador a combustión y alimentación del circuito principal.
2. Pantalla de control
3. Control de carga solar
4. Paro de emergencia
5. Voltímetros digitales
6. Switch de encendido y apagado de la sirena de emergencia
7. Cables de alimentación del sistema solar para el funcionamiento del sistema de control
8. Indicador de voltaje de salida
9. Salida de voltaje para las respectivas cargas
10. Control de envío de datos

Todos estos elementos se encuentran en la parte exterior del módulo.



Mientras que en la parte interna se tiene los siguientes elementos:

1. Interruptores termomagnéticos de 6, 6, 10 amperios respectivamente.
2. Switch de encendido y apagado del sistema.
3. Pulsadores.



El sistema es confiable con funciones estables además de poseer una estructura moderna y adecuada para su fácil instalación y manipulación, garantizando el suministro constante de energía eléctrica para el uso de las cargas a instalarse.

### C. PROCEDIMIENTO DE INSPECCION ANTES DE SU INSTALACIÓN.

Revise cuidadosamente los siguientes puntos para ver si no hay piezas o elementos faltantes o que se encuentran con desperfectos.

**Tabla 1**

PUNTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Módulo de control	1
2	Manual de operación	1
3	Cables de conexión (rojo-negro)	5
4	Batería 12V, 7A	1
5	Panel solar 10W, 22V, 10A	1

En caso que hubiera un elemento faltante o dañado, por favor ponerse en contacto de inmediato con las personas encargadas de la realización del proyecto.

### D. INFORMACIÓN SOBRE SEGURIDAD.

- Este módulo cumple con el aislamiento necesario para evitar algún contacto de tipo eléctrico.
- Instalación en un sitio fijo

- Use el módulo solo como se especifica en este manual de operación, de otra manera la protección proporcionada para el sistema de control puede verse afectada.
- En este manual, una **Advertencia** identifica condiciones y acciones que pueden significar riesgos para el operador o en el peor de los casos se puede dañar el sistema de control o el módulo.
- Una **Nota** identifica la información a la que el operador debe prestar atención.

## **E. REGLAS PARA OPERAR CON SEGURIDAD.**



**Advertencia:** Para evitar un posible corto circuito o una lesión personal, y para evitar daños al sistema de control conjuntamente con el módulo; apéguese a las siguientes reglas:

- Antes de utilizar el sistema de control, inspeccione el módulo tanto externa como internamente.
- Ponga atención al aislamiento alrededor de los conectores de ingreso de voltaje.
- Inspeccione si existe algún daño en el aislamiento de los cables de conexión. En el caso de existir alguna anomalía, reemplace los cables dañados por otros del mismo modelo, calibre con sus respectivos colores de identificación.
- No aplique más voltaje que el especificado como se puede observar en las etiquetas del módulo de control.
- El switch debe colocarse en la posición correcta dependiendo de la alimentación al sistema de control ya sea por energía solar o corriente alterna.
- Verificar si la salida hacia las cargas se encuentra en perfecto estado.
- Use los terminales, funciones y rangos apropiados para su funcionamiento.
- No utilice o almacene el módulo de control en ambientes de alta temperatura, humedad, inflamables o fuertes campos magnéticos. El funcionamiento del sistema de control puede dañarse si se humedece.
- Al utilizar los cables de conexión, verificar los terminales Fase (rojo) y Neutro (negro) para evitar un posible corto circuito.
- En caso de alguna emergencia pulsar el Botón de paro.

## **F. SWITCH DE ENCENDIDO Y APAGADO DEL SISTEMA DE CONTROL.**

La tabla de abajo indica la información sobre las posiciones del switch en mención.

**Tabla 2.**

POSICIÓN DEL SWITCH	FUNCIÓN
OFF	Sistema de control apagado
ON (arriba)	Alimentación por energía solar
ON (abajo)	Alimentación por corriente alterna (AC)

Elija la posición del switch con la que desee que funcione el sistema de control.

**Nota:** Adicional al switch de encendido y apagado, el módulo de control posee un Botón de **Paro de emergencia** que se encuentra ubicado en la parte exterior.

### **G. BOTONES DE FUNCIÓN Y PROTECCION DEL SISTEMA.**

La siguiente tabla indica la información sobre las operaciones de los botones de función.

**Tabla 3**

PROCESO A SEGUIR	BOTÓN	OPERACIÓN QUE REALIZA
<b>1</b>	<b>IT1</b> Interruptor termomagnético 1	Protección de entrada de generación solar (2A)
<b>2</b>	<b>IT1</b> Interruptor termomagnético 2	Protección de entrada de generación eólica (6A)
<b>3</b>	<b>IT1</b> Interruptor termomagnético 3	Protección de entrada de generación por combustión (10A)
<b>4</b>	<b>B1</b> Control automático	Pulse el B1 para que el sistema por si solo seleccione de manera automática la potencia que suministrará a las cargas.
<b>5</b>	<b>B2</b> Control manual	Pulse el B2 para que el sistema empiece su funcionamiento de manera manual, luego seleccione la potencia que desee suministrar a las cargas.
<b>6</b>	<b>B3</b> Potencia de 200W (Energía Solar)	Pulse el B3 para que el sistema suministre hasta una potencia de 200W a las cargas que se encuentren conectadas en ese instante.

7	<b>B4</b> Potencia de 500W (Energía Eólica)	Pulse el B4 para que el sistema suministre hasta una potencia de 500W a las cargas que se encuentren conectadas en ese instante.
5	<b>B5</b> Potencia de 1000W (Energía por Combustión)	Pulse el B5 para que el sistema suministre hasta una potencia máxima de 1000W a las cargas que se desee conectar en caso de que exista alguna emergencia.

**Nota:** Luego de haber realizado las pulsaciones debidas en los botones, visualizar conjuntamente con la pantalla de control.



**Advertencia:** Para evitar un posible daño en los botones se debe obedecer a la nota mostrada a continuación.

**Nota:** Todos los botones deberán ser pulsados durante un tiempo de 5 segundos aproximadamente para su correcto funcionamiento.

## H. MODO DE FUNCIONAMIENTO.

- Se debe verificar que exista suministro de voltaje de entrada de las distintas fuentes de alimentación, el mismo que se comprobara de manera visual en los voltímetros digitales situados en la parte exterior del módulo, conjuntamente con los interruptores termomagnéticos activados (posición arriba)



- El suministro de energía para el control principal esta provisto desde una fuente de energía solar, también se lo puede alimentar directamente de una fuente de corriente alterna AC según los requerimientos para lo que sea utilizado el sistema.



- Una vez comprobada la existencia de voltaje, se procede al encendido del sistema de control. **Tabla 2**



- Posteriormente, el operador pondrá en funcionamiento el sistema de control acorde a sus necesidades. **Tabla 3**



- Para la comprobación de voltaje que será entregado a las cargas, en la parte lateral del módulo se encuentra instalado un tomacorriente enlazado a un voltímetro digital donde se podrá visualizar la existencia de dicho voltaje.



- El generador a combustión encargado de suministrar 1000W de potencia al sistema solo se encenderá en casos de emergencia.
- Todo el comportamiento del sistema podrá ser observado mediante la pantalla de control situada en la parte exterior del módulo, la misma que indicará el funcionamiento en ese instante.



- Además de la pantalla de control, también se puede observar el comportamiento del sistema a través del envío de datos en tiempo real a la web y una aplicación móvil (ThingView)
- Si se presenta alguna anomalía en el sistema, este podrá ser reiniciado sin presentar inconveniente alguno.
- Se debe tomar en cuenta que el módulo posee un sistema de alarma (sirena), la misma que entrara en operación cuando se detecte un exceso de potencia indicando al operador que debe disminuir ciertas cargas con la finalidad que el sistema se estabilice y se logre la desactivación de la sirena.

#### I. MODO DE REPOSO.

Para preservar la vida útil del sistema de control, cada cierto tiempo se debe dar mantenimiento a los sistemas de alimentación (solar, eólica, por combustión)

El sistema de control activara este modo cuando los interruptores termomagnéticos se encuentren desactivados (posición hacia abajo) cortando el paso de la corriente proveniente de los terminales de entrada.



## J. MANTENIMIENTO

Esta sección proporciona la información básica de mantenimiento y sus respectivas instrucciones.



**Advertencia:** No intente reparar el módulo de control a menos que este calificado para hacerlo, se debe contactar de inmediato con las personas encargadas de la elaboración del proyecto.

Anexo IX. Visualización de datos.

