

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UN GENERADOR DE ENERGÍA RENOVABLE HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO UBICADO EN EL SECTOR DE RÍO BLANCO COMUNIDAD DE YATZAPUTZÁN PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

AUTOR: Aldaz Toaza Alexis Abraham

TUTOR: Ing. Mauricio Carrillo, Mg.

**Ambato – Ecuador
2020**

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del proyecto técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UN GENERADOR DE ENERGÍA RENOVABLE HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO UBICADO EN EL SECTOR DE RÍO BLANCO COMUNIDAD DE YATZAPUTZÁN PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, elaborado por el señor Aldaz Toaza Alexis Abraham con cédula de ciudadanía 1804785580, ex alumno de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.
- Está concluido y puede continuar el trámite correspondiente

Atentamente,

Ambato, enero de 2020



Ing. Mg. Carrillo Rosero Carlos Mauricio

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Aldaz Toaza Alexis Abraham con cédula de ciudadanía 1804785580, declaro que todo el contenido del proyecto técnico de titulación con el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UN GENERADOR DE ENERGÍA RENOVABLE HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO UBICADO EN EL SECTOR DE RÍO BLANCO COMUNIDAD DE YATZAPUTZÁN PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, así como ideas de diseño, criterios, resultados, conclusiones y recomendaciones son de legítimos y de autoría propia.

Ambato, enero de 2020



.....
Aldaz Toaza Alexis Abraham

C.I. 1804785580

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales del Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice representando mi derecho de autor.

Ambato, enero de 2020



.....
Aldaz Toaza Alexis Abraham

C.I. 1804785580

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico realizado por el estudiante Aldaz Toaza Alexis Abraham de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UN GENERADOR DE ENERGÍA RENOVABLE HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO UBICADO EN EL SECTOR DE RÍO BLANCO COMUNIDAD DE YATZAPUTZÁN PROVINCIA DE TUNGURAHUA”.


Ambato, enero de 2020

Para constancia firman:



.....

Ing. Mg. Alex Mayorga



.....

Ing. Mg. Susana Valencia

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado en primer lugar a Dios el cual me dio fuerzas, aliento, ánimo y muchas bendiciones en el transcurso de ir cursando cada materia de cada semestre y hasta la culminación de mi trabajo final.

A mis padres Carlos Orlando Aldaz Ayme y Aida Beatriz Toaza Sisalema, quienes son el pilar fundamental para lograr este objetivo trazado durante mi vida, quienes cada día me brindaron el apoyo económico y emocional juntamente con el amor de padres, dándome sus palabras de aliento de ser mejor y de no rendirme a pesar de los obstáculos o que tan difíciles se puedan poner las cosas.

A mis hermanos Karen, Jacob y Andres quienes me apoyaron en todo sentido durante mi vida universitaria, siguiendo el ejemplo de mi hermana mayor de alcanzar un título universitario para convertirnos en ejemplos para nuestros hermanos menores y en el futuro darles la alegría a mis padres de ver a sus hijos profesional.

A toda mi familia tíos, tías, primos, primas, a mi abuelita María Julia Sisalema quienes a pesar de no conocer mucho sobre mi carrera siempre me apoyaron en todo sentido hasta alcanzar esta meta y muy especialmente a mi abuelito Segundo Ayme quien en vida me alentaba a ser buen estudiante, buen hijo y hoy en día a pesar de ya no estar junto a mi esta meta alcanzada también va dedicada a él.

Finalmente, a mis amigos y amigas en general quienes formaron parte de buenos y malos momentos, pero siempre pensando en salir adelante para llegar a culminar nuestra carrera universitaria, especialmente a mis mejores amigos quienes fueron un apoyo en todo aspecto a Johanna Vega y David Moreta.

Alexis Aldaz

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme el amor de mis padres Carlos y Aida, ustedes son mi principal inspiración para seguir adelante y superarme cada día, solo le pido a Dios que les dé más tiempo junto a mí para poder agradecerles de mil maneras todo lo que han hecho por mí.

Al Movimiento Scout quien fue también el motivante de ser mejor cada día, irme superando a mí mismo para convertirme en un ejemplo de niñas, niños, jóvenes y adultos que tengo a cargo. Darne la motivación del cuidado del medio ambiente para realizar mi proyecto final en Energías Renovables.

A todos mis amigos que compartimos muchas vivencias en este tiempo.

A la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato a todos los ingenieros quienes me formaron en cada semestre hasta realizar mi proyecto, agradezco a mi tutor Ing. Mg. Mauricio Carrillo por brindarme sus conocimientos y ser guía para la realización del proyecto de titulación.

Alexis Aldaz

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE TABLAS.	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN EJECUTIVO	XIV
ABSTRACT	XV

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Determinar los parámetros que intervienen en diseño del sistema de control.	2
1.2.1.1 Sistemas de control.....	2
1.2.1.2 Características de un sistema de control.....	6
1.2.1.3 Selección del tipo de sistema de control para el generador híbrido.	6
1.2.1.4 Designación de parámetros.....	7
1.2.1.5 Datos obtenidos en el sistema híbrido.....	13
1.2.1.6 Designación del controlador.....	13
1.2.2 Seleccionar los elementos necesarios para la elaboración del sistema de control. .	14
1.2.2.1 Elementos para entradas.....	14
1.2.2.2 Actuadores.....	18
1.2.2.3 Controlador.....	23
1.2.2.4 Salidas.....	24
1.2.3 Construir el sistema de control.....	24
1.2.3.1 Condiciones de las baterías.....	25

1.2.3.2 Condiciones de los paneles solares y generador eólico.	25
1.2.3.3 Designación de puertos para entradas y salidas.	26
1.2.3.4 Sistema para monitoreo de datos.	26
1.2.3.5 Software para el sistema de control y almacenamiento de datos.	28
1.2.4 Realizar pruebas de funcionamiento.	29
1.2.4.1 Sensores para lectura de parámetros.	29
1.2.4.2 Componentes para acceder al internet con Arduino.	35
1.2.4.3 Plataforma virtual para visualización de datos.	36
1.2.4.4 Monitoreo.	37
1.2.4.5 Diagrama de flujo del sistema de control para la carga de baterías.	39
1.2.4.6 Diagrama de flujo del sistema de control para el calentamiento de agua.	40
CAPÍTULO II	
METODOLOGÍA	
2.1 Materiales.	41
2.2 Métodos.	48
2.2.1 Documental.	48
2.2.2 Experimental.	49
2.2.3 Cualitativo.	49
CAPÍTULO III	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
3.1 Análisis y discusión de los resultados.	50
3.1.1 Energía proveniente de los paneles solares.	50
3.1.1.1 Comportamiento anual de los paneles solares.	51
3.1.2 Energía proveniente del generador eólico.	53
3.1.2.1 Comportamiento anual del generador eólico.	54
3.1.3 Descarga de baterías.	57
3.1.4 Carga de baterías.	59
3.1.5 Calentamiento del agua.	60
3.1.6 Mejoramiento del sistema.	60
3.1.7 Comportamiento del sistema de control.	62
3.1.7.1 Variación de la carga de baterías.	62

3.1.7.2 Pruebas de funcionamiento con el fenómeno provocado.....	63
3.1.7.3 Variación de la temperatura del agua.....	64
CAPÍTULO IV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
4.1 Conclusiones.....	66
4.2 Recomendaciones.....	67
MATERIALES DE REFERENCIA.....	69
Anexos.....	72

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Características de los componentes del rotor de baja potencia.	8
Tabla 2. Especificaciones del generador eólico de baja potencia.	9
Tabla 3. Valores obtenidos de pruebas realizadas en el generador eólico.	10
Tabla 4. Especificaciones técnicas módulos solares SUNLINK SL080-12M100.....	11
Tabla 5. Características técnicas de la batería.	12
Tabla 6. Valores obtenidos en el generador híbrido.	13
Tabla 7. Materiales y equipos para el sistema de control.....	41
Tabla 8. Materiales y equipos para el sistema de envío de datos.	43
Tabla 9. Materiales y equipos para la implementación de los paneles térmicos solares. ...	45
Tabla 10. Materiales y equipos adicionales.	47
Tabla 11. Valores mínimos y máximos provenientes de los paneles solares.	50
Tabla 12. Valores mínimos y máximos provenientes del generador eólico.....	54
Tabla 13. Consumo energético.	56
Tabla 14. Autonomía de las baterías hasta llegar al 80% de su capacidad.	58
Tabla 15. Autonomía con el uso de equipos adicionales.	59
Tabla 16. Porcentaje de carga por hora de los paneles solares.....	59
Tabla 17. Porcentaje de carga por hora del generador eólico.....	60
Tabla 18. Consumo de electrodomésticos para mejoramiento del sistema.	60

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Esquema general de un sistema.	2
Figura 2. Diagrama de bloques de sistema en lazo abierto.	3
Figura 3. Diagrama de bloques de sistema en lazo cerrado.	4
Figura 4. Control lazo cerrado vs control lazo abierto.	5
Figura 5. Diagrama de bloques de sistema de control con retroalimentación.	7
Figura 6. Representación de un divisor de voltaje.	15
Figura 7. Divisor de voltaje para las baterías.	16
Figura 8. Divisor de voltaje para los paneles solares y generador eólico.	17
Figura 9. Diagrama de conexión de la batería con el sistema de control.	17
Figura 10. Relé electromagnético.	18
Figura 11. Conexiones de dos paneles solares en paralelo con diodos.	18
Figura 12. Conexión de relés para controlar el generador eólico.	19
Figura 13. Calentador solar de tubos al vacío.	20
Figura 14. Colector solar.	21
Figura 15. Sensor resistente al agua DS18B20.	21
Figura 16. Tarjeta Arduino UNO.	23
Figura 17. Módulo Ethernet Shield.	27
Figura 18. Software de Arduino	28
Figura 19. Sensor de corriente ACS712-30A.	30
Figura 20. Sensor de voltaje para ac.	32
Figura 21. Anemómetro del SEN-08942.	33
Figura 22. Piranómetro – modelo PY 85086.	34
Figura 23. Raspberry Pi 3 model B.	36
Figura 24. Plataforma ThingSpeak.	37
Figura 25. Variación de la irradiancia solar mensual.	51
Figura 26. Variación del voltaje mensual proporcionado.	52
Figura 27. Variación del amperaje mensual proporcionado.	52
Figura 28. Variación de la potencia mensual proporcionado.	53
Figura 29. Variación de la irradiancia solar mensual.	54
Figura 30. Variación del voltaje mensual proporcionado.	55
Figura 31. Variación del amperaje mensual proporcionado.	55
Figura 32. Variación de la potencia mensual proporcionado.	56
Figura 33. Código de programación del sistema de control.	61
Figura 34. Variación de la carga de la batería vs el consumo mes de septiembre.	62
Figura 35. Variación de la carga de la batería vs el consumo mes de Octubre.	62
Figura 36. Variación de la carga de la batería vs el consumo mes de noviembre.	63
Figura 37. Fenómeno provocado durante un día.	63
Figura 38. Variación de la temperatura mes de septiembre.	64

Figura 39. Variación de la temperatura del mes de octubre.....	65
Figura 40. Variación de la temperatura del mes de noviembre.....	65

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UN GENERADOR DE ENERGÍA RENOVABLE HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO UBICADO EN EL SECTOR DE RÍO BLANCO COMUNIDAD DE YATZAPUTZÁN PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

Autor: Aldaz Toaza Alexis Abraham

Tutor: Ing. Mg. Carrillo Rosero Carlos Mauricio

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto técnico se realizó debido a la importancia de implementar un sistema de control para un generador de energía renovable híbrido eólico-fotovoltaico y a su vez obtener un mejor almacenamiento de energía para el sector de Río Blanco comunidad de Yatzaputzán provincia de Tungurahua. El proyecto se orienta en el diseño, construcción y pruebas de funcionamiento, para esto se investigó los diferentes parámetros para el funcionamiento provenientes de las fuentes de energía como paneles solares y generador eólico. En lo teórico y analítico, se realizó la selección de una tarjeta de adquisición de datos de acuerdo con los parámetros de control, se diseñó el programa y las conexiones de los componentes que es capaz de controlar la carga y descarga de las baterías. Además, el sistema tiene la función de controlar el calentamiento de agua para el uso doméstico. Las partes principales del sistema son: baterías, paneles solares, generador eólico, tanques solares térmicos, sensores eléctricos y de temperatura, contactores, actuadores electromagnéticos, dispositivos electrónicos, etc. El proyecto se diseñó con la intención de mejorar la vida útil de los equipos al prevenir sobrecargas y descarga excesiva de las baterías, calentamiento de los componentes electrónicos y mantener la temperatura del agua entre 25 a 30 grados centígrados, Además se incorporó un sistema de almacenamiento de datos que facilitará las investigaciones realizada por estudiantes y docentes para conocer el potencial del sector. Finalmente, el sistema se construyó con materiales disponibles en el mercado y que tienen un costo accesible para su respectiva construcción.

Palabras claves: diseño, sistema, control, energía.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING
MECHANICAL ENGINEERING CARRER

TOPIC: “DESING AND CONSTRUCTION OF A CONTROL SYSTEM TO CREATE AN ENERGY HYBRI RENEWABLE GENERATOR WIND-PHOTOVOLTAIC LOCATED IN RIO BLANCO IN YATZAPUTZAN COMMUNITY TUNGURAHUA PROVINCE”

Author: Aldaz Toaza Alexis Abraham

Advisor: Ing. Mg. Carrillo Rosero Carlos Mauricio

ABSTRACT

This technical project was carried out considering the importance of implementing a control system for a hybrid wind-photovoltaic renewable energy generator, and in this way obtain better energy storage for the sector Rio Blanco Yatzaputzán community in Tungurahua. The project is based on the design, construction and performance tests, for this reason, the different parameters for operation from energy sources such as solar panels and wind generator were investigated. In the theoretical and analytical part, the selection of a data achievement card was made according to the control parameters, besides, the program and the connections of the components that are capable of controlling the charge and discharge of the batteries were designed. In addition, the system has the function of controlling water heating for domestic use. The main parts of the system are: batteries, solar panels, wind generator, solar thermal tanks, electrical and temperature sensors, Contactors, electromagnetic actuators, electronic devices, etc. This study was designed with the aim of improving the life of the equipment by preventing overcharging and excessive discharge of batteries, heating of electronic components, and keep the water temperature between 25 to 30 celcius, Also, a data storage system was incorporated that will facilitate the research carried out by students and teachers to know the potential of the sector.

Finally, the system was built with materials available in the market and that have an accessible cost for their respective construction.

Keywords: design, system, control, energy.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos.

Según el autor [1], manifiesta que con la realización de un sistema de control y monitoreo de datos implementado en un sistema híbrido permite realizar un análisis detallado de la cantidad de energía disponible, generada, almacenada y consumida, tanto diario, como mensual y anualmente. Teniendo como finalidad el aprovechamiento de las energías y evitar sobrecargas en las baterías o en los paneles y generador eólico.

Según [2], menciona que al realizar un sistema de control y monitoreo es necesario diseñar detalladamente cada una de las interfaces de energía consideradas para el proyecto, cualquier fuente de energía que intervenga con la finalidad de que exista una estabilidad sin cortes en las señales de entrada y salida para poder realizar su correcto control. De igual manera menciona la importancia de realizar simulaciones con el sistema de control para gestionar las cargas y descargas de los dispositivos de almacenamiento.

Según [3], menciona que la necesidad de implementar métodos de ahorro de energía se ha explorado limitadamente, el abastecimiento con fuentes alternativas de energía que no dependan totalmente de la red eléctrica y que tengan una buena correlación costo-beneficio. Para poder realizar el sistema de control se debe tomar en cuenta las siguientes bases: demanda energética, paneles fotovoltaicos, generador eólico, baterías, irradiancia solar y velocidad del viento.

Según [4], menciona que los sistemas híbridos al ser una conjugación entre dos tipos de generadores de energía eléctrica cada uno posee su propio potencial por lo cual se han desarrollado estudios a los implementos utilizados para la obtención de datos los cuales pueden ser partes mecánicas, eléctricas, dispositivos electrónicos y de almacenamiento todas medidas mediante la lectura de sensores, al mismo tiempo que sirven para monitoreo pueden ser utilizados para tomar decisiones en función de los valores que se obtengan.

Según [5], indica que para la implementación de un sistema de control y de monitoreo se debe mantener energizada en todo momento a la tarjeta de adquisición de datos que se escogió, para tener los valores en tiempo real y sin interferencia, los valores de velocidad de viento son inconstantes debido a las condiciones climáticas del sector ya que se encuentran cercanas al volcán Chimborazo.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Determinar los parámetros que intervienen en diseño del sistema de control.

1.2.1.1 Sistemas de control.

De una manera informal, el problema de control consiste en seleccionar, de un conjunto específico o arbitrario de elementos (o parámetros, configuraciones, funciones, lecturas, etc.), aquellos que, aplicados a un sistema fijo, hagan que este se comporte de una manera predeterminada.

Los sistemas pueden definirse de manera conceptual como un ente, que recibe unas acciones externas o variables de entrada cuya respuesta a estas acciones son las denominadas variables de salida.

Las variables de entrada al sistema lo dividen en dos grupos, variables de control, que se pueden manipular como se requiera y perturbaciones sobre las que no es posible ningún tipo de control se encuentran limitadas. La figura 1 ilustra de una manera conceptual el funcionamiento de un sistema.[6]

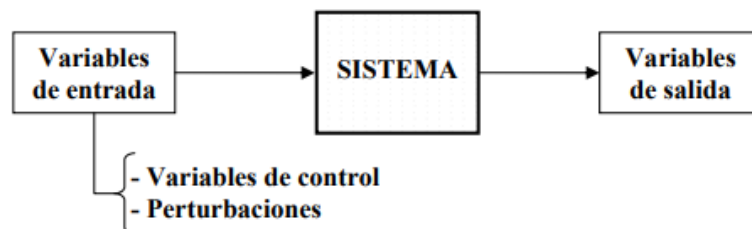


Figura 1. Esquema general de un sistema.

Fuente: [6]

Un sistema de control se caracteriza esencialmente por la presencia de una serie de elementos y valores que influyen en el funcionamiento del mismo. La finalidad de un sistema de control es alcanzar, mediante la manipulación de las variables de entrada, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen valores requeridos o asignados previamente.

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

1. Mantener la estabilidad y particularmente ser robusto frente a perturbaciones y errores en los elementos adicionales.
2. Ser suficientemente eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido de funcionamiento. Normalmente este criterio consiste en que la acción del control sobre las variables de entrada sea realizable y coherente, evitando comportamientos bruscos e irreales.
3. Ser fácilmente implementable, seguro y con facilidad de operación en tiempo real con ayuda de un ordenador. [6]

➤ Sistemas de control de lazo abierto.

La acción de control se determina conociendo la dinámica del sistema, las consignas y estimando las perturbaciones evitan la presencia de errores. Esta estrategia de control puede compensar los fallos inherentes del sistema anticipándose a los requerimientos del usuario. Sin embargo, el lazo abierto generalmente es insuficiente, debido a los propios errores del modelo y a las estimaciones de las perturbaciones. Sin embargo, es común la asociación de lazo cerrado-lazo abierto, de modo que el lazo cerrado permite compensar los errores producidos por el lazo abierto. [6]

En la figura 2, se interpreta mediante un diagrama de bloques la composición de un sistema de lazo abierto en el cual se puede identificar que las salidas no tienen relación con las variables de entrada.

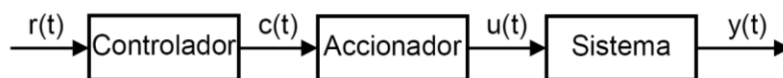


Figura 2. Diagrama de bloques de sistema en lazo abierto.

Fuente: [6]

➤ Sistemas de control de lazo cerrado.

La acción de control se calcula en base del error medido entre la variable controlada y la respuesta deseada. Las perturbaciones, aunque sean desconocidas son consideradas indirectamente mediante sus efectos producidos en las variables de salida. Este tipo de estrategia de control se puede aplicar sea cual sea la variable controlada en el sistema. La mayoría de los sistemas de control que se crean en la actualidad son de lazo cerrado por su disminución de perturbaciones. [6]

En la figura 3, se esquematiza mediante un diagrama de bloques la composición de un sistema de lazo cerrado en el cual se puede identificar que las salidas son totalmente dependientes de las variables de entrada y la señal de un sensor será quien realimentada hasta que se alcance la salida deseada.

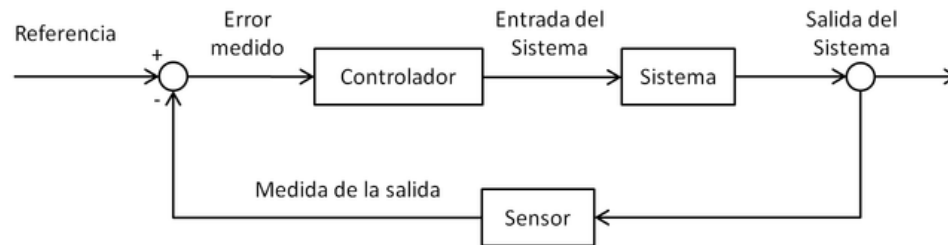


Figura 3. Diagrama de bloques de sistema en lazo cerrado.

Fuente: [6]

➤ Comparación entre sistemas en lazo abierto y lazo cerrado.

En lazo abierto:

- La estabilidad del sistema no es importante en este tipo de sistemas y es más fácil de lograr su correcto funcionamiento.
- Son aplicables cuando se conoce con anticipación las salidas y no existen perturbaciones.
- Se usan componentes relativamente precisos y de bajo costo para obtener el control adecuado.

En lazo cerrado:

- La estabilidad es principal en este tipo de sistemas ya que puede conducir a corregir exceso de perturbaciones que producen oscilaciones de amplitud constante y cambiante.
- Son aplicables cuando se pronostican perturbaciones y/o impredecibles en los componentes del sistema.
- Emplea mayor cantidad de componentes siendo estos más exactos en sus mediciones y por ende de mayor costo.
- La realimentación vuelve la respuesta insensible a las perturbaciones externas y variaciones internas en los parámetros del sistema.

Una combinación adecuada entre controladores de sistemas de lazo abierto y cerrado es menos costosa y ofrecerá un desempeño satisfactorio del sistema en general. [7]

En la figura 4 se puede identificar las diferencias en forma general de ambos sistemas para identificar el que más se adecua a las necesidades.

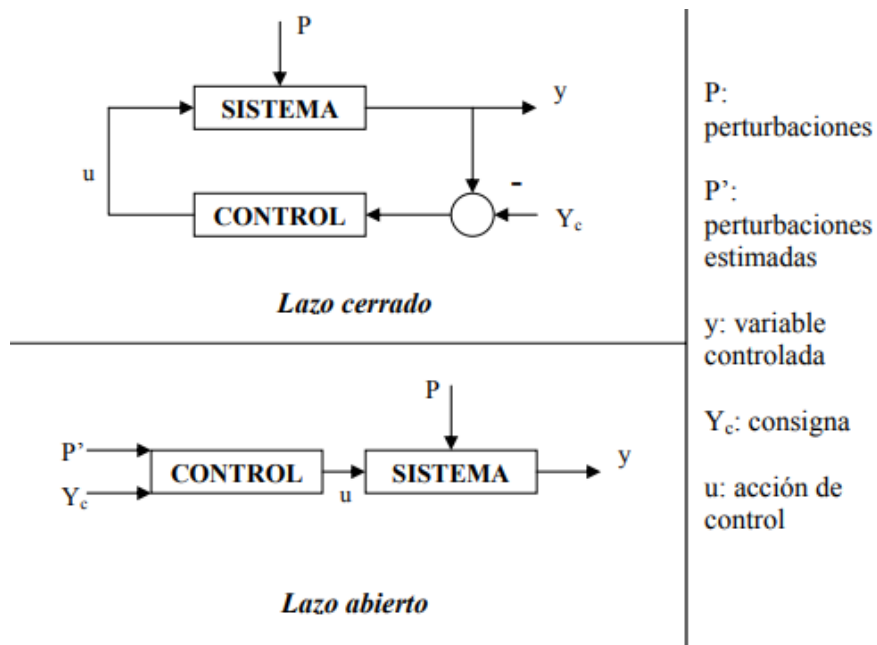


Figura 4. Control lazo cerrado vs control lazo abierto

Fuente: [6]

1.2.1.2 Características de un sistema de control.

El control automático de procesos es una de las disciplinas que se ha desarrollado a una velocidad descomunal, dando las bases a lo que hoy muchos autores llaman la segunda revolución industrial. El uso excesivo de las técnicas del control automático de procesos tiene como origen la evolución y tecnificación de las tecnologías de medición y control aplicadas al ambiente industrial.

El principio de todo sistema de control automático es la aplicación del concepto de realimentación o feedback (medición tomada desde el proceso que entrega información del estado actual de la variable que se desea controlar) cuya característica especial es la de mantener al controlador central informado del estado de las variables para generar acciones correctivas cuando así sea necesario. Este mismo principio se aplica en campos tan diversos como el control de procesos químicos, control de hornos en la fabricación del acero, control de máquinas herramientas, control de variables a nivel médico e incluso en el control de trayectoria de un proyectil militar.[8]

1.2.1.3 Selección del tipo de sistema de control para el generador híbrido.

Mencionado en [7] un sistema de control de lazo cerrado es aquel que posee retroalimentación y que tanto su entrada como salida están relacionadas entre sí, para el sistema de control del generador híbrido se considerará que la principal entrada será la carga de la batería y el sistema se encargará de asegurar que siempre se mantenga al nivel requerido por el usuario y de igual manera en el caso de ser cambiada la variable principal la programación sea fácil de editarla, caso contrario se detendrá la salida de energía hasta que la batería vuelva a llegar al nivel requerido.

Debido a que la tarjeta de adquisición de datos lee entradas analógicas (de 0 a 5 voltios interpretados en bits) no será necesario un sensor específico pero el sistema debe ser automático.

- Sistema de control de lazo cerrado con retroalimentación unitario.

En la figura 5 se muestra el punto que compara la variable detectada $Y(s)$ directamente con la entrada de referencia inicial $R(s)$, de lo que se obtiene una señal de error por las perturbaciones $E(s)$ (idealmente tal señal debe ser cero, lo que indica que la salida $Y(s)$ o el comportamiento real del sistema es igual a $R(s)$ o comportamiento deseado). El error actúa sobre la función de transferencia de trayectoria directa $G(s)$, lo que produce la respuesta $Y(s)$ del sistema.[9]

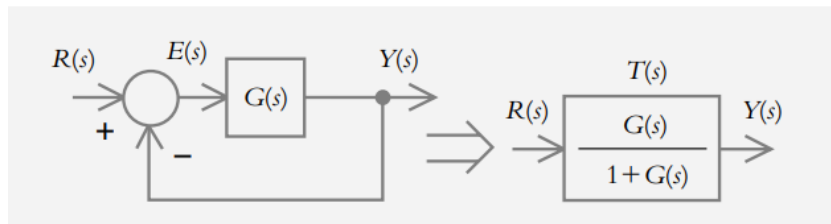


Figura 5. Diagrama de bloques de sistema de control con retroalimentación.

Fuente: [9]

Como se muestra en la figura 5 la presencia de sensores no es necesaria al tratar con parámetros que pueden ser leídos directamente.

1.2.1.4 Designación de parámetros.

Según [5], las fuentes de energía instaladas son dos paneles solares y un generador eólico.

- Generador eólico.

Como se puede apreciar en la tabla 1 el tipo de generador instalado es de imanes permanentes de flujo axial que está diseñado para bajas velocidades de viento, con dos rotores de diámetro de 300 milímetros cada uno.

En la tabla 1 se puede obtener las características de funcionamiento del generador eólico las cuales sirven para el diseño del sistema de control (voltaje).

Tabla 1. Características de los componentes del generador eólico de baja potencia.

Criterio	Detalle
Tipo de generador	De flujo axial
Número de rotores	2
Número de polos del rotor	24 (12 por cada rotor)
Número de bobinas del estator	9
Números de espiras por bobina	67
Tipo de conexión de las bobinas	En serie
Conductor para las bobinas	Alambre de cobre esmaltado AWG 14
Número de imanes	12
Diámetro de la isla	130 mm
Rodamiento	De rodillo cónico de doble hilera
Velocidad	44-450 rpm (según la velocidad de viento)
Potencia	1.62-273.8 W (según la velocidad del viento)
Intensidad de corriente	0.6-7.4 A (según la velocidad del viento)
Voltaje	2.7-37 V (según la velocidad de viento)
Resistencia	5 Ω a 10 Ω
Eficiencia	Carga de 5 Ω : 50% - 70% Carga de 10 Ω : 60% - 80%

Fuente: [5]

➤ Potencia del generador eólico.

En base a la curva de potencia obtenida por [5] indica que el generador eólico de baja potencia se encuentra en su óptimo funcionamiento establecido cuando la potencia de diseño es de 178 W.

En la tabla 2 se presentan las especificaciones del rotor de baja potencia que dan a conocer desde la ubicación donde está instalado hasta los componentes y peso de la misma.

Tabla 2. Especificaciones del generador eólico de baja potencia.

Ítem	Detalle
Lugar de instalación:	Comunidad de Río Blanco
Tipo de consumo:	Doméstico para una vivienda
Tipo de Aerogenerador:	Eje horizontal a barlovento
Relación de velocidad de diseño (λ):	7
Perfil aerodinámico:	NACA 4412
Número de álabes:	3 (tripala)
Potencia útil:	178 W (potencia baja)
Velocidad de diseño:	12.63 m/s
Peso de los álabes (3):	2 Kg
Longitud R del álabe:	1.3 m
Material de los álabes:	Madera-Laurel
Sistema de orientación:	Por veleta de cola
Tipo de torre de sustentación:	Abatible
Dimensiones de la torre:	Longitud 11 m. Diámetro 4 plg. Material ASTM A500 Gr. B galvanizado 4 Cables tensores (6 mm)
Altura del buje:	12 m.
Tipo de generador:	De imanes permanentes de flujo axial para bajas velocidades.

Fuente: [5]

Según [10], con datos obtenidos en la tabla 2 de pruebas realizadas se tiene la siguiente tabla 3 donde se indica los valores de voltaje, intensidad de corriente y potencia que entrega el generador eólico en función de la velocidad del viento el cual sirve como parámetros de diseño del sistema de control.

Tabla 3. Valores obtenidos de pruebas realizadas en el generador eólico.

Nº	Velocidad del viento (m/s)	Voltaje producido (Voltios)	Intensidad de corriente (A)	Potencia (Watts)
0	-	-	-	-
1	2.25	0.17	0.21	2.09
2	2.75	0.32	0.37	3.73
3	3.25	0.59	0.62	7.12
4	3.75	1.33	1.31	16.25
5	4.25	2.22	2.21	27.24
6	4.75	4.58	4.31	56.88
7	5.25	7.39	6.67	91.84
8	5.75	9.55	8.58	119.43
9	6.25	11.09	9.76	139.05
10	6.75	12.74	11.00	160.05
11	7.25	13.50	11.43	169.92
12	7.75	14.20	11.87	180.12
13	8.25	14.96	12.81	192.92
14	8.75	15.20	13.32	199.59
15	9.25	15.39	13.51	203.72
16	9.75	15.65	13.73	209.37
17	10.25	15.82	13.37	205.62
18	10.75	15.97	12.98	200.18

Fuente: [10]

La tabla 3 es un resumen de los Anexos A-G y se determinó en función a la velocidad de viento de entre 2 a 12 (m/s) a la altura del buje, velocidad de rotación del rotor de entre 2 a 120 (rpm), el voltaje de entre 0.5 a 16 (V), y el amperaje de entre 0.5 a 13 (A) entregado por el generador lo cual describe el comportamiento de la máquina durante el tiempo muestreado *in situ*, se puede destacar que a medida que aumenta la velocidad de viento las demás variables muestran un aumento proporcional en sus magnitudes, los rangos de las variables obtenidos se los representa en base a un promedio realizado por el método de los bins.

Para el análisis del tiempo de medición de la velocidad de viento se utilizó la norma IEC61400-12-1 (2005), en el literal M del apartado 7.3 del ensayo de curva de potencia de pequeños generadores eólicos que proporciona los siguientes parámetros de al menos 60 horas y los valores se obtuvieron en un periodo de 30 días. [10]

➤ Paneles solares.

Según [5] indica que en este proyecto están implementados dos módulos solares SUNLINK SL080-12M100, el módulo solar o conocido como panel solar fotovoltaico dispone de una tecnología de silicio monocristalino de alta eficiencia con una capacidad máxima de 100 W, fácil de instalar y adaptable a cualquier aplicación generando energía con una gran durabilidad de 10 años de vida útil.

En la tabla 4 se presentan las especificaciones de los módulos solares utilizados.

Tabla 4. Especificaciones técnicas módulos solares SUNLINK SL080-12M100.

Potencia máxima (Pmax)	100 W
Tolerancia	± 3%
Tensión nominal (Vmp)	17.2 V
Corriente nominal (Imp)	5.81 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	21.6 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	6.43 A
Tensión máxima del sistema	1000 V DC
Cantidad de células solares	36 de (125X125 mm)
Dimensiones	1196X533X35 mm
Certificación ISO 9001, IEC 61215, IEC 61730	

Fuente: [5]

Este tipo de módulo solar cuenta con certificación de alta calidad y están diseñados para soportar cargas producidas por el viento, nieve o neblina.

De los anexos H-M obtenemos los siguientes parámetros de los paneles solares en función de la irradiancia solar obtenida:

- Eficiencia: 70.4%
- Voltaje nominal del sistema: 12 V
- Corriente: 4.15 A

- Potencia de los paneles solares: 187 W

Los cuáles serán utilizados para el diseño del sistema de control.

- Baterías RITAR RA6-200D.

Batería de plomo ácido sellada con una vida en diseño flotante de 10 años con uso moderado, diseñada especialmente para descargas de ciclo profundo frecuentes sin sobrepasar el 40% de su capacidad, ofrece buen rendimiento a altas velocidades de descarga con amplios rangos de temperatura de operación, es muy utilizada para aplicaciones solares, equipos médicos, sillas eléctricas, sistemas de seguridad, etc. [11]

En la tabla 5 indica las características técnicas las cuales serán utilizadas como parámetros de diseño del software del sistema de control.

Tabla 5. Características técnicas de la batería.

Modelo	RA6-200D
Voltaje	6V
Capacidad	200 Ah @ 10hr
Peso	29 kg
Corriente máxima de carga	60 ^a
Temperatura normal de operación	25°C ±5°C
Capacidad a 10°C	90%
Dimensiones	322 x 177.5 x 226 mm
Larga vida de diseño, baja auto descarga, certificación de calidad ISO 9001	



Fuente: [11]

Se debe considerar que en la actualidad el sistema consta de dos baterías, cada una de 6 voltios y 200 Ah las cuales están conectadas en serie lo cual da como fuente de almacenaje de 12 voltios y conservando los 200Ah.

1.2.1.5 Datos obtenidos en el sistema híbrido.

Según [5] se puede observar en la tabla 15 el sistema híbrido eólico – solar ha generado una potencia promedio durante el día uno de 157.38 W, el día dos ha generado una potencia promedio de 175.16 W, el día tres genera una potencia promedio de 182.74 W, el día cuatro genera una potencia promedio de 203.84 W y el día cinco genera una potencia promedio de 82.05 W dándonos los resultados de los cinco días de análisis del sistema.

Tabla 6. Valores obtenidos en el generador híbrido.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
	FACULTAD INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA					
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
	SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO - SOLAR					
Días	EÓLICO			SOLAR		POTENCIA SISTEMA W
	Velocidad Viento m/s	Velocidad Rotación rpm	Potencia W	Irradiación W/m ²	Potencia W	
UNO	6,01	96	83,82	105	73,56	157,38
DOS	6,63	113	98,31	102	76,85	175,16
TRES	6,87	119	105,76	64	76,98	182,74
CUATRO	6,27	115	120,48	116	83,36	203,84
CINCO	4,36	38	35,35	106	46,70	82,05

Fuente: [5]

En la tabla 6 se puede observar que la potencia en conjunto del generador híbrido en su máxima capacidad es de 203.84W.

1.2.1.6 Designación del controlador.

Las funciones del controlador son:

- Siempre verificar que los objetivos planteados dentro de la planeación del sistema se cumplan durante el funcionamiento y que el error producido sea el mínimo.

- Medición y cuantificación de resultados.
- Detectar desviaciones de las funciones inherentes al sistema, es descubrir las diferencias que se presentan entre la planeación y la ejecución.
- Establecer medidas correctivas ya que el objeto del control es prever y corregir los errores.
- Factores de control; cantidad, tiempo, costo, calidad. [12]

El actuador es un dispositivo que da paso a la señal resultante, esta puede ser analógica o digital.

El proceso es la acción que se realiza una vez que el actuador da paso a la señal.

Las salidas son las propias fuentes de energía que el sistema da paso una vez que sean requeridas, específicamente por el estado de las baterías y por las condiciones que se encuentran los paneles solares y el generador eólico. [12]

Para este proyecto se utilizará una tarjeta electrónica programable (Arduino) también considerada como una plataforma de desarrollo de computación física (physical computing) de código abierto, basada en una placa que utiliza un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software (programas).

Se utilizará Arduino para crear objetos interactivos, leyendo datos de una gran variedad de interruptores, sensores, tipos de luces, motores y otros actuadores físicos.

Los proyectos con Arduino pueden ser autónomos o comunicarse con un programa (software) que se ejecute en el ordenador. [13]

1.2.2 Seleccionar los elementos necesarios para la elaboración del sistema de control.

1.2.2.1 Elementos para entradas.

Debido a que el voltaje producido de los paneles solares y del generador eólico rodean los 12 voltios es necesario que mediante un divisor de voltaje se reduzca hasta una

cantidad que pueda ser leída sin causar daño a la tarjeta de adquisición de datos, se utilizarán resistencias y diodos para que la corriente vaya en un solo sentido.

➤ Resistencias.

El divisor de voltaje más simple consiste en dos resistencias conectadas en serie. Se utilizan los divisores de voltaje en casos en que los voltajes son demasiados grandes para otros dispositivos.

Se puede calcular los voltajes y resistencias utilizando la ecuación proporcional y en base a la figura 6 que se muestran:

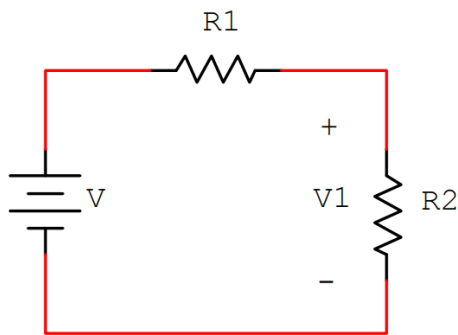


Figura 6. Representación de un divisor de voltaje.

Fuente: [17]

Para poder determinar el voltaje al cual se quiere reducir se debe aplicar según [17] las fórmulas:

$$\frac{v}{v_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$
$$v_1 = v * \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Cuando solo se tiene el valor de entrada del voltaje y el valor al que se quiere llegar a obtener y las incógnitas son las resistencias, existe otro procedimiento para determinar dichos valores. [17]

Las resistencias existentes en el mercado que pueden reducir el voltaje de 12 voltios a un valor aproximado de 3.84 voltios utilizando una de 10KΩ y 4,7 KΩ para la señal de las baterías.

$$v_{sal} = 12 * \frac{4.7}{10 + 4.7} = 3.84 \text{ v}$$

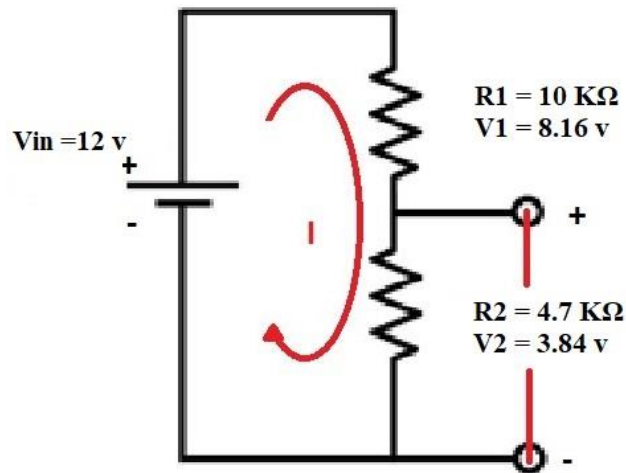


Figura 7. Divisor de voltaje para las baterías.

Fuente: Autor

Para las señales provenientes de las fuentes de energía se determinó que debido a las condiciones climáticas pueden alcanzar hasta los 25 voltios por lo que se utilizan resistencias de 10KΩ y 2,2 KΩ para los divisores de voltaje.

Los valores de salida cuando el voltaje es de 12 a 25 voltios son los siguientes.

$$v_{(12)} = 12 * \frac{2.2}{10 + 2.2} = 2.16 \text{ v}$$

$$v_{(25)} = 25 * \frac{2.2}{10 + 2.2} = 4.51 \text{ v}$$

En la figura 8 se puede comprobar que las señales de salida de los divisores de voltaje son menores a los 5 voltios permisibles.

Como podemos observar en las figuras 7 y 8 este juego de resistencias permite disminuir del valor máximo a un valor deseado.

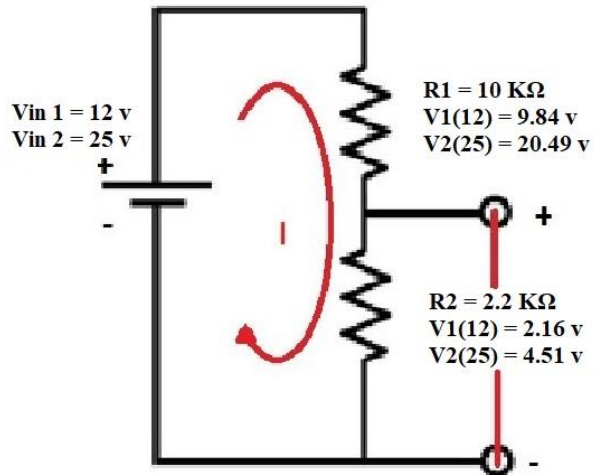


Figura 8. Divisor de voltaje para los paneles solares y generador eólico.

Fuente: Autor

En la figura 9 se puede observar las conexiones que tiene como finalidad leer a través de una entrada analógica el voltaje que está siendo suministrado de las baterías.

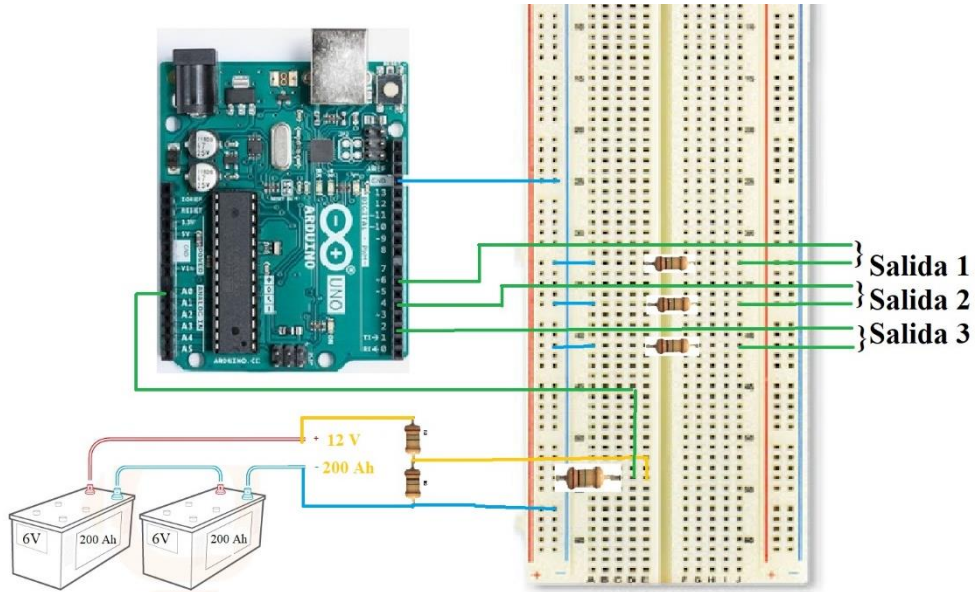


Figura 9. Diagrama de conexión de la batería con el sistema de control.

Fuente: Autor

1.2.2.2 Actuadores.

En el sistema de control los actuadores son dispositivos encargados de colocar en estado de on u off a las fuentes de energía provenientes de los paneles solares y del generador eólico que permiten que se carguen las baterías y controlar las salidas.

1. En paneles solares.

La función del sistema de control es cortar o dar paso a las fuentes de energía cuando la batería lo solicite por lo que el actuador son relés electromagnéticos como se muestran en la figura 10 capaces de activarse con una señal de 5 voltios y 10 A.



Figura 10. Relé electromagnético.

Fuente: [17]

Para evitar que los diferentes tipos de fuentes de energías y de las baterías se regresen hacia los mismos se utilizan diodos que solo permitan el paso de la energía en una dirección.

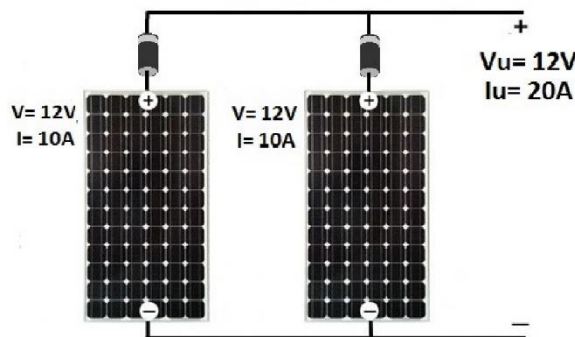


Figura 11. Conexiones de dos paneles solares en paralelo con diodos.

Fuente: Autor

En la figura 11 se puede observar la conexión en paralelo de dos paneles solares con diodos que permiten el paso en una sola dirección y evita que los paneles solares se pasen energía entre ellos, de esta manera se evitar daños ya que los paneles no son para almacenar ni recibir energía.

2. En generador eólico.

Para la activación de energía proveniente del generador eólico se utilizó relés uno que se encarga de cortar la energía y otro que realice el frenado de las palas, así como se muestra en la figura 12.

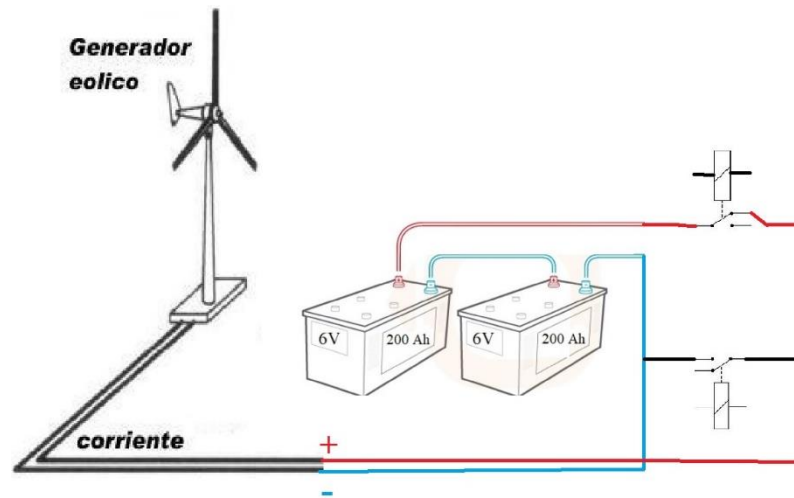


Figura 12. Conexión de relés para controlar el generador eólico.

Fuente: Autor

3. Dirigida al freno para las palas del generador eólico.

El frenado de las palas del generador eólico se lo realiza uniendo los polos negativos y positivos del mismo para eso se debe cortar la energía del generador eólico y posteriormente realizar el frenado [5].

Por lo tanto, se necesitará una salida digital más para el control del freno.

4. Sistema híbrido complementando calentadores solares.

Como beneficio extra al hogar donde se encuentra implementado el generador híbrido también se les proporcionará un sistema de paneles solares térmicos los cual suministrar agua caliente a una temperatura de entre 25°C a 30°C, estos sistemas poseen las siguientes especificaciones:

- El primer calentador solar que se muestra en la figura 13 mediante tubos mencionado en [18] especifica que posee un incremento de temperatura de 1 a 3 °C cada 15 minutos de funcionamiento, dando como resultado que en un periodo de 6 horas alcanzará sobre los 60°C.

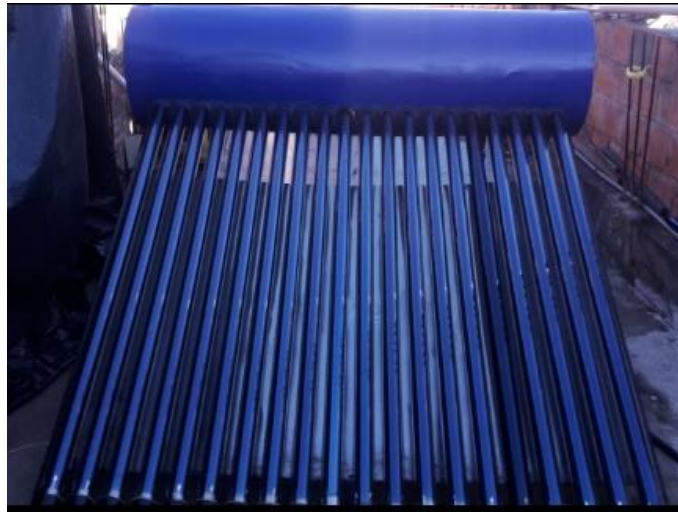


Figura 13. Calentador solar de tubos al vacío.

Fuente: [18]

- El segundo calentador menciona en [19] que la temperatura máxima registrada es de 60°C en un periodo de 5 horas en un día completamente soleado y despejado.



Figura 14. Colector solar.

Fuente: [19]

Ambos proyectos fueron realizados en Ambato y presentan esas condiciones por lo que se utilizarán los dos para alcanzar una temperatura de 25°C a 30°C en la comunidad de Yatzaputzán.

5. Sensores de temperatura.

Ambos calentadores solares irán hacia un tanque común del cual se tomarán mediciones con un sensor de temperatura el cual mediante la tarjeta de adquisición de datos se encargará de activar las resistencias como sistema de respaldo para mantenerlo a una temperatura constante.

Se necesitará una entrada analógica para el sensor de temperatura a prueba de agua DS18B20 como se muestra en la figura 15, el cual posee las siguientes especificaciones:



Figura 15. Sensor resistente al agua DS18B20.

Fuente: [20]

Características del sensor DS18B20.

- Utilizable con 3.0V a 5.5V de alimentación / datos.
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ de precisión desde: -10 a $+85^{\circ}\text{C}$
- Rango de temperatura utilizable: -55 a 125°C (-67 a $+257^{\circ}\text{F}$)
- Resolución seleccionable de 9 a 12 bits.
- Utiliza la interfaz 1-Wire-sólo requiere un pin digital para la comunicación.
- ID único de 64 bits en el chip.
- Sensores múltiples pueden compartir un pin.
- Temperatura límite de alarma del sistema.
- Tiempo de consulta es inferior a 750 ms.
- 3 cables de interfaz:
 - Cable rojo - VCC
 - Cable negro - GND
 - Cable amarillo - DATOS
- Tubo de acero inoxidable de 6 mm de diámetro por 35 mm de largo.
- Diámetro del cable: 4mm
- Longitud del cable: 90 cm

Como entrada analógica se tendrá la temperatura la cual si se encuentra entre los 25°C y 30°C el sistema de control activa un sistema eléctrico mediante resistencias.

Tomando en cuenta todos los parámetros de entradas y salidas se necesitó un dispositivo capaz de leer los siguientes parámetros.

- Lectura del voltaje proveniente del panel solar 1 y 2 conectados en paralelo: A0
- Lectura del voltaje proveniente del generador eólico: A1
- Lectura de la carga de la batería: A2
- Lectura de la temperatura del agua generado por los calentadores solares en conjunto: A3
- Salida para el relé que controla la energía proveniente del panel solar 1: D1

- Salida para el relé que controla la energía proveniente del generador eólico: D2.
- Salida para el relé que controla el frenado de las palas del generador eólico: D3.
- Salida para el relé que habilita o deshabilita el paso de corriente para el uso doméstico: D4, D5 y D6.
- Salida para el relé que controla la activación del sistema eléctrico para mantener el agua a una temperatura constante: D7.

1.2.2.3 Controlador.

El dispositivo que se encarga de controlar las señales, actuar tomando las decisiones y permitir el proceso requerido es una tarjeta de adquisición de datos Arduino Uno, la cual con su base programable permite realizar acciones una vez leída la información de sensores o señales como lo menciona [13].

➤ Arduino UNO.

Es una board (tarjeta) basada en un microcontrolador Atmega328. Tiene 6 pines de entrada/salida digital (de los cuales 4 pueden ser utilizados para salidas PWM), 6 entradas análogas, un resonador de 16 MHz, un conector para USB tipo hembra, un Jack para fuente de Poder, un conector ICSP y un botón reset.

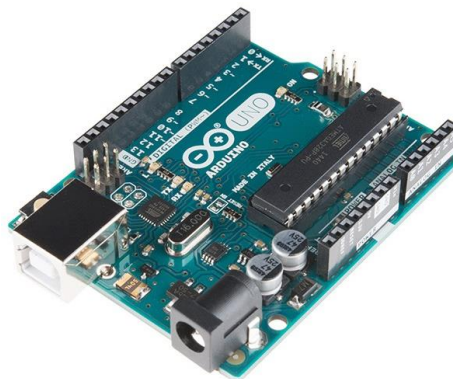


Figura 16. Tarjeta Arduino UNO.

Fuente: [13]

En la figura 16 se presenta la estructura física de la tarjeta Arduino UNO. Se conecta al computador por medio del cable USB o una fuente de poder externa, que puede ser un adaptador AC-DC o una batería, cabe aclarar que si se alimenta a través del cable USB en el ordenador o mediante una fuente de energía externa. [13] Para programar la tarjeta se necesita el IDE Arduino.

Características técnicas.

- Microcontrolador: ATmega328
- Voltaje operativo: 5v
- Voltaje de entrada (recomendado): 7 – 12 v
- Pines de entradas/salidas digital: 14 (de las cuales 6 son salidas PWM)
- Pines de entradas análogas: 6
- Memoria flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB es usado por bootloader.
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Velocidad del reloj: 16 MHZ.[13]

1.2.2.4 Salidas.

Las salidas del sistema están acorde a las condiciones de funcionamiento de las baterías, paneles solares, generador eólico y temperatura del agua.

1.2.3 Construir el sistema de control.

Hay que considerar que como elementos de almacenaje se tienen dos baterías similares conectadas en serie con lo cual se tiene un almacenaje de 12 voltios y 200AH.

Tanto los paneles solares como el generador eólico en su máxima capacidad proporcionan los 12 voltios cada uno independientemente.

Para la realización de este proyecto se toma en cuenta para el diseño del software de control las siguientes condiciones:

1.2.3.1 Condiciones de las baterías.

Para el sistema de control se utilizó una tarjeta de adquisición de datos que será la encargada de medir la carga que poseen las baterías que para su buen funcionamiento las mantendrá hasta un mínimo de 80% de su capacidad lo cual es correspondiente a 9.6 voltios.

- Condición 1 si la batería se encuentra entre el 95% (11.4V) y el 100% (12V) de su capacidad de almacenaje el sistema de control debe desactivar las fuentes de energía provenientes de los paneles solares y del generador eólico.
- Condición 2 si la carga de la batería se encuentra entre el 80% (9.6V) y 95% el sistema de control debe activar una fuente de energía del generador eólico o de los paneles solares hasta que alcance la condición 1.
- Condición 3 si la carga de la batería se encuentra entre el 70% (8.4 V) y 80% el sistema de control deberá activar ambas fuentes de energía para que alcance la condición 2.
- Si el consumo provoca que la carga de las baterías sea menor al 70% se activará la alarma con 5 minutos de anticipación que permite desconectar los equipos del hogar y se mantendrán ambas fuentes de energía activadas hasta que alcance la condición 3.

1.2.3.2 Condiciones de los paneles solares y generador eólico.

El sistema de control también debe tomar en cuenta las condiciones que posean en ese instante las diferentes fuentes de energía como son los paneles solares y el generador eólico, debido que si las condiciones climáticas no favorecen a una fuente de energía esta deberá ser complementada por otra, para este sistema se partirá de la energía proporcionada por el panel solar.

- a) Si la batería requiere ser cargada estando con el 80% y 95% de su capacidad el sistema de control dará paso a los paneles solares o al generador eólico aquel que se encuentre generando mayor voltaje superior a los 10V para que se mantenga estable la carga y no tienda a bajar.
- b) Si la carga de la batería es menor al 80% de su capacidad el sistema de control dará paso a él o las fuentes necesarias que se requieran.
- c) El sistema de control debe considerar que cuando se encuentre desactivada la fuente de energía proporcionada por el generador eólico también debe realizar el respectivo frenado del mismo, para evitar daños.
- d) Si la energía proporcionada por los paneles solares y el generador eólico es menor a la mitad de su capacidad también se activarán ambos para que se complementen y puedan satisfacer las necesidades de las baterías.
- e) Si la velocidad del viento excede los 20 m/s el sistema deberá frenar al generador eólico para evitar daños en los componentes.

1.2.3.3 Designación de puertos para entradas y salidas.

De acuerdo con los datos obtenidos en [13], se utiliza los puertos para entradas analógicas de la A0 hasta la A5 los cual leerán en tiempo real la energía que están suministrando los paneles solares, el generador eólico y la batería, el software internamente toma las decisiones de las acciones que se van a tomar en función de los valores obtenidos y de las necesidades de las baterías.

De igual manera se utilizan las salidas I/O digitales de la propia tarjeta de Arduino para la activación y desactivación de los relés, para lo cual se designarán dos salidas para controlar los paneles solares, una que controle el generador eólico y otra salida que será el freno del mismo.

1.2.3.4 Sistema para monitoreo de datos.

Para este proyecto se utilizó el módulo Arduino Ethernet, el cual es una placa basada en el microcontrolador ATmega328 similar al Arduino UNO. Dispone de 14 pines

I/O, 6 entradas analógicas, un cristal de 16MHz, un conector de red RJ45 para internet, un zócalo ICSP y un pulsador de reset. La combinación en una sola placa de un Arduino UNO y una Ethernet Shield para los proyectos que necesiten de menor espacio físico. [14]

Para que los valores leídos por el Arduino puedan ser visualizados en una plataforma en cualquier lugar se utilizara el módulo Ethernet Shield.

El Arduino ethernet shield nos da la capacidad de conectar un Arduino a una red de internet.

Está basada en el chip ethernet wiznet W5100. El wiznet W5100 provee de una pila de red IP capaz de soportar TCP y UDP. Soporta hasta cuatro conexiones de sockets diferentes. [26]

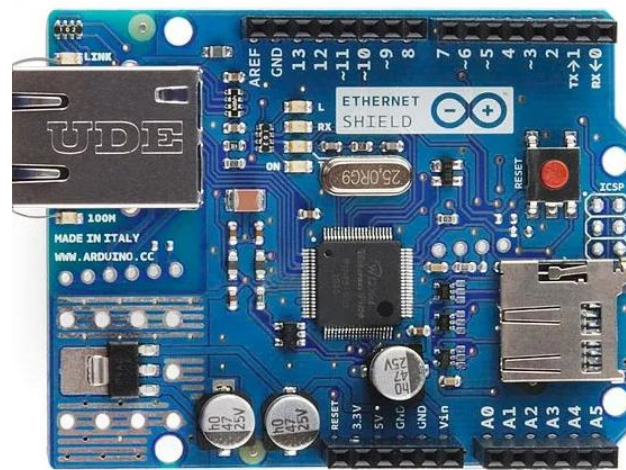


Figura 17. Módulo Ethernet Shield.

Fuente: [26]

En la figura 17 se puede visualizar que este módulo posee un puerto RJ45 para la conexión a internet.

Características:

- ON: indica que la placa y la shield están alimentadas
- LINK: indica la presencia de un enlace de red y parpadea cuando la shield envía o recibe datos

- 100M: indica la presencia de una conexión de red de 100 Mb/s (de forma opuesta a una de 10Mb/s)
- RX: parpadea cuando el shield recibe datos
- TX: parpadea cuando el shield envía datos. [26]

1.2.3.5 Software para el sistema de control y almacenamiento de datos.

La estructura básica del lenguaje de programación de Arduino es bastante simple y se compone de al menos dos partes. Estas dos partes necesarias o funciones encierran bloques que contienen declaraciones, estamentos o instrucciones de uso.

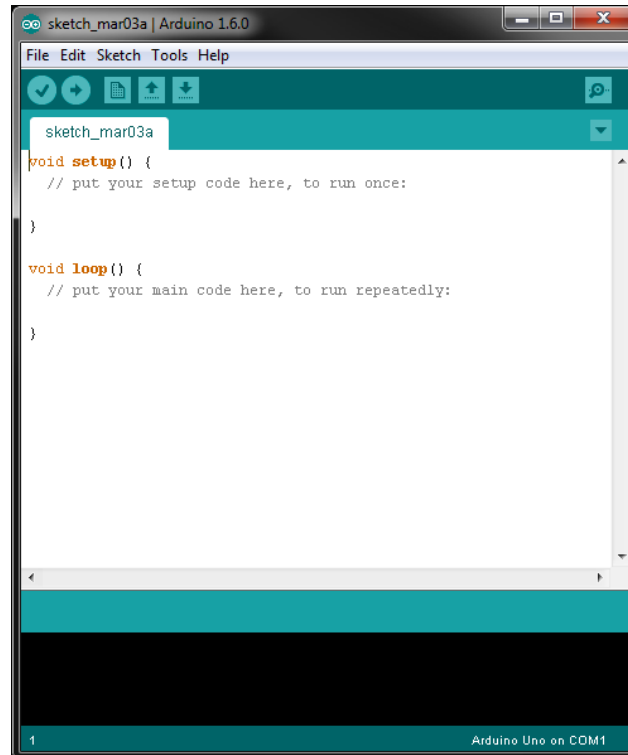


Figura 18. Software de Arduino

Fuente: [15]

Como se muestra en la figura 17 en donde el `setup ()` es la sección encargada de recoger la configuración y `loop ()` es la sección que contienen el programa que se ejecutará cíclicamente (de ahí el termino `loop –bucle-`).

Ambas funciones son necesarias para que el programa trabaje.

La función de configuración debe contener la declaración de las variables. Es la primera función para ejecutar en el programa requerido, se ejecuta sólo una vez, y se utiliza para configurar o inicializar los pinMode (modo de trabajo de las E/S), configuración de la comunicación en serie y otras.

La función bucle (loop) siguiente contiene el código que se ejecuta continuamente (lectura de entradas, activación de salidas, etc.) Esta función es lo principal de todos los programas de Arduino y la que realiza la mayor parte del proyecto. [15]

1.2.4 Realizar pruebas de funcionamiento.

Debido a que el proyecto se encuentra en la comunidad de Río Blanco – Yatzaputzán en la provincia de Tungurahua se realizó un sistema de comunicación a larga distancia la cual permite recibir en tiempo real los datos que se están generando, estos mismos permiten visualizar el correcto funcionamiento de sistema de control.

Para realizar este sistema de comunicación se necesita:

1.2.4.1 Sensores para lectura de parámetros.

- Energía proveniente de los paneles solares, generador eólico y baterías

De la misma manera que en el sistema de control se utilizan divisores de voltaje para reducir la señal proveniente de los paneles solares y del generador eólico, hasta un valor menor a 5 voltios que admite la tarjeta Arduino, se utilizaron resistencias de $10\text{K } \Omega$ y de $2.2\text{ K } \Omega$, los cuales darán señal de entre 0 y 1024 bits.

La carga total de las baterías que se encuentran en serie alcanza un voltaje de hasta 14 voltios por tal motivo se utiliza resistencias de $10\text{K } \Omega$ y de $4.7\text{ K } \Omega$.

- Consumo de energía eléctrica.

La energía eléctrica se manifiesta como corriente eléctrica y voltaje, es decir, como el movimiento de cargas eléctricas, o de electrones, a través de un cable conductor metálico como consecuencia de la diferencia de potencial que un generador que esté aplicando en sus extremos.

La energía eléctrica es una forma de energía de transición, extremadamente difundida y actualmente es cómoda debido a sus posibilidades de conversión (iluminación, calefacción, energía mecánica, etc.) y de transporte proviene, en general, de la conversión, en centrales, de energía mecánica por medio de generadores (o alternadores). [21]

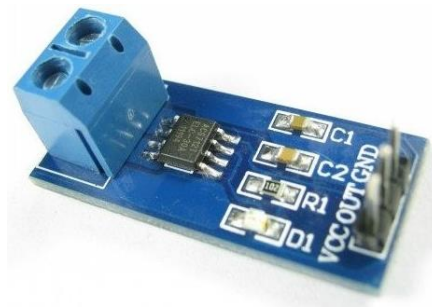


Figura 19. Sensor de corriente ACS712-30A.

Fuente: [22]

Para la medición de este valor se utilizó un sensor de corriente ACS712-30A en cual posee las siguientes especificaciones:

Características:

- Sensor lineal de efecto hall de bajo offset.
- Alta precisión de medida debido a la cercanía del sensor de efecto hall al elemento de paso (ambos se encuentran dentro del circuito interno).
- Baja resistencia del elemento de paso para una baja disipación de potencia (1.2 mΩ típico)
- Capacidad de sobrevivir a picos de corriente de hasta 5 veces la corriente nominal de operación.

- Las terminales del elemento conductor se encuentran aisladas eléctricamente (Hasta 2.1KV) por lo que evita la necesidad de aislamiento externo (optoacopladores). [22]

Características técnicas:

- Voltaje de salida: Analogical output 66mV / A
- Voltaje de operación: 4.5V ~ 5.5V
- Salida de voltaje sin corriente: VCC / 2
- Dimensiones PCB: 31 (mm) x14 (mm)
- Tiempo de aumento de salida de 5 μ s en respuesta a la corriente de entrada escalonada.
- Ancho de banda 80 kHz
- Error Total Salida: 1.5% at TA = 25°C
- Resistencia interna: 1.2 m Ω
- Mínimo voltaje de aislamiento entre pines 1-4 a pines 5-8: 2.1 kVRMS
- Sensibilidad de salida: 66 a 185 mV/A. [22]

➤ Sensor de voltaje AC módulo sensor de voltaje ac monofásico ZMP101B.

En la figura 21 se muestra el módulo utilizado para medir la tensión de fase de corriente alterna. El sensor está diseñado a partir de un transformador como en grandes instalaciones, por lo cual la única y exclusiva se puede utilizar para medir el voltaje.



Figura 20. Sensor de voltaje para ac.

Fuente: [23]

Características:

- El módulo contiene un transformador de ac de voltaje de salida monofásico activo A01B.
- Incluye circuito de amplificador operacional de precisión, señal para muestreo adecuado y función de compensación.
- Puede medir hasta 250 V de ac de acuerdo con la salida analógica, la cual es ajustable.

Características técnicas:

- Voltaje de suministro: 5 VCD
- Flujo de entrada: 2 mA
- Salida de señal: analógica
- Dimensiones: 5 cm x 2 cm x 2.4 cm
- Rango de tensión: 110-250V ac
- Sistema de transformador activo. [23]

➤ Velocidad del viento.

Medidor de la velocidad del viento, de gran interés para agricultores, meteorólogos profesionales, aficionados al clima o trabajos de investigación.

El anemómetro codifica la velocidad del viento simplemente cerrando un interruptor de cada rotación de 1.492 MPH produce un cierre de interruptor una vez por segundo.

➤ Anemómetro.

El viento mueve las copas del anemómetro que se muestra en la figura 22, que, a su vez, girar un imán cerrado. El imán cierra un interruptor de láminas en cada rotación o una vuelta completa de sí mismo, que se refleja en la salida. Esto se puede medir en los dos conductores internos del conector RJ-11 (pines 2 y 3), utilizando un contador digital o interruptores en un microcontrolador capaz de leerlos. Para convertir esto en una velocidad de viento funcional, se utiliza la conversión de 1.492 mph=1 interruptor de cierre/segundo. Para aquellos en tierra métrica, esto es de 2.4 km/h. [24]



Figura 21. Anemómetro del SEN-08942.

Fuente: [24]

➤ Irradiancia solar.

Sensor LI-COR Pyranometer PY 85086

El piranómetro LI-200R que se muestra en la figura 23 está diseñado para usarse al aire libre en condiciones de luz natural sin obstáculos. Mide la irradiancia solar global, la combinación directa y difusa, en el rango de 400 a 1100 nm. Las unidades de medida están en vatios por metro cuadrado (W/m^2).

Para la investigación agrícola, meteorológica, de energía solar y ambiental de cualquier lugar, el LI-200R está disponible con una variedad de longitudes de cable y compatibilidad con la mayoría de los registradores de datos. [31]



Figura 22. Piranómetro – modelo PY 85086.

Fuente: [31]

Especificaciones técnicas

- Sensibilidad: típicamente $75 \mu\text{A}$ por $1,000 \text{ W m}^{-2}$
- Linealidad: desviación máxima del 1% hasta 3.000 W m^{-2}
- Tiempo de respuesta: menos de $1 \mu\text{s}$ (cable de 2 m terminado en una carga de 147 ohmios)
- Dependencia de temperatura: $\pm 0.15\%$ por $^{\circ}\text{C}$ máximo
- Corrección de coseno: coseno corregido hasta un ángulo de incidencia de 82°
- Acimut: $<\pm 1\%$ de error sobre 360° a 45° de elevación
- Inclinación: ningún error inducido por la orientación
- Rango de temperatura de funcionamiento: -40°C a 65°C
- Rango de humedad relativa: 0% a 95% HR, sin condensación
- Detector: detector fotovoltaico de silicio de alta estabilidad (azul mejorado)
- Carcasa del sensor: cuerpo de aluminio anodizado resistente a la intemperie con difusor acrílico y herrajes de acero inoxidable; junta tórica en la base del sensor
- Tamaño: 2,36 cm de diámetro \times 3,63 cm (0,93 " \times 1,43")

- Peso: 24 g de cabeza; 60 g de base y cable (2 m) con tornillos
 - Longitud del cable: 2 m, 5 m, 15 m, 50 m (6.5 ', 16.4', 49.2 ', 164') [31]
- Temperatura del agua.

Para el monitoreo de la temperatura del agua se utilizó el sensor resistente al agua DS18B20 [20].

1.2.4.2 Componentes para acceder al internet con Arduino.

La tarjeta Arduino en conjunto con la placa Ethernet Shield, permiten el enlace directo a la plataforma mientras estén siempre energizados y conectados a un servidor de internet mediante el cable RJ45.

Otro dispositivo opcional que puede realizar la misma función es la placa Raspberry que posee conexiones USB y el puerto ethernet, funciona de la misma manera que un ordenador adicionales pines de lecturas para sensores.

El Raspberry Pi 3 Modelo B es el primer modelo de la Raspberry Pi de tercera generación. Reemplazó el Raspberry Pi 2 Modelo B. [27]

- CPU Quadcom 1.2MHz Broadcom BCM2837 64bit
- 1 GB de RAM
- BCM43438 LAN inalámbrica y Bluetooth de baja energía (BLE) a bordo 100 Base Ethernet
- GPIO extendido de 40 pines
- 4 puertos USB 2
- Salida estéreo de 4 polos y puerto de video compuesto
- HDMI de tamaño completo
- Puerto de cámara CSI para conectar una cámara Raspberry Pi
- Puerto de pantalla DSI para conectar una pantalla táctil Raspberry Pi
- Puerto Micro SD para cargar su sistema operativo y almacenar datos
- Fuente de alimentación micro USB conmutada actualizada hasta 2.5A [27]

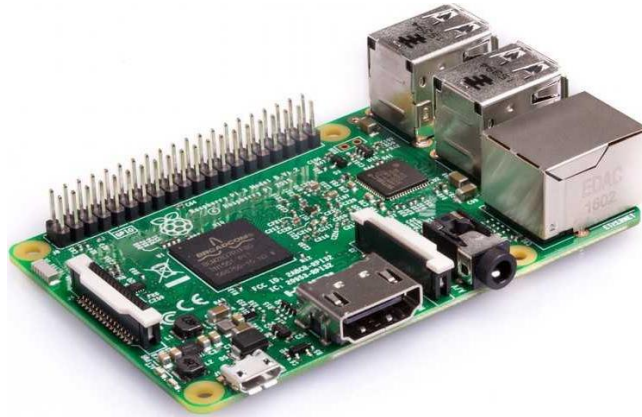


Figura 23. Raspberry Pi 3 Model B.

Fuente: [27]

En la figura 23 se muestra la estructura física del Raspberry pi que se utilizó.

1.2.4.3 Plataforma virtual para visualización de datos.

Thingspeak es una plataforma abierta de visualización de datos numéricos, diseñada para conectar personas con objetos. Se caracteriza por ser una plataforma open source con una API para almacenar y recuperar datos de los objetos usando el formato HTTP sobre internet o vía LAN (Local Área Network).

Se trata de una plataforma basada en Ruby on rail 3.0 (RoR), este es un framework de aplicaciones web de código abierto basado en Ruby, cuya arquitectura está basada en el Modelo Vista Controlador (MVC).

Se caracteriza por su simplicidad a la hora de programar aplicaciones del mundo real, escribiendo menos código y con una configuración mucho más sencilla que otros framework. Otra de las características que hace de RoR un framework perfecto para el desarrollo de aplicaciones visuales es permitir el uso de meta programación, haciendo que su sintaxis sea más legible y llegue a un gran número de usuarios en la red global.

La aplicación incluye todo lo necesario para poder empezar a trabajar, desde una aplicación web en la que se puede gestionar usuarios, gestionar claves de API, gestión de canales y cartografía. [28]

En la figura 24 se esquematiza los enlaces que utiliza esta plataforma para proyectar valores, partiendo de la tarjeta una tarjeta de adquisición de datos, se proyectan de manera visual en la plataforma y se almacenan en archivos Excel.



Figura 24. Plataforma Thingspeak.

Fuente: [28]

Características:

- Permite crear hasta 8 canales.
- Se puede colocar la ubicación geográfica del lugar donde se están generando los datos.
- Se puede implementar un led de notificación para cada canal.
- Los datos se almacenan en una gráfica,
- Se puede exportar e importar los valores en formato Excel. [29]

1.2.4.4 Monitoreo.

La tarjeta de adquisición de datos toma un valor de los diferentes parámetros cada 15 segundos permitidos por la versión gratuita de Thingspeak, se realizará un promedio al tomar 20 valores los cuales representan 5 minutos y dicho valor será el que se proyectará en la plataforma.

- Cálculo de tiempo para formatear la página de monitoreo.

La plataforma permite un almacenamiento de hasta 25.000 datos para todos los canales.

Cantidad de datos al día:

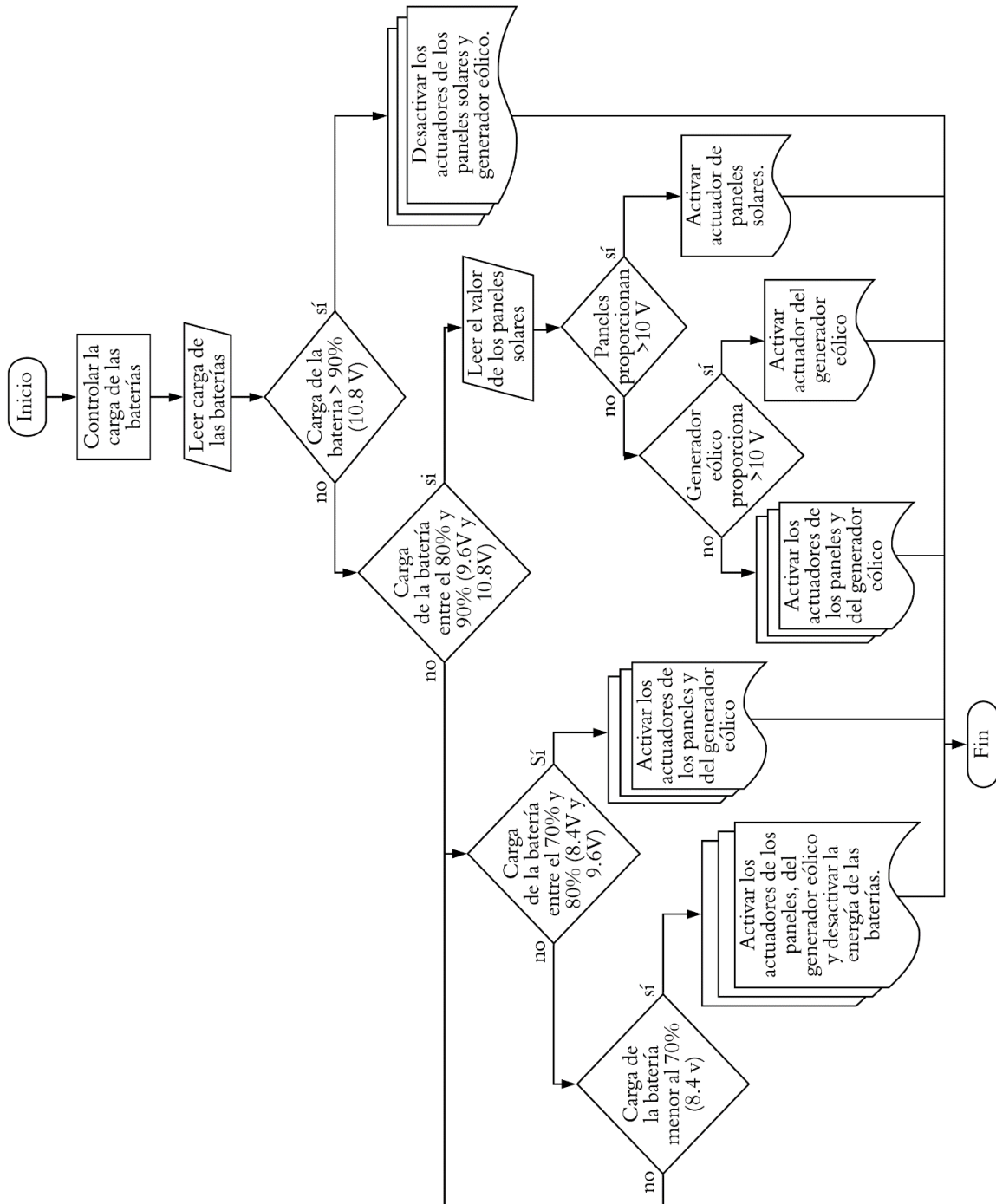
$$12 \frac{\text{datos}}{1 \text{ hora}} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 288 \frac{\text{datos}}{\text{día}}$$

Tiempo de almacenamiento:

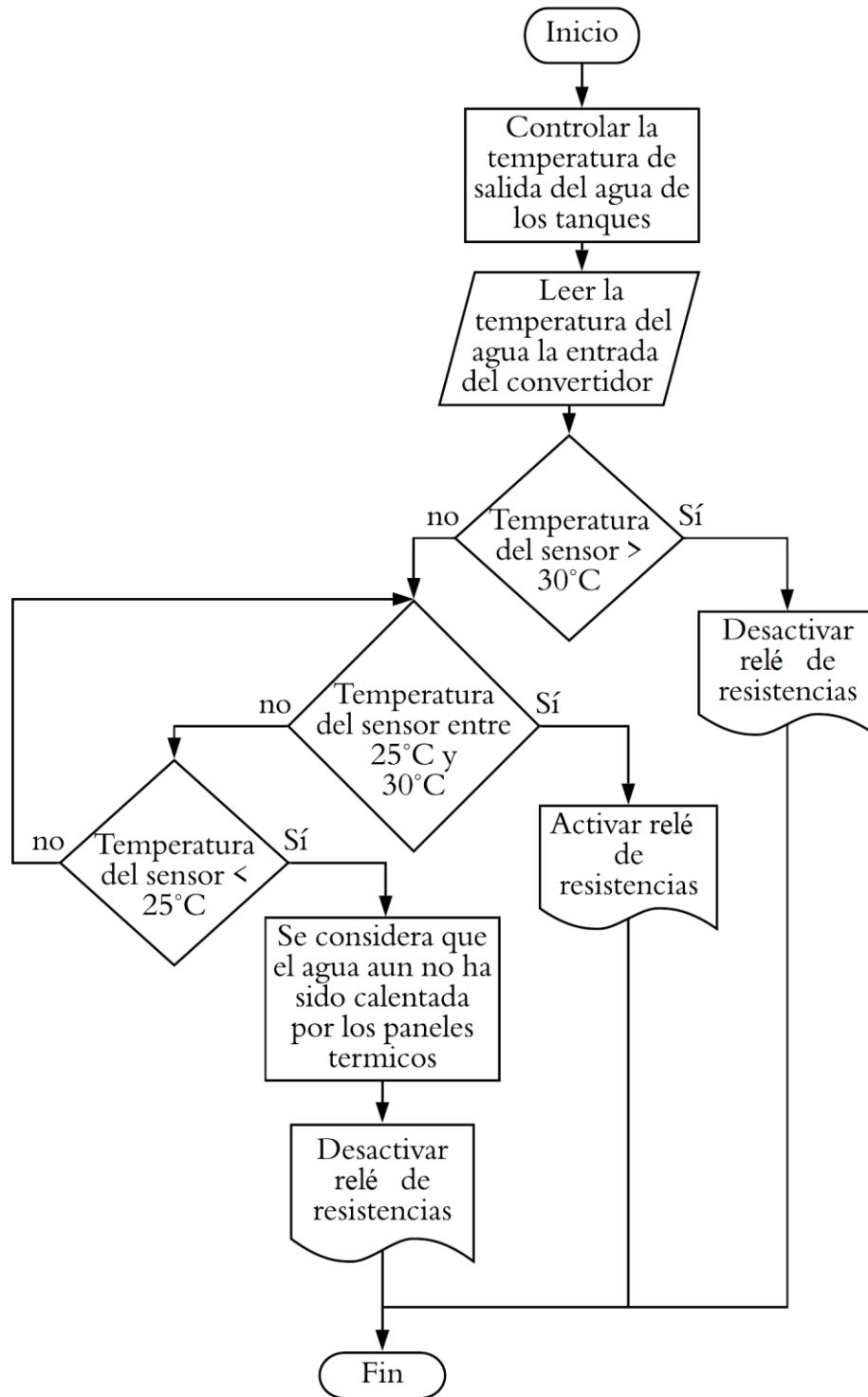
$$\frac{25.000 \text{ datos}}{288 \frac{\text{datos}}{\text{día}}} = 86.8 \text{ días} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} = 2.89 \text{ meses}$$

Para un correcto almacenamiento de la información se formateará la página de Thingspeak cada 2 meses.

1.2.4.5 Diagrama de flujo del sistema de control para la carga de baterías.



1.2.4.6 Diagrama de flujo del sistema de control para el calentamiento de agua.







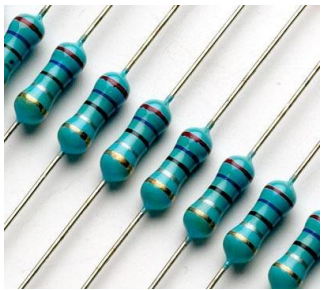


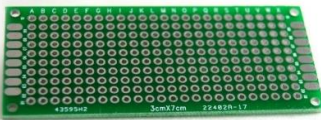


CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1 Materiales

En las tablas de la 7 a la 10 se especifican los materiales y equipos que se utilizaron para la construcción del sistema de control.

Tabla 7. Materiales y equipos para el sistema de control

Nº	Nombre	Cant.	Descripción	Gráfico	Costo
1	Arduino UNO	1	Tarjeta para adquisición de datos.		\$25
2	Módulo relay de 8 canales	1	Tarjeta de relays y autocopladores		\$ 20
3	Cables dupont	30	Macho - macho, hembra - macho y hembra - hembra		\$10
4	Fuente de Alimentación	1	Transforma de 230 ac a 9V y 200 mA.		\$12

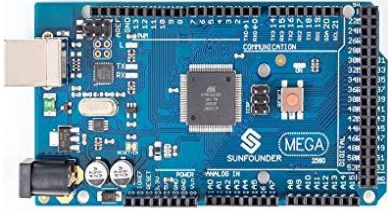


N°	Nombre	Cant.	Descripción	Gráfico	Costo
5	Resistencias	6 de cada una	De 10 K Ω , 4,7 K Ω y 2.2 K Ω .		\$5
6	Cable USB A/B	1	Adaptador macho - macho		\$3
7	Borneras de 2 pines	7	Conector de 2 bloques de 5.08 mm		\$2,10
8	Baquelita perforada	1	Baquelita PCB pre-perforada 9x15 cm		\$4
9	Caja metálica de paso	1	30x30x10 cm		\$20
10	Sensor de temperatura	2	Modelo DS18B20		\$10

N°	Nombre	Cant.	Descripción	Gráfico	Costo
11	Diodos	5	Tipo: SR20100		\$3
Total					114.1



Fuente: Autor

En la tabla 8 se presenta los equipos y componentes que permiten el almacenamiento de datos de los diferentes parámetros.

Tabla 8. Materiales y equipos para el sistema de envío de datos.

N°	Nombre	Cant.	Descripción	Gráfico	Costo
1	Arduino Mega	1	Tarjeta de adquisición de datos modelo 2560		\$35
2	Arduino Ethernet Shield	1	Puerto para RJ45		\$17
3	Raspbery	1	Tipo: Pi 3 model B		\$70



N°	Nombre	Cant.	Descripción	Gráfico	Costo
5	Router	1	3G y 4G Marca Tp-Link		\$40
6	Modem de internet	1	Marca: huawei compatible con cualquier operadora		\$20
7	Chip de telefónica	1	Marca: claro posee mayor cobertura		\$5
8	Sensor de voltaje ac	1	Sensor Transformador Voltaje Ac 110-220 para arduino		\$10
9	Sensor de intensidad de corriente	1	Modelo ACS712-30A para arduino		\$5
10	Anemómetro	1	Modelo Sen-08942		\$45

N°	Nombre	Cant.	Descripción	Gráfico	Costo
11	Sensor de radiación solar	1	Marca: LI-COR Modelo: PY85086		\$80
12	Cable Gemelo	20 mt.	Número 12		\$10
Total					355


Fuente: Autor

En la tabla 9 se presentan los equipos y componentes que se utilizaron para la instalación de los tanques térmicos.

Tabla 9. Materiales y equipos para la implementación de los paneles térmicos solares.

N°	Nombre	Cant.	Descripción	Gráfico	Costo
1	Calentador solar de agua 1	1	Calentador de tubos al vacío de hasta 60°C		-
2	Calentador solar de agua 2	1	Del tipo colector solar de hasta 75°C		-

N°	Nombre	Cant.	Descripción	Gráfico	Costo
3	Manguera	30 mt.	Manguera de polietileno color negro de 1/2		\$20
4	Acoples	10	Acoples para manguera y tubo de 1/2		\$6
5	Abrazaderas	15	Para manguera de 1/2		\$12
6	Teflón	3			\$3
7	Válvula	3	Válvula de paso de 1/2		\$15
8	Codos	5	De 1/2		\$3
9	T	3	De 1/2		\$2


N°	Nombre	Cant.	Descripción	Gráfico	Costo
10	Neplo	10	Del tipo RR de 1/2		\$5
Total					66

Fuente: Autor

En la figura 10 se presentan los materiales y equipos adicionales que tienen usos varios en la instalación o construcción.

Tabla 10. Materiales y equipos adicionales.

N°	Nombre	Cant.	Descripción	Gráfico	Costo
1	Taípe	1	-		\$2
2	Cautín	1	-		\$10
3	Estaño	4 mt.	De 0.5 mm		\$4
4	Tubo termo retráctil	5 mt.	Se contrae a 145°C		\$8

Nº	Nombre	Cant.	Descripción	Gráfico	Costo
5	Tubo para cables	10 mt.	Tubo corrugado partido		\$15
6	Pistola de silicona	1	-		\$5
7	Barras de silicona	10	-		\$2
8	Correas plásticas	30	-		\$3
Total					49

Fuente: Autor

2.2 Métodos.

2.2.1 Documental.

Este método se utilizó para la recopilación de información a la cual está dirigida la investigación fuentes confiables como: artículos técnicos, libros en páginas web, trabajos de titulación, proyectos previos, etc., los mismos que se encuentran afines con el diseño y construcción del sistema de control para el generador híbrido eólico – fotovoltaico, donde se resaltarán los parámetros de diseño del software.

2.2.2 Experimental.

Este tipo de investigación analiza el efecto que se produce por la acción o manipulación de una o más variables, sean estas dependientes o independientes que tienen como finalidad observar las consecuencias causadas por el efecto de las pruebas realizadas como es el caso de controlar diferentes variables en función de la carga de la batería y de la cantidad de energía proporcionada por cada fuente. Este método recopilando información durante la realización del proyecto para verificar el funcionamiento en base a los datos numéricos de los parámetros tomando en cuenta sus variaciones y que el comportamiento sea acorde a las necesidades del sistema.

2.2.3 Cualitativo.

En este método se desarrolló en base a las características que debe cumplir el diseño del sistema reuniendo requisitos planeados que parten de las necesidades de funcionamiento del generador de energía.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados.

Se ha procedido a realizar el muestreo mensual desde enero hasta diciembre correspondientes al años 2019, desde las 5:00 am hasta las 19:00 pm cada 5 minutos los cuales son un promedio de cada 15 segundos, la información obtenida acerca de la irradiancia solar y de la velocidad del viento proviene de los datos almacenados por el sistema y de datos históricos.[11] [30]

3.1.1 Energía proveniente de los paneles solares.

Para el análisis del funcionamiento del sistema de control se presenta en la tabla 11 los datos mínimos y máximos de la irradiancia solar almacenados e históricos provenientes de los paneles solares. [11]

Los valores mínimos y máximos de voltaje, amperaje y potencia son obtenidos en base al catálogo del panel solar anexo H.

Tabla 11. Valores mínimos y máximos provenientes de los paneles solares.

Mes	Irradiancia		Voltaje		Amperaje		Potencia	
	Val. Min.	Val. Max.	Val. Min.	Val. Max.	Val. Min.	Val. Max.	Val. Min.	Val. Max.
Enero	162.6	704.181	6.58	14.14	0.85	3.81	12.24	56.43
Febrero	216.96	523.844	7.24	12.74	1.18	2.47	18.14	41.47
Marzo	203.391	466.205	7.03	11.33	1.17	2.54	16.02	37.25
Abril	193.789	521.656	6.84	12.95	0.97	2.74	15.14	39.47
Mayo	151.661	565.768	6.15	13.24	0.72	3.02	12.05	46.75
Junio	187.027	404.15	6.75	12.41	1.01	2.34	16.21	35.28
Julio	204.281	418.742	6.97	13.08	1.24	2.54	18.45	37.78
Agosto	258.413	568.508	7.34	13.47	1.52	2.84	21.41	43.28
Septiembre	187.221	560.623	6.23	13.21	0.94	2.79	13.45	43.07
Octubre	187.221	560.623	6.23	13.21	0.94	2.79	13.45	43.07
Noviembre	170.445	554.811	5.92	13.03	0.76	2.59	12.43	42.77
Diciembre	200.961	631.197	6.67	14.01	1.21	3.56	18.27	52.47

Fuente: Autor

La irradiancia solar mínima de 200 W/m^2 requerida para un correcto funcionamiento del sistema de control es a partir de las 8:00 am hasta las 16:00 pm de cada día, teniendo como valor máximo en promedio a las 14:00 pm.

3.1.1.1 Comportamiento anual de los paneles solares.

En la figura 26 se visualiza el comportamiento de la irradiancia solar de cada mes.

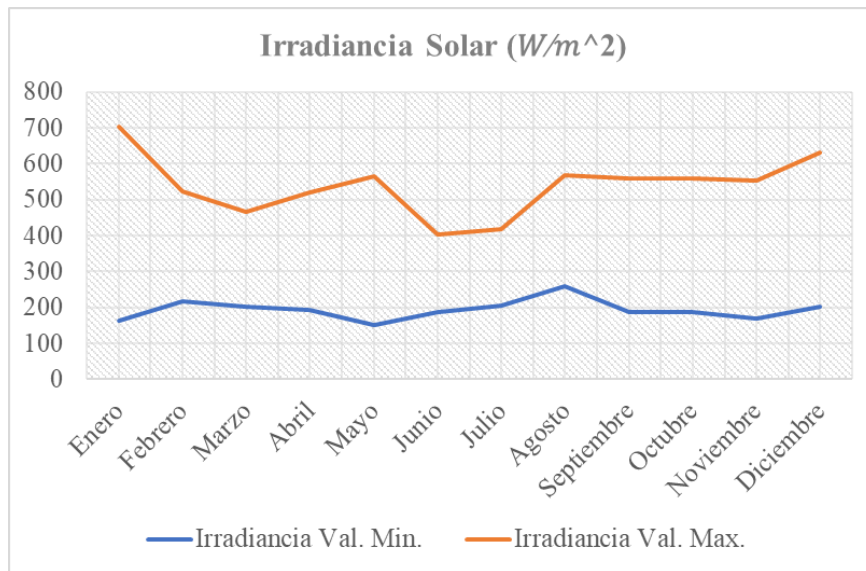


Figura 25. Variación de la irradiancia solar mensual.

Fuente: Autor

Las horas de mayor eficiencia de los paneles solares son desde las 8:00 am hasta las 16:00 pm dando como resultados los valores máximos y mínimos de cada mes para el resto de las horas del día no se los toma en cuenta ya que son considerados como despreciables. Los meses de menor irradiancia solar corresponden a marzo, junio julio en donde sus picos más altos no exceden los 500 W/m^2 , mientras que los meses de mayor irradiancia corresponde a enero y diciembre que sobrepasan los 600 W/m^2 y el resto de los meses poseen una irradiancia moderada como se muestra en la tabla 26.

En la figura 27 se visualiza el voltaje generado por la irradiancia solar durante un año.

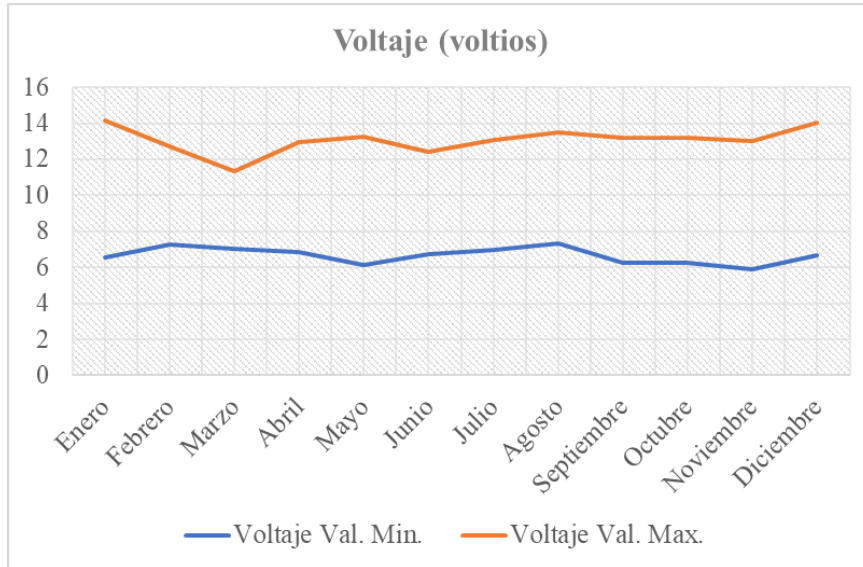


Figura 26. Variación del voltaje mensual proporcionado.

Fuente: Autor

En la figura 28 se visualiza el amperaje generado por la irradiancia solar durante un año.

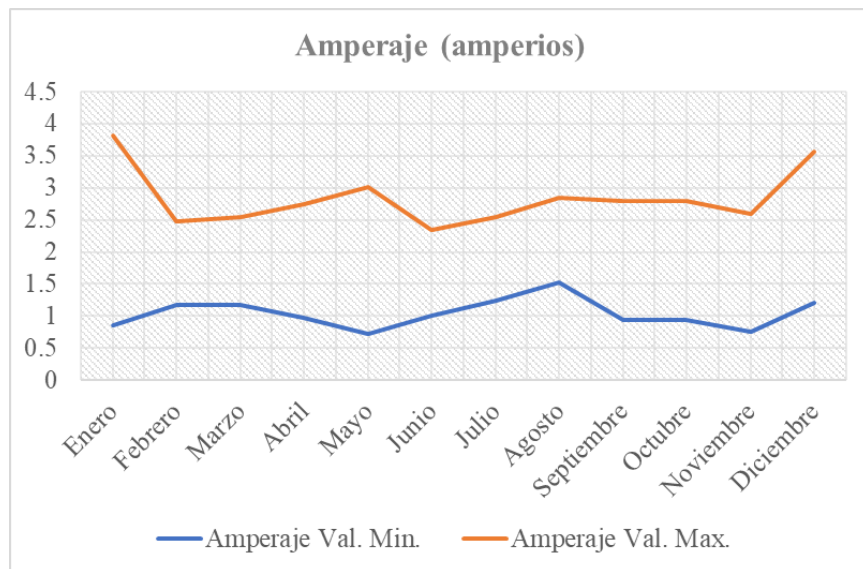


Figura 27. Variación del amperaje mensual proporcionado.

Fuente: Autor

Los meses en los que se presenta un menor voltaje y amperaje son correspondientes a marzo, junio julio en donde sus picos más altos no exceden los 14 voltios y 3 amperios respectivamente, mientras que los meses de mayor valor corresponde a

enero y diciembre que sobrepasan los 14 voltios, 3.5 amperios y el resto de los meses poseen voltajes y amperajes moderados como se muestran en las figuras 27 y 28.

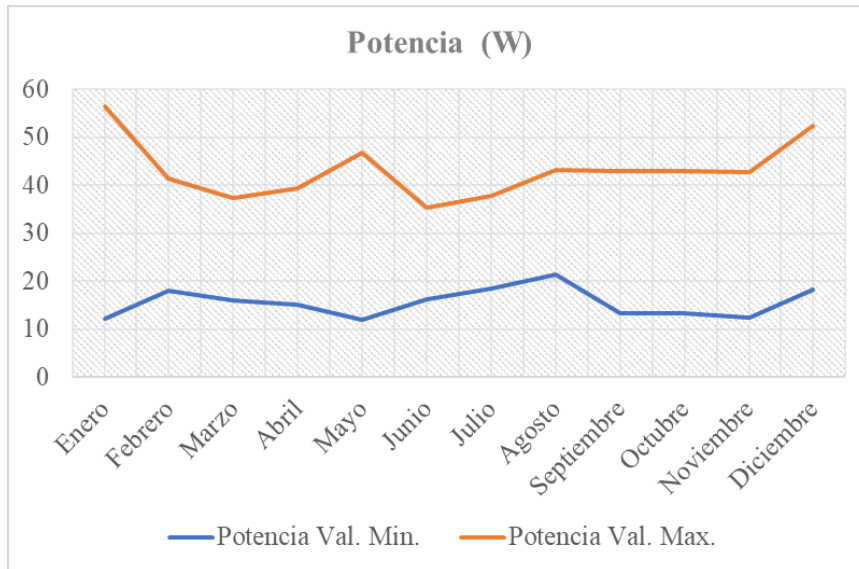


Figura 28. Variación de la potencia mensual proporcionado.

Fuente: Autor

La figura 29 muestra que marzo, junio y julio tienen una potencia menor a 40 W, mientras que enero y diciembre exceden los 55 W por lo que el resto de los meses presentan una potencia moderada.

3.1.2 Energía proveniente del generador eólico.

Para el análisis del funcionamiento del sistema de control se presenta en la tabla 12 los datos mínimos y máximos de la velocidad del viento almacenados e históricos provenientes del generador eólico. [30]

Los valores mínimos y máximos de voltaje, amperaje y potencia son obtenidos en base a los anexos E y D.

Tabla 12. Valores mínimos y máximos provenientes del generador eólico.

Mes	Velocidad del viento (m/s)		Voltaje (v)		Amperaje (Amp)		Potencia (Wh)	
	Val. Min.	Val. Max.	Val. Min.	Val. Max.	Val. Min.	Val. Max.	Val. Min.	Val. Max.
Enero	2.31	7.35	0.16	13.85	0.38	11.45	7.03	46.31
Febrero	4.73	8.46	4.45	15.05	4.27	12.92	30.14	72.74
Marzo	4.20	7.69	2.13	14.08	2.03	11.67	24.56	48.56
Abril	3.84	7.40	1.74	13.98	1.22	11.58	23.27	45.38
Mayo	4.57	8.63	3.82	15.04	3.84	13.28	25.11	82.47
Junio	5.95	8.74	10.28	15.19	8.24	13.30	36.24	86.54
Julio	6.58	8.89	11.85	15.14	10.52	13.42	40.84	91.21
Agosto	5.55	9.10	9.87	15.21	7.21	13.41	34.25	118.17
Septiembre	4.10	8.36	2.02	14.75	1.84	12.76	23.45	70.85
Octubre	4.03	7.11	1.97	13.68	1.52	11.24	21.89	45.18
Noviembre	2.69	6.20	0.86	11.01	0.27	9.51	10.28	37.84
Diciembre	5.20	8.73	7.25	15.11	6.54	13.28	31.25	87.56

Fuente: Autor

Para la toma de datos de velocidad del viento se realizó durante las 24 horas del día obteniendo un promedio de cada hora para un análisis mensual con la finalidad de visualizar el comportamiento de cada mes durante un año cómo se muestra en la tabla 12.

3.1.2.1 Comportamiento anual del generador eólico.

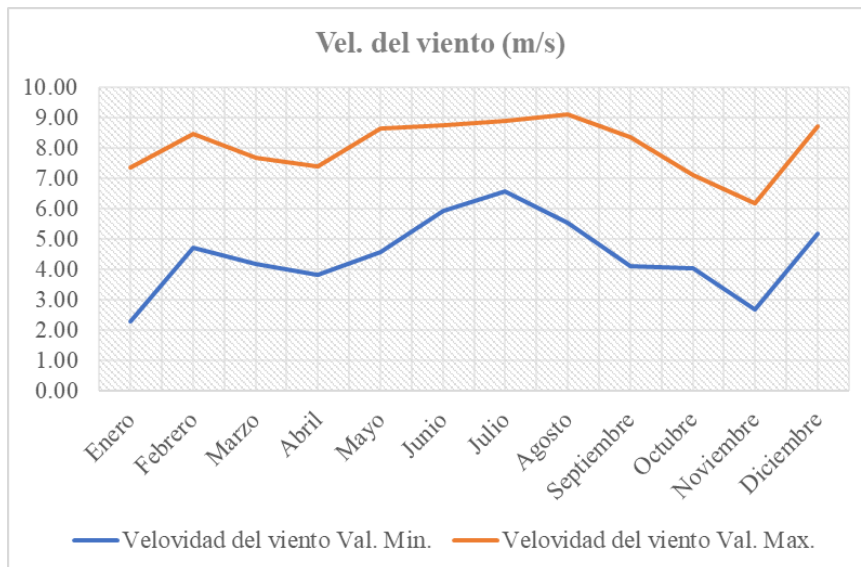


Figura 29. Variación de la irradiancia solar mensual.

Fuente: Autor

Como se muestra en la figura 30 los meses de febrero, mayo, junio, julio, agosto y diciembre presentan valores de entre 8 a 10 m/s siendo los más eficientes en el año mientras que el resto presentan valores menores a 8 m/s.

En la figura 31 se visualiza el comportamiento del voltaje generado por el generador eólico.

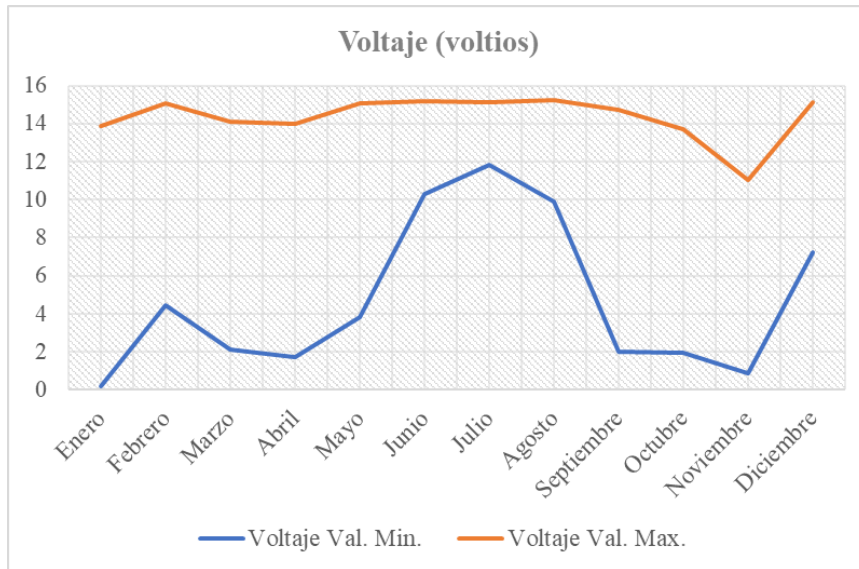


Figura 30. Variación del voltaje mensual proporcionado.

Fuente: Autor

En la figura 32 se visualiza el comportamiento del amperaje del generador eólico.

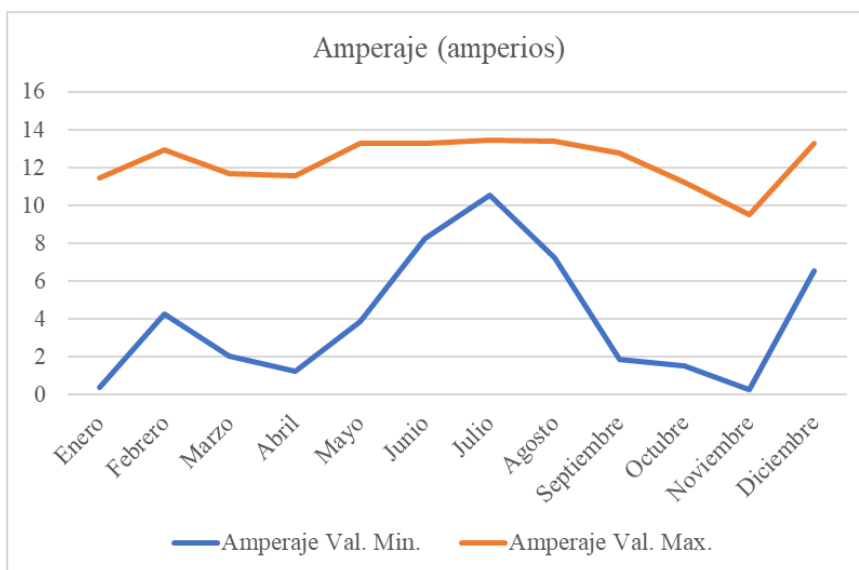


Figura 31. Variación del amperaje mensual proporcionado.

Fuente: Autor

Como se muestra en la figura 30 y 31 los meses de enero hasta octubre y diciembre presentan valores de voltaje y amperaje son de entre 14 a 16 voltios y 11 a 14 amperios respectivamente mientras que en el mes de noviembre se presenta un voltaje menor a 12 voltios y un amperaje menos a 10 amperios en sus picos más altos. El mejor mes corresponde a julio ya que la variación de los valores es mínima.

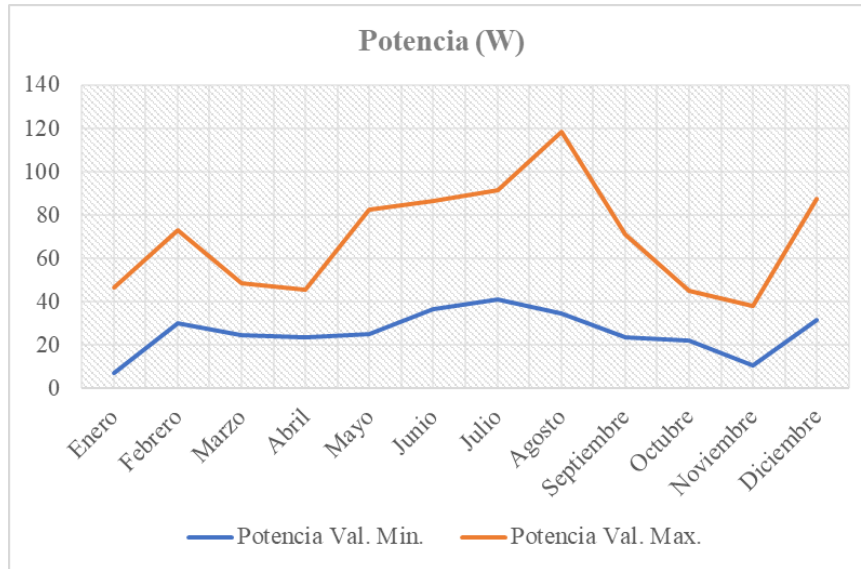


Figura 32. Variación de la potencia mensual proporcionado.

Fuente: Autor

La figura 32 muestra que febrero, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y diciembre presentan los mejores valores de potencia siendo mayor a 70 W, mientras que el resto de los meses presentan potencias menores a 60 W en sus picos más altos.

En mes con mayor potencia corresponde a agosto alcanzando cerca de los 120 W en su pico más alto.

En la tabla 13 se puede visualizar el consumo durante un periodo de tiempo dado por [30].

Tabla 13. Consumo energético.

Cargas	Cantidad	Potencia (w)	Consumo al día (h)	Energía (wh/día)	Energía (wh/mes)	Energía (wh/año)
Focos	3	20	3	180	5400	65700
Radio	1	16	3	48	1440	17520

Televisor	1	100	1	100	3000	36500
Cargador del celular	1	5	1	5	150	1825
Total				333	9990	121545

Fuente: [30]

En el anexo AM se muestra la disminución del voltaje de las baterías en función del consumo de los equipos eléctricos y electrónicos instalados, de igual manera el incremento del voltaje cuando se activan las fuentes de energía provenientes de los paneles solares y del generador eólico.

3.1.3 Descarga de baterías.

Los equipos electrónicos que posee el hogar son los que conforman el sistema de control y sistema de almacenamiento de datos complementario los cuales se pueden apreciar en las tablas del anexo AM ya que siempre hay un consumo constante aproximado de 150 mA (0.15 A) y la disminución del voltaje es de 10.95 a 10.91 voltios en un periodo de 6 horas.

Para el almacenamiento de energía se encuentran instaladas dos baterías conectadas en serie de 6 voltios y 200 Ah cada una, proporcionándonos un almacenamiento de 12 voltios y 200 Ah o 2400 Wh.

Los cálculos siguientes son en base a la capacidad de las baterías.

$$\frac{10.95 - 10.91}{6} = 6.67 \times 10^{-3} \text{ Vh}$$

De tal manera que el sistema de control y almacenamiento de datos consume 6.67×10^{-3} voltios cada hora equivalente a 1×10^{-3} watts.

Por lo tanto, las baterías tendrían una autonomía hasta llegar al 90% de su capacidad solo con el consumo del sistema de control de:

$$\frac{(12 - 9.6)v}{(6.67 \times 10^{-3})v/h} \approx 360 \text{ horas} \approx 15 \text{ días}$$

Los equipos eléctricos que posee el hogar es un foco, un cargador de celular y las resistencias para el calentamiento del agua.

Mediante las tablas del anexo AM se puede apreciar que el consumo del foco es de 2.248 amperios, el cargador del celular es de 5 amperios y las resistencias es de 60 amperios aproximadamente.

Tabla 14. Autonomía de las baterías hasta llegar al 80% de su capacidad.

Equipo	Consumo (amp)	Descarga (voltios/hora)	Potencia (watts)	Autonomía hasta el 80 %
Sistemas	0.15	6.367×10^{-3}	1×10^{-3}	15 días
Foco	2.25	0.09	0.19	1.15 días
Cargador de celular	5.00	0.18	0.91	13.20 horas
Resistencias	60.00	1.06	63.60	2.26 horas
Total	67.40	1.33	64.70	1.8 Horas

Fuente: Autor

Los datos de la tabla 14 muestran la duración de las baterías hasta alcanzar el 80% de su capacidad ya que a partir de ese valor se activarían ambas fuentes de energía para volver a cargar las baterías.

Para el mejoramiento de las condiciones de vida de las personas que habitan en ese lugar se presenta la autonomía de las baterías cuando se utilice un televisor, una radio y una plancha eléctrica.

En la tabla 15 se muestra el tiempo de autonomía en las baterías si la proyección es utilizar una televisión, una radio y una plancha, las cuales si se utilizan de manera individual presentan los máximos tiempos en los que se puede ser aprovechado

Tabla 15. Autonomía con el uso de equipos adicionales.

Equipo	Consumo (amp)	Descarga (voltios/hora)	Potencia (watts)	Autonomía hasta el 80 %
Tv	100	2.21	221	1.09 horas
Plancha	10	0.4	4	6 horas
Radio	7	0.28	1.96	8.57 horas

Fuente: Autor

3.1.4 Carga de baterías.

En las tablas del anexo AM se muestra que cuando las baterías alcanzan una carga menor al 90% comienzan a activarse las fuentes de energía comenzando con los paneles solares que para cargar las baterías es tomada una irradiancia desde los 200 w/m^2 .

En la tabla 16 se presenta la capacidad de carga que tienen los paneles solares en función de la irradiancia.

Tabla 16. Porcentaje de carga por hora de los paneles solares.

Equipo	Irradiancia (w/m^2)	Amperaje	Voltaje de carga por hora	Tiempo de carga (%/hora)
Paneles solares	200	1.1	1.7	12
	400	2.25	3.2	23
	600	3.33	5.1	36
	800	4.5	6.5	46
	1000	5.7	7.9	56

Fuente: Autor

En la tabla 17 se presenta la capacidad de carga que tiene el generador eólico en función de la velocidad de viento.

Tabla 17. Porcentaje de carga por hora del generador eólico.

Equipo	Vel. del viento (m/s)	Amperaje	Voltaje de carga por hora	Tiempo de carga (%/hora)
Generador eólico	2	0.18	0.12	1
	4	2.08	0.61	4
	6	9.36	1.35	10
	8	12.42	3.24	23
	10	13.01	5.21	37
	12	13.75	7.45	53

Fuente: Autor

3.1.5 Calentamiento del agua.

En el anexo AN se presenta la variación del calentamiento del agua en los diferentes días de uso, con un incremento de 2 a 3 grados centígrados cuando la temperatura se encuentra entre los 25 a 30°C.

3.1.6 Mejoramiento del sistema.

En la tabla 18 se presenta el listado de equipos instalados en el hogar con un tiempo de uso más prolongado para determinar el número de baterías necesarias.

Tabla 18. Consumo de electrodomésticos para mejoramiento del sistema.

Equipos	Potencia (w)	horas de uso al día	Wh
Sistema	1.788	24	42.912
3 focos	24	6	144
Cargador de celular	5	3	15
Resistencias	720	2.5	1800
Tv	120	6	720
Plancha	1000	2	2000
Radio	90	5	450
total			5171.91

Fuente: Autor

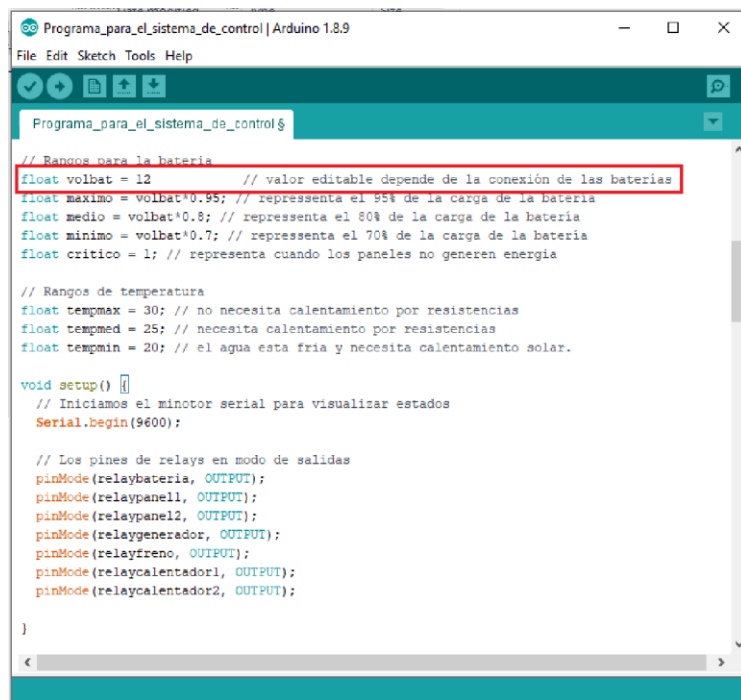
El consumo del hogar se encuentra limitado debido a la capacidad de almacenamiento de energía de las baterías, por lo que se procede al cálculo de consumo con mayor cantidad de horas de uso al día, para determinar la cantidad de baterías necesarias.

El consumo de vatios hora con un uso de electrodomésticos moderado para mejorar la calidad de vida de los moradores es de 5171.91 Wh.

$$\# \text{ de baterías} = \frac{5171.91}{1200} = 4.31$$

Para satisfacer la necesidad del consumo se presenta la propuesta de implementar un total de 5 baterías conectadas en serie cada una de 6 voltios y 200 Ah dándonos una potencia de 6000 Wh.

En la figura 33 se presenta la sección del programa en donde se debe incorporar el valor del voltaje total proveniente de la conexión de las baterías en caso de aumentarlas para que el sistema actúe con normalidad.



```
Programa_para_el_sistema_de_control | Arduino 1.8.9
File Edit Sketch Tools Help
Programa_para_el_sistema_de_control $
// Rangos para la batería
float volbat = 12 // valor editable depende de la conexión de las baterías
float maximo = volbat*0.95; // representa el 95% de la carga de la batería
float medio = volbat*0.8; // representa el 80% de la carga de la batería
float minimo = volbat*0.7; // representa el 70% de la carga de la batería
float critico = 1; // representa cuando los paneles no generen energía

// Rangos de temperatura
float tempmax = 30; // no necesita calentamiento por resistencias
float tempmed = 25; // necesita calentamiento por resistencias
float tempmin = 20; // el agua esta fría y necesita calentamiento solar.

void setup() {
  // Iniciamos el minitor serial para visualizar estados
  Serial.begin(9600);

  // Los pines de relays en modo de salidas
  pinMode(relaybateria, OUTPUT);
  pinMode(relaypanel1, OUTPUT);
  pinMode(relaypanel2, OUTPUT);
  pinMode(relaygenerador, OUTPUT);
  pinMode(relayfreno, OUTPUT);
  pinMode(relaycalentador1, OUTPUT);
  pinMode(relaycalentador2, OUTPUT);
}
```

Figura 33. Código de programación del sistema de control.

Fuente: Autor

3.1.7 Comportamiento del sistema de control.

3.1.7.1 Variación de la carga de baterías.

En la figura 34 se presenta el comportamiento de la carga de la batería en función del consumo diaria del mes de septiembre basado en el anexo AM.

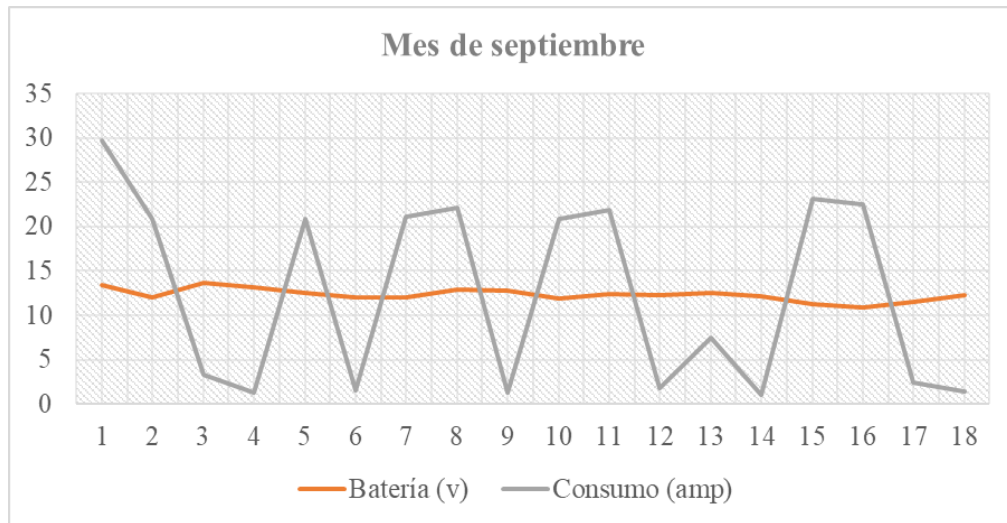


Figura 34. Variación de la carga de la batería vs el consumo mes de septiembre.

Fuente: Autor

En la figura 35 se presenta el comportamiento de la carga de la batería en función del consumo diaria del mes de septiembre basado en el anexo AN.

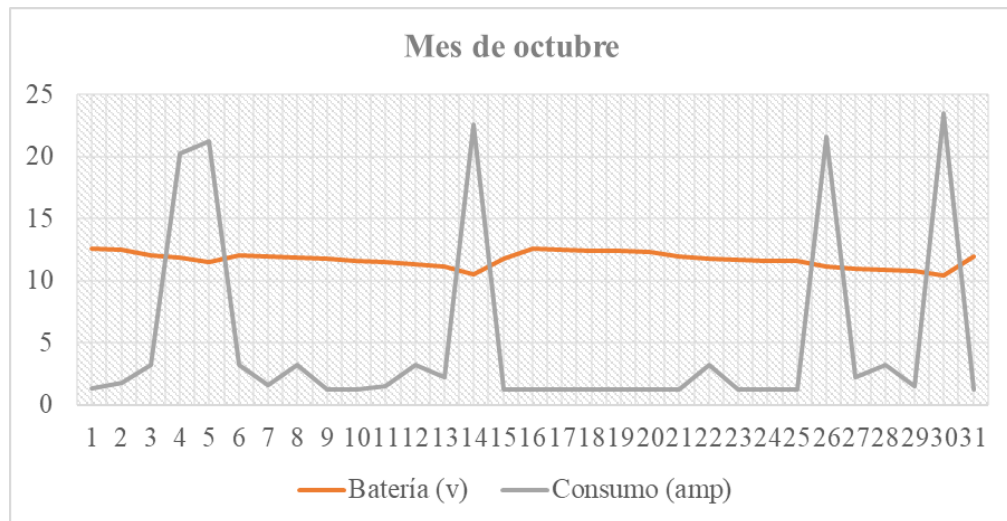


Figura 35. Variación de la carga de la batería vs el consumo mes de Octubre.

Fuente: Autor

En la figura 36 se presenta el comportamiento de la carga de la batería en función del consumo diaria del mes de septiembre basado en el anexo AO.

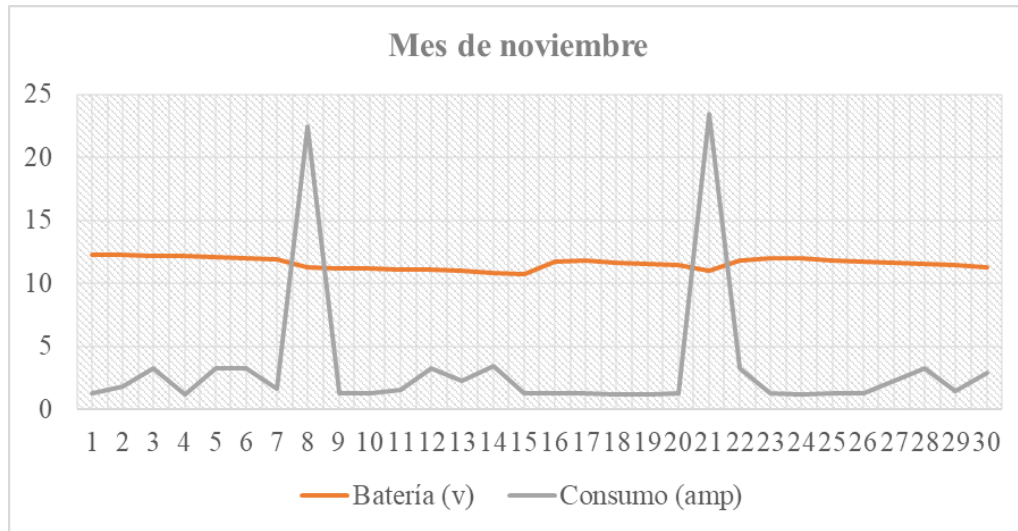


Figura 36. Variación de la carga de la batería vs el consumo mes de noviembre.

Fuente: Autor

En el comportamiento diario visualizado en las figuras de la 34 a la 36 se presenta que el sistema de control mantiene las baterías a una carga estable a través de activar las fuentes de energía renovable y pesar de la variación del consumo que se realiza, manteniendo en un valor aproximado de entre los 10.5 voltios hasta los 12.3 voltios, correspondientes a 100% y 80% de la capacidad de las baterías.

3.1.7.2 Pruebas de funcionamiento con el fenómeno provocado.

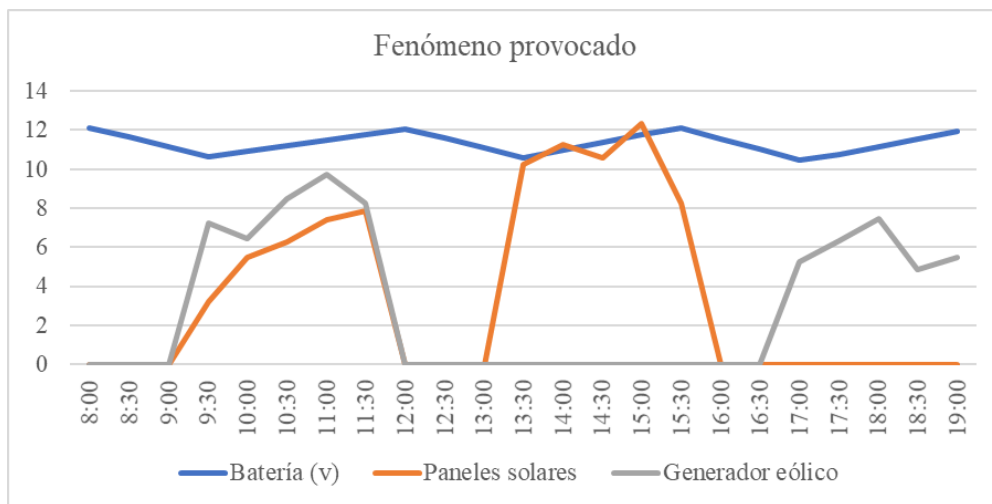


Figura 37. Fenómeno provocado durante un día.

Fuente: Autor

En la figura 37 basada en el anexo AU se presenta la variación de la carga de la batería cuando se coloca una carga de 200 amperios con la finalidad de provocar el fenómeno de funcionamiento, durante el periodo de 9:00 a 12:00 se encuentran activadas las dos fuentes de energía (paneles solares y generador eólico), posteriormente se volvió a colocar la carga y cuando las baterías se encontraron por debajo del 80% se apagó el generador eólico y el sistema procedió a activar los paneles solares desde las 13:00 hasta las 16:00 para que vuelvan a su estado normal finalmente se volvió a colocar la carga y a partir de las 16:00 se procedió a desactivar los paneles solares donde el sistema activó el generador eólico para cargar la batería cuando lo requiera.

3.1.7.3 Variación de la temperatura del agua.

En la figura 38 se presenta comportamiento de la variación de la temperatura del agua del mes de septiembre basada en el anexo AN.

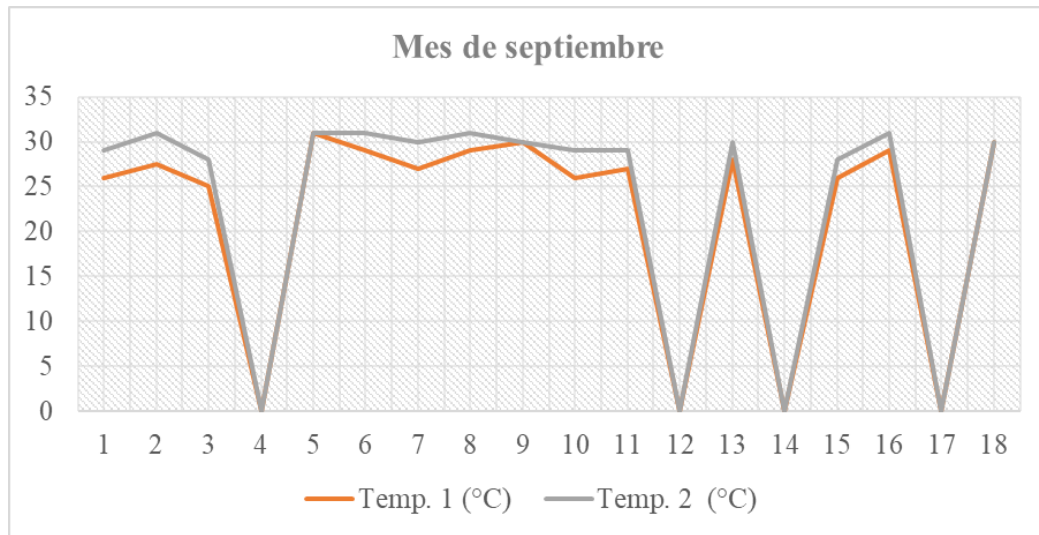


Figura 38. Variación de la temperatura mes de septiembre.

Fuente: Autor.

En la figura 39 se presenta comportamiento de la variación de la temperatura del agua del mes de octubre basada en el anexo AM.

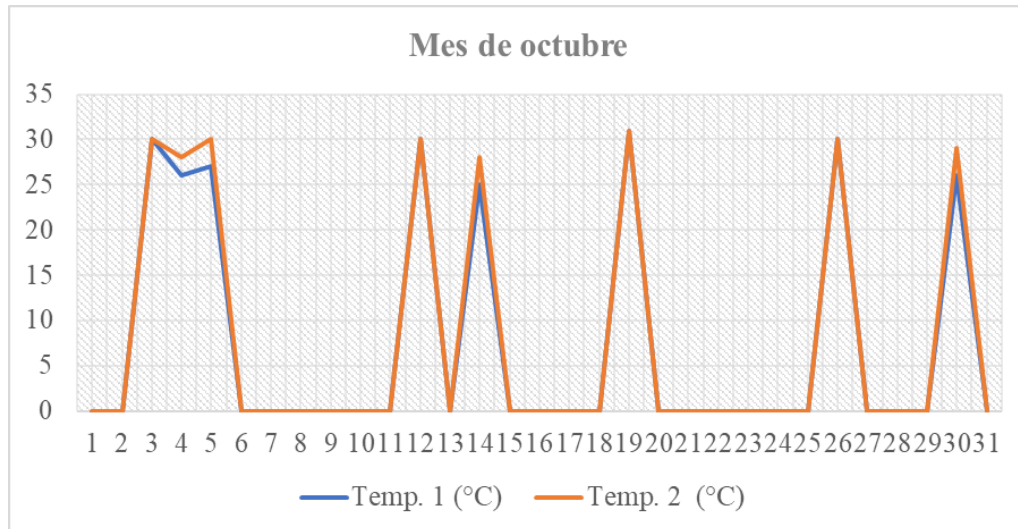


Figura 39. Variación de la temperatura del mes de octubre.

Fuente: Autor.

En la figura 40 se presenta comportamiento de la variación de la temperatura del agua del mes de noviembre basada en el anexo AO.

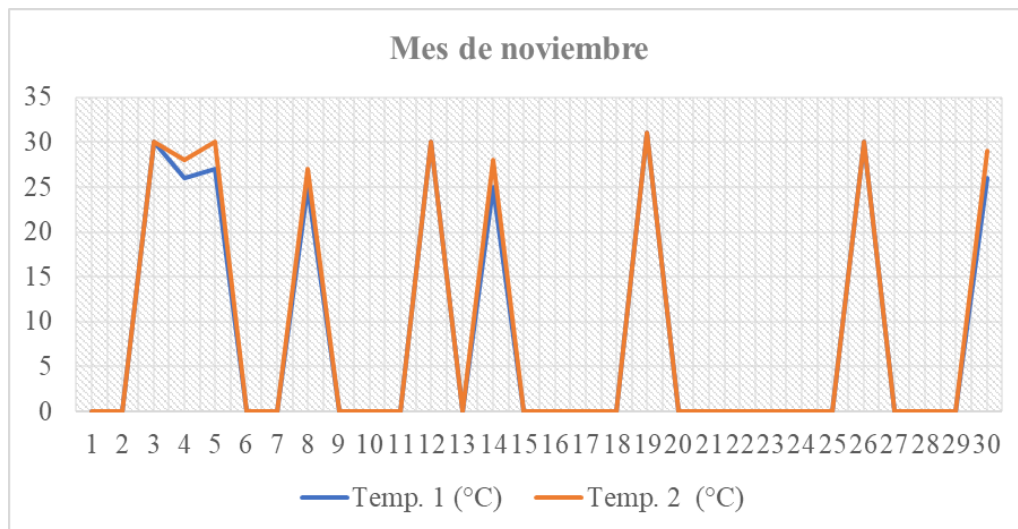


Figura 40. Variación de la temperatura del mes de noviembre.

Fuente: Autor.

En las figuras de la 38 a la 40 se presenta el comportamiento de la temperatura del agua cada día donde se determinó que la temperatura de agua que ingresa a las resistencias se incrementan de 2 a 3°C cuando se encuentra entre las temperaturas de 25 a 30°C para mantenerlas estables.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.

- Mediante el proyecto técnico realizado se determinó que los parámetros que intervienen en el sistema de control son: el voltaje proveniente de las fuentes de energía renovables (paneles solares y el generador eólico), la carga de la batería, el consumo diario de la vivienda y la temperatura proveniente de los tanques térmicos solares. Para el buen funcionamiento del sistema de generación de energía las cargas de las baterías deben estar entre el 80% y 100% de su carga correspondientes a 9.6 y 12 voltios, los paneles solares deben proporcionar energía funcionando a una irradiancia de entre 200 a 600 W/m^2 desde las 8:00 am hasta las 16:00 pm del día y el generador eólico proporciona la energía suficiente funcionando a velocidades del viento desde los 6 hasta los 14 m/s.
- Para el diseño del sistema de control se seleccionaron los siguientes elementos: una tarjetas Arduino UNO, resistencias de 10, 4.7 y 2.2 K Ω , módulo de relés de 8 canales, cables dupont macho-macho, macho-hembra y hembra-hembra, cable USB A/B, borneras de 5 mm, sensores de temperatura y diodos los detalles se los puede visualizar en la tabla 7. Para el sistema de monitoreo de datos se utilizó: una tarjeta Arduino MEGA, módulo ethernet shield, raspberry pi 3, router de internet, sensor de voltaje AC, sensor de intensidad de corriente, anemómetro, sensor de irradiancia solar y cables gemelos los detalles se los puede visualizar en la tabla 8. Para la instalación de los paneles térmicos solares se utilizó: manguera de $\frac{3}{4}$ de pulgada, acoples, abrazaderas, teflón, válvulas de paso, codos, T, neplos, etc. Los materiales se los puede visualizar en la tabla 9. Finalmente se utilizaron materiales adicionales como: cautín, pistola de silicona, taladro, estaño, tubo térmico retráctil, etc. Que se los puede visualizar en la tabla 10.

- Con la adquisición de los elementos descritos anteriormente y con los parámetros determinados se procedió a la construcción del sistema de control y a la programación la cual mediante los resultados obtenidos en las tablas 11 y 12 se puede visualizar que cumple las condiciones de servicio especificadas que las baterías se encuentren sobre el 80% de su capacidad, que si las baterías requieren ser cargadas el sistema de control permita la selección de la mejor fuente de energía proveniente de los paneles solares y del generador eólico, también el poder encender las resistencias para que la temperatura del agua pueda incrementarse hasta la deseada de 30°C.
- Mediante las pruebas de funcionamiento se determinó que el consumo es bajo y utilizando de entre una a dos horas diarias, la carga de la batería disminuye en un 10 a 20 % de su capacidad, las resistencias para el calentamiento del agua cuando se encuentra entre de 25 a 30°C se incrementan de 2 a 3 grados, como se presentan en las figuras de la 34 a la 36.

4.2 Recomendaciones.

- Se recomienda que cada dos meses se extraigan los datos guardados como respaldos y se formatee la tarjeta microSD para que funcione de la mejor manera.
- La implementación del sistema de control con la finalidad de mejorar los elementos que ya se encontraban instalados debido a proyectos anteriores y evitar el sobrecalentamiento y deterioro de los mismos por lo cual se debe realizar una visita cada 6 meses para verificar que el sistema de control se mantenga encendido.
- Se recomienda verificar el estado de los dispositivos cada tres meses debido a que las condiciones climáticas del lugar son muy extremas debido a la humedad, el frío y la lluvia.
- Se recomienda verificar cada 2 meses las conexiones de agua para evitar fugas ya que se trabaja con variaciones continuas de temperatura.

- Se recomienda que para el mejoramiento de la calidad de vida de los moradores se incorporen un total de 5 baterías de las mismas especificaciones para que el tiempo de uso de los equipos eléctricos y electrónicos sea más prolongado.
- Se recomienda que al momento de implementar más baterías para el aumento de potencia se tome en cuenta el voltaje final para instalar un convertidor de voltaje que sea capaz de soportar la nueva especificación.

MATERIALES DE REFERENCIA

- [1] L. Cárdenas y M. Vaca, "Diseño, implementación y monitoreo de una microcentral eléctrica eólica-fotovoltaica, para el aprovechamiento de energías alternativas, Sangolqui-Pichincha-Ecuador": ESPE, 2014.
- [2] I. Muñoz, "Modelo y control de un sistema híbrido PV-eólico para una micro-red eléctrica DC", Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2015.
- [3] J. Mondragón y J. P. López, "Sistema híbrido Eólico-Fotovoltaico para casa habitación con tarifa DAC, Universidad Nacional Autónoma de México", 2017, pp. 10-11.
- [4] A. Moreira y F. Noroña, "Análisis del potencial eólico y solar para la implementación de un sistema híbrido de generación eléctrica en base al uso de energías alternativas en el páramo Chalupas, periodo 2015", Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2015.
- [5] F. Espín, "Diseño e implementación de un software para evaluar el comportamiento en tiempo real de un sistema híbrido eólico-solar en el sector de Río Blanco comunidad Yatzaputzán", Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [6] B. Álvarez, Capítulo 2. *Sistemas de Control*, de Microsoft - Tesinaglobal, México, upcommons, 2014, pp. 5-7.
- [7] F. Gonzalez, *Introducción a los sistemas de control*, España: RESERCHGATE, 2016.
- [8] P. Abarca, "AIE", 01 Marzo 2017. [En línea]. Available: <http://www.aie.cl/> [Último acceso: 12 Junio 2019].
- [9] K. Martínez, *Ingeniería de sistemas y automática*, 27 Agosto 2016. [En línea]. Available: <http://isa.uniovi.es/> [Último acceso: 12 Junio 2019].
- [10] J. Romero, "Análisis del comportamiento del rotor en operación de un aerogenerador de baja potencia ubicado en el sector de Río Blanco comunidad Yatzaputzán para determinar su eficiencia", Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2018.

- [11] M. Guananga, "Diseño y construcción de un sistema fotovoltaico de baja potencia en el sector Río Blanco perteneciente a la comunidad de Yatzaputzán", Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [12] M. Cardenas, "Sistemas de Control", 19 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/chico/Downloads/UNIDAD%20%20SISTEMAS%20DE%20CONTROL.pdf>. [Último acceso: 12 Junio 2019].
- [13] Arduino, Arduino Home, [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/>. [Último acceso: 12 Junio 2019].
- [14] Arduino, "BrigoGeek", 25 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://tienda.bricogeek.com/> [Último acceso: 14 Junio 2019].
- [15] M. Solis, "Manual de Arduino", 02 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://arduino.pbworks.com/> [Último acceso: 14 Junio 2019].
- [16] MySQL, "Documentation", 10 Febrero 2010. [En línea]. Available: <https://dev.mysql.com/>. [Último acceso: 14 Junio 2019].
- [17] Innovatronik MS, 25 Enero 2016. [En línea]. Available: <https://innovatronikms.com/>. [Último acceso: 18 Junio 2019].
- [18] M. Salcedo, "Influencia del estudio de la tecnología de vacío en tubos sobre la eficiencia para el calentamiento de agua usando la energía solar", Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2011.
- [19] S. Guanoluisa, Estudio de la geometría del absorbedor del colector solar parabólico compuesto y su incidencia en la eficiencia para calentamiento de agua de uso sanitario, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2015.
- [20] *I+D Electrónica*, 27 Julio 2015. [En línea]. Available: <https://wiki.dfrobot.com/>. [Último acceso: 20 Junio 2019].
- [21] *La energía eléctrica, generación, distribución y consumo*, Mexico: CAESS, 2015.
- [22] "Módulo sensor de corriente ACS712 30 A", Electronilab, 19 Junio 2017. [En línea]. [Último acceso: 28 Julio 2019].
- [23] GEEK FACTORY, 2016. [En línea]. Available: <https://www.geekfactory.mx/tienda/>. [Último acceso: 20 07 2019].

- [24] AG Electronica, 2015. [En línea]. Available: <http://www.agspecinfo.com/pdfs/S/SEN08942.PDF>. [Último acceso: 20 Julio 2019].
- [25] L. Vallejo, "Indice Ultravioleta", Chile: Universidad de Antofagasta, 2013.
- [26] Aardunio, "Ethernet Shield Módulo", Arduino, [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Reference/Ethernet>. [Último acceso: 20 Julio 2019].
- [27] Raspberry, "Raspberry Pi Model B," 25 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/>. [Último acceso: 22 Julio 2019].
- [28] R. Loureiro, "PFC - Estudio plataformas LOT", 12 Junio 2015. [En línea]. Available: <http://openaccess.uoc.edu/> [Último acceso: 23 Julio 2019].
- [29] R. Lourerio, "Estudio Plataformas IOT", Panamá: PFC, 2017.
- [30] J, Naranjo," Determinación del potencial eólicodisponible en el sector de Río Blanco perteneciente al canton Ambato provincia de Tungurahua", Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [31] LI-COR, "Pyranometer", Light Measurement, 05 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://www.licor.com/> [Último acceso: 20 Agosto 2019].

Anexos

Anexo A.

Curva de potencia medida

Bin N°	Velocidad de viento a la altura del buje (m/s)	Potencia de salida (W)	Coefficiente de potencia (Cp)	N° de conjunto de datos (10 minutos)	(Desviación típica de la potencia)	Incertidumbre A (Incertidumbre típica para cada bin)	Incertidumbre B (Según La medición de la curva de potencia de un aerogenerador de pequeña escala.)
0	-	-	-	-	-	-	-
1	2.26	2.14	0.06	2794	0.02	0.0004	0.11
2	2.75	3.83	0.06	4365	0.03	0.0005	0.19
3	3.27	7.30	0.06	5022	0.06	0.0008	0.37
4	3.76	16.67	0.10	3993	0.15	0.0024	0.83
5	4.24	27.94	0.11	3530	0.27	0.0046	1.40
6	4.74	58.34	0.17	2765	0.65	0.0123	2.92
7	5.25	94.21	0.20	2939	1.02	0.0189	4.71
8	5.74	122.51	0.20	2070	1.61	0.0353	6.13
9	6.23	142.63	0.18	2090	1.87	0.0409	7.13
10	6.74	164.18	0.16	1948	2.25	0.0509	8.21
11	7.25	174.32	0.14	1338	2.89	0.0789	8.72
12	7.74	184.78	0.12	1229	3.21	0.0917	9.24
13	8.23	197.95	0.11	730	4.49	0.1662	9.90
14	8.73	204.82	0.09	563	5.33	0.2247	10.24
15	9.24	209.15	0.08	320	7.26	0.4056	10.46
16	9.72	215.06	0.07	211	9.17	0.6310	10.75
17	10.19	211.71	0.06	83	14.51	1.5930	10.59
18	10.62	207.70	0.05	28	24.63	4.6552	10.39

Fuente: [10]

Anexo B.

Curva de potencia corregida.

Bin N°	Velocidad de viento a la altura del buje corregida (m/s)	Potencia de salida corregida (W)	Coefficiente de potencia corregido (Cp)	N° de conjunto de datos (10 minutos)
0	-	-	-	-
1	2.25	2.09	0.056	2794
2	2.75	3.73	0.055	4365
3	3.25	7.12	0.064	5022
4	3.75	16.25	0.095	3993
5	4.25	27.24	0.109	3530
6	4.75	56.88	0.163	2765
7	5.25	91.84	0.195	2939
8	5.75	119.43	0.193	2070
9	6.25	139.05	0.175	2090
10	6.75	160.05	0.160	1948
11	7.25	169.92	0.137	1338
12	7.75	180.12	0.119	1229
13	8.25	192.92	0.106	730
14	8.75	199.59	0.092	563
15	9.25	203.72	0.079	320
16	9.75	209.37	0.069	211
17	10.25	205.62	0.059	83
18	10.75	200.18	0.050	28

Fuente: [10]

Anexo C.

Velocidad de viento e incertidumbre de la velocidad de rotación del rotor para el análisis de resultados

Bin N°	Velocidad de viento a la altura del buje (m/s)	N° de conjunto de datos (10 minutos)	Velocidad de rotación del rotor (rpm)	Incertidumbre A (Según La medición de la curva de potencia de un aerogenerador de pequeña escala.)
0	-	-	-	-
1	2.25	2794	1.3	0.009
2	2.75	4365	2.3	0.017
3	3.25	5022	4.2	0.031
4	3.75	3993	9.0	0.07
5	4.25	3530	15.1	0.117
6	4.75	2765	30.9	0.241
7	5.25	2939	49.4	0.389
8	5.75	2070	64.3	0.503
9	6.25	2090	75.0	0.584
10	6.75	1948	87.5	0.671
11	7.25	1338	93.6	0.71
12	7.75	1229	99.8	0.747
13	8.25	730	106.3	0.787
14	8.75	563	109.2	0.8
15	9.25	320	111.5	0.81
16	9.75	211	114.7	0.823
17	10.25	83	117.4	0.833
18	10.75	28	119.8	0.84

Fuente: [10]

Anexo D.

Velocidad de viento e incertidumbre del voltaje para el análisis de resultados.

Bin N°	Velocidad de viento a la altura del buje (m/s)	N° de conjunto de datos (10 minutos)	Voltaje entregado generador (V)	Incertidumbre A (Según La medición de la curva de potencia de un aerogenerador de pequeña escala.)
0	-	-	-	-
1	2.25	2794	0.17	0.009
2	2.75	4365	0.32	0.017
3	3.25	5022	0.59	0.031
4	3.75	3993	1.33	0.07
	4.25	3530	2.22	0.117
6	4.75	2765	4.58	0.241
7	5.25	2939	7.39	0.389
8	5.75	2070	9.55	0.503
9	6.25	2090	11.09	0.584
10	6.75	1948	12.74	0.671
11	7.25	1338	13.50	0.71
12	7.75	1229	14.20	0.747
13	8.25	730	14.96	0.787
14	8.75	563	15.20	0.8
15	9.25	320	15.39	0.81
16	9.75	211	15.65	0.823
17	10.25	83	15.82	0.833
18	10.75	28	15.97	0.84

Fuente: [10]

Anexo E.

La tabla 62 muestra el detalle de la corrección del amperaje mediante la incertidumbre.

Bin N°	Velocidad de viento a la altura del buje (m/s)	N° de conjunto de datos (10 minutos)	Amperaje en la conexión a la carga (A)	Incertidumbre A (Según La medición de la curva de potencia de un aerogenerador de pequeña escala.)
0	-	-	-	-
1	2.25	2794	0.21	0.011
2	2.75	4365	0.37	0.02
3	3.25	5022	0.62	0.033
4	3.75	3993	1.31	0.069
5	4.25	3530	2.21	0.116
6	4.75	2765	4.31	0.227
7	5.25	2939	6.76	0.356
8	5.75	2070	8.58	0.451
9	6.25	2090	9.76	0.514
10	6.75	1948	11.00	0.579
11	7.25	1338	11.43	0.601
12	7.75	1229	11.87	0.625
13	8.25	730	12.81	0.674
14	8.75	563	13.32	0.701
15	9.25	320	13.51	0.711
16	9.75	211	13.73	0.723
17	10.25	83	13.37	0.704
18	10.75	28	12.98	0.683

Fuente:[10]

Anexo F.

La tabla 63 muestra el detalle de los factores característicos del funcionamiento del Generador eólico.

Bin N°	Velocidad de viento a la altura del buje (m/s)	N° de conjunto de datos (10 minutos)	Coefficiente de par (Cm)	Potencia eléctrica final (Pe)	Coefficiente global de potencia eléctrica (Ce)	M (kNm)
0	-	-	-			
1	2.25	2794	0.074	1.57	0.04	1.57
2	2.75	4365	0.049	2.80	0.04	1.56
3	3.25	5022	0.037	5.34	0.05	1.63
4	3.75	3993	0.029	12.19	0.07	1.72
5	4.25	3530	0.023	20.43	0.08	1.73
6	4.75	2765	0.018	42.66	0.12	1.76
7	5.25	2939	0.015	68.88	0.15	1.78
8	5.75	2070	0.013	89.57	0.14	1.77
9	6.25	2090	0.011	104.29	0.13	1.77
10	6.75	1948	0.009	120.04	0.12	1.75
11	7.25	1338	0.008	127.44	0.10	1.73
12	7.75	1229	0.007	135.09	0.09	1.72
13	8.25	730	0.006	144.69	0.08	1.73
14	8.75	563	0.005	149.69	0.07	1.75
15	9.25	320	0.005	152.79	0.06	1.74
16	9.75	211	0.004	157.02	0.05	1.74
17	10.25	83	0.004	154.22	0.04	1.67
18	10.75	28	0.003	150.14	0.04	1.60

Fuente: [10]

Anexo G.

La tabla 64 muestra el detalle de la producción de energía anual producida por el generador eólico.

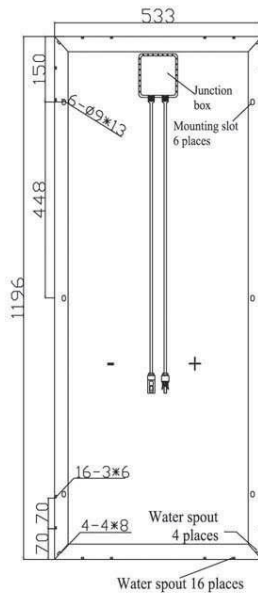
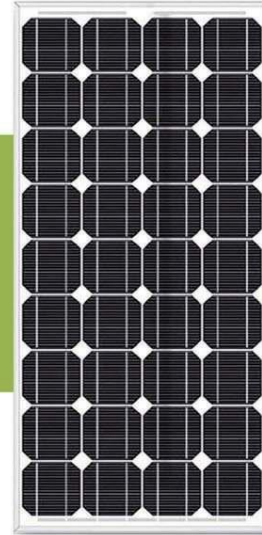
Bin N°	Velocidad de viento a la altura del buje (m/s)	Producción de energía anual AEP kWh	7	5.25	3.92
			8	5.75	4.45
			9	6.25	4.95
			10	6.75	5.43
			11	7.25	5.87
0	-	-	12	7.75	6.28
1	2.25	-	13	8.25	6.64
2	2.75	-	14	8.75	6.96
3	3.25	-	15	9.25	7.24
4	3.75	2.31	16	9.75	7.49
5	4.25	2.85	17	10.25	7.70
6	4.75	3.39	18	10.75	7.88

Fuente: [10]



100 W Maximum Power

High Efficiency Mono-crystalline Solar Module



BENEFITS

- High and stable conversion efficiency based on over 8 years professional experience
- High reliability with guaranteed 0 - + 3 % output power tolerance
- Proven materials, tempered front glass and a sturdy anodized aluminum frame allow modules to operate reliably in multiple mountly configuration
- Combination of high efficiency and attractive appearance

QUALITY AND SAFETY

- 25-year output power warranty
- ISO9001: 2008 (Quality Management System) certified factory
- IEC 61215, Safety tested IEC 61730, CE
- Product Liability Insurance guarantee end users' benefit
- Hail impact: 277 g steel ball falling from 1 m height, 60 m/s wind speed increased snow load according to IEC 61215: up to 5400 N/m² wind load and suction according to IEC 61215: up to 2400 N/m²

TEMPERATURE COEFFICIENTS

Temperature coefficients	at 1000 W/m ² , 25 °C, air mass: 1.5	
Voltage coefficient (V_{oc})	β	- 0.35 %/K
Current coefficient (I_{sc})	α	+ 0.055 %/K
Power coefficient (P_{mp})	γ	- 0.45 %/K
Minimum power tolerance		0 - + 3 %



SunLink PV Technology Co., Ltd.
 Nanyuan Road, Zhangjiagang Economic Development Zone,
 Jiangsu Province, 215600, China.
 Tel: +86-512-58166568 58166566
 Fax: +86-512-58166560
 www.sunlink-pv.com

100 W Maximum Power



TECHNICAL DATA

Solar cell	36 mono-crystalline 125 × 125 mm
Front glass	3.2 mm tempered glass
Junction box	IP65 rated
Bypass-diodes	1 pieces
Output cables	900 mm length cable, compatible with MC IV connectors
Frame	anodized aluminium
Weight	8 kg
Dimensions	1196 × 533 × 35 mm

ELECTRICAL DATA

Module Type	SL080-12M100	SL080-12M95	SL080-12M90	SL080-12M85	SL080-12M80
Nominal peak power (P_{max})	100W	95W	90W	85W	80W
Nominal voltage (V_{mpp})	17.2V	17.2V	17.2V	17.2V	17.2V
Nominal current (I_{mpp})	5.81A	5.52A	5.23A	4.94A	4.65A
Open circuit voltage (V_{oc})	21.6V	21.6V	21.6V	21.6V	21.6V
Short circuit current (I_{sc})	6.43A	6.11A	5.79A	5.47A	5.14A
Module efficiency	15.6%	14.9%	14.1%	13.3%	12.5%
Operating Temperature	-40~+85°C	-40~+85°C	-40~+85°C	-40~+85°C	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000 V DC	1000 V DC	1000 V DC	1000 V DC	1000 V DC

STC: Irradiation: 1000 W/m², module temperature: 25 °C, air mass: 1.5 (EN 60904-3)

Maximum power (P_{max})	72W	68W	65W	61W	58W
Nominal voltage (V_{mpp})	16.5V	16.5V	16.5V	16.5V	16.5V
Nominal current (I_{mpp})	4.37A	4.15A	3.94A	3.72A	3.50A
Open circuit voltage (V_{oc})	19.9V	19.9V	19.9V	19.9V	19.9V
Short circuit current (I_{sc})	4.79A	4.55A	4.31A	4.07A	3.83A

NOCT: Irradiation: 800 W/m², module temperature: 45 °C, air mass: 1.5

Performance under weak light conditions (200 W/m²): EN60904-1, 95.3 % or higher of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved

PACKING CONFIGURATION

Container	20' GP	40' GP
Pieces per pallet	40	40
Pallets per container	16	36
Pieces per container	640	1440

WARRANTY AND CERTIFICATIONS

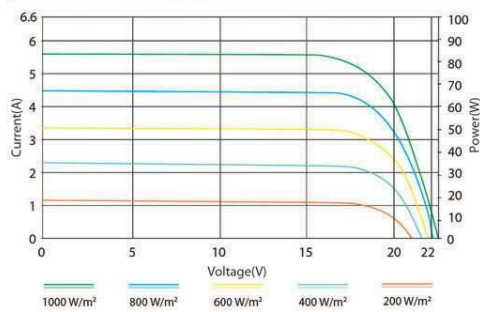
Warranty	10 years workmanship 12 years 90 % of the nominal power warranty 25 years 80 % of the nominal power warranty
----------	--

Certifications IEC 61215, Safety tested IEC 61730 part 2, CE

CAUTION: Read Safety And Installation Instructions Before Using The Product.
© April 2012 SunLink PV Technology Co., Ltd. All rights reserved.
Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Printed on recycled paper.

Current-Voltage & Power-Voltage Curve (SL080-12M95)



SunLink PV APPOINTED DEALER

Anexo I.

TABLA XXXI: Parámetros de cálculo para cada mes de la radiación solar.

MES	n	δ	ω_s	ω'_s	ϵ_0	\bar{H}_o	\bar{R}_b	\bar{K}_T	$\frac{\bar{I}_{d,h}}{\bar{H}_G}$
Noviembre	318	-18.91	89.54	1.563	1.023	9.975	1.083	0.372	0.497
Diciembre	344	-23.05	89.42	1.561	1.031	9.748	1.106	0.437	0.427
Enero	17	-20.92	89.48	1.562	1.032	9.921	1.094	0.514	0.359
Febrero	47	-12.95	89.69	1.565	1.023	10.319	1.052	0.348	0.527
Marzo	75	-2.42	89.94	1.570	1.009	10.508	1.000	0.300	0.596
Abril	105	9.41	90.22	1.575	0.992	10.280	0.944	0.363	0.508
Mayo	135	18.79	90.46	1.579	0.977	9.779	0.899	0.397	0.469
Junio	162	23.09	90.58	1.581	0.969	9.454	0.876	0.303	0.592
Julio	198	21.18	90.53	1.580	0.968	9.559	0.886	0.318	0.569
Agosto	228	13.45	90.32	1.576	0.977	9.998	0.925	0.411	0.453
Septiembre	258	2.22	90.05	1.572	0.991	10.353	0.978	0.405	0.460

Fuente: [11]

Anexo J.

TABLA XXXII: Resultados de radiación total sobre una superficie inclinada

Mes	Declina- ción (δ°)	Angulo horario (ω_s°)	Radiación extraterrestre sobre una superficie horizontal (H_o) _n (KWh/m ²)	\bar{R}	Radiación global mensual sobre una superficie horizontal \bar{H}_G (KWh /m ² . día)	Radiación total mensual sobre una superficie inclinada \bar{H}_T (KWh /m ² . día)
Noviembre	-18.91	89.54	9.975	1.040	3.715	3.863
Diciembre	-23.05	89.42	9.748	1.059	4.263	4.516
Enero	-20.92	89.48	9.921	1.059	5.103	5.406
Febrero	-12.95	89.69	10.319	1.023	3.593	3.674
Marzo	-2.42	89.94	10.508	0.997	3.148	3.140
Abril	9.41	90.22	10.280	0.971	3.734	3.624
Mayo	18.79	90.46	9.779	0.945	3.880	3.665
Junio	23.09	90.58	9.454	0.947	2.861	2.709
Julio	21.18	90.53	9.559	0.949	3.036	2.880
Agosto	13.45	90.32	9.998	0.957	4.114	3.939
Septiembre	2.22	90.05	10.353	0.987	4.190	4.134

Fuente: [11]

Anexo K.

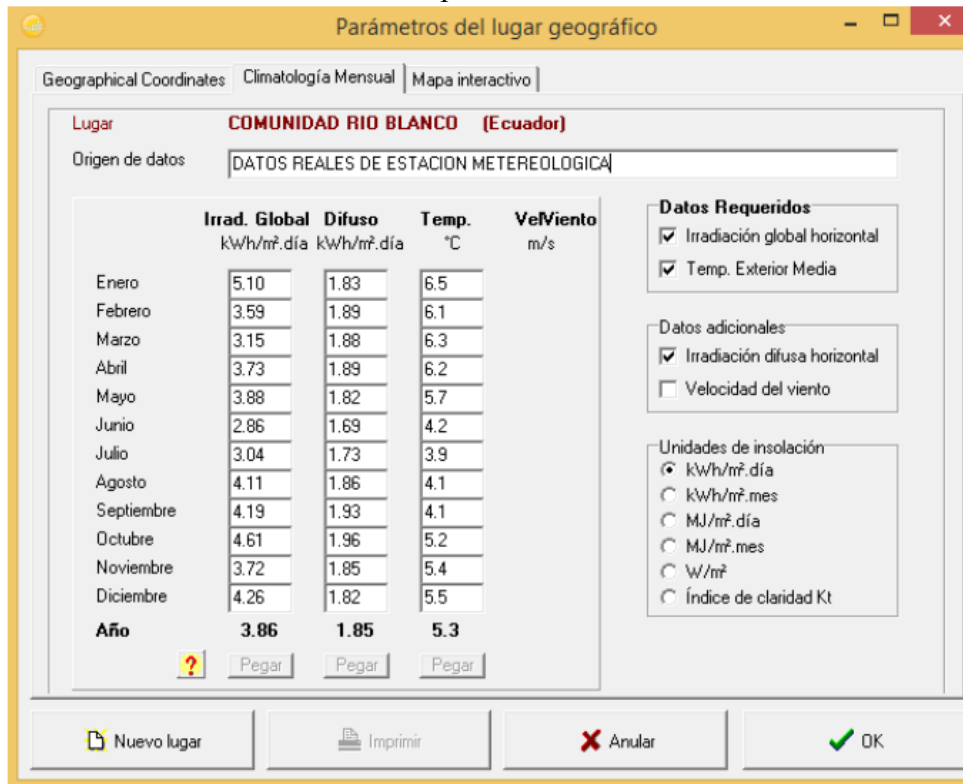
Programa PVsyst V6.40 en su versión de prueba



Fuente: [11]

Anexo L.

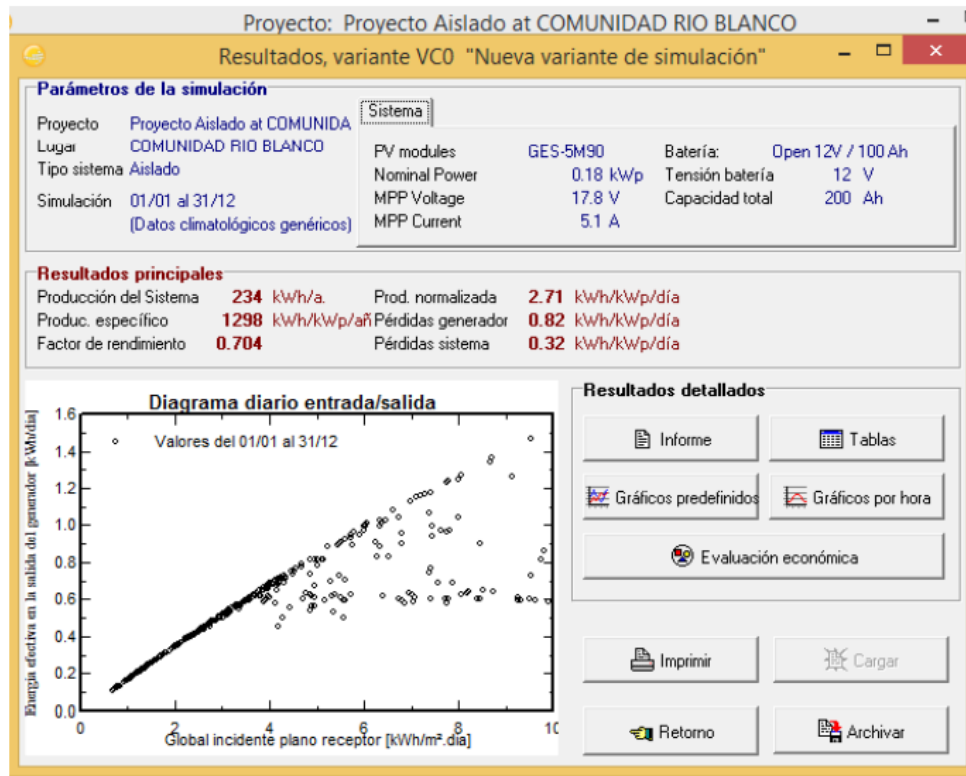
Radiación solar predominante en la zona



Fuente: [11]

Anexo M.

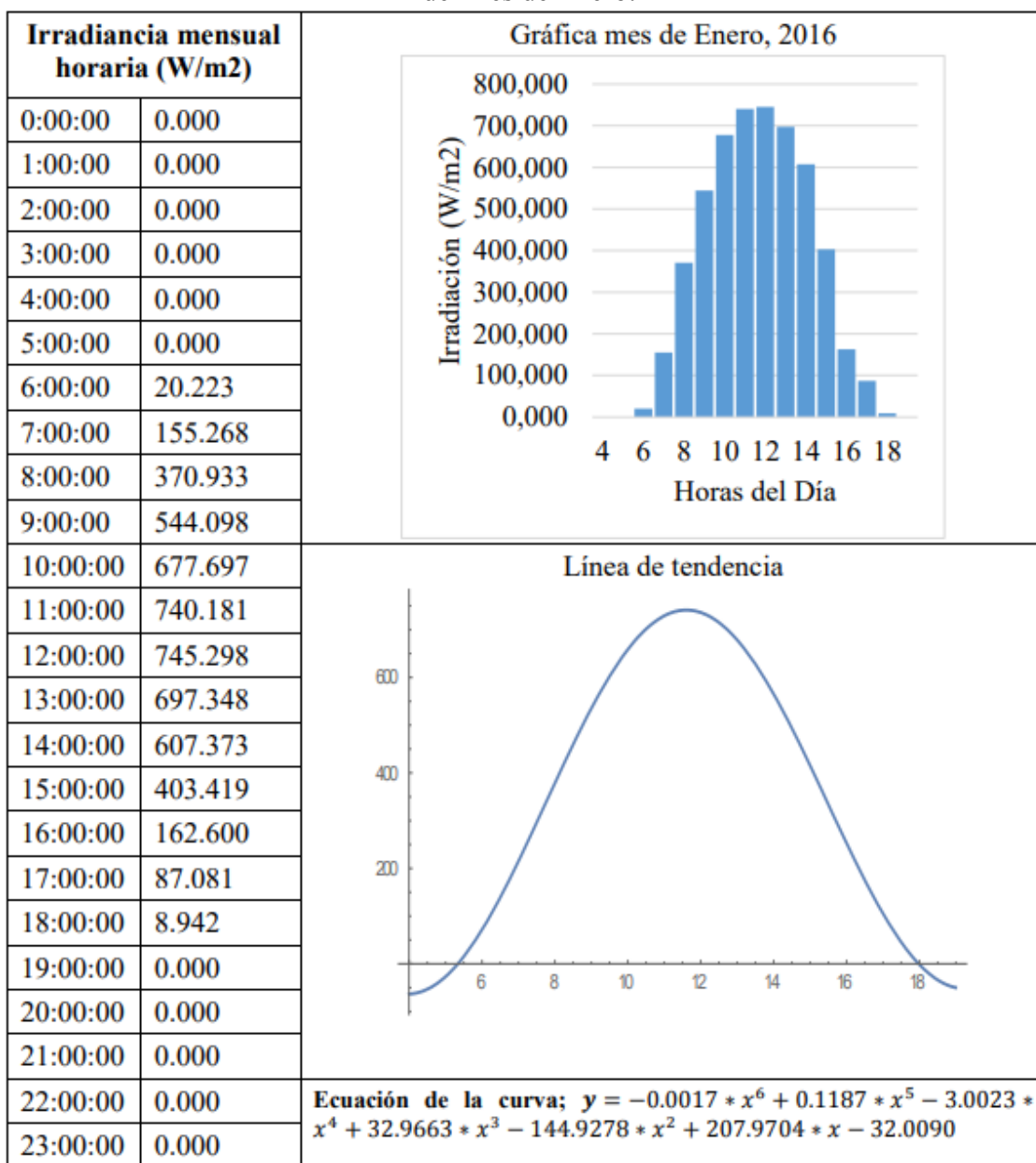
Ventana de resultados y generación del informe final



Fuente: [11]

Anexo N.

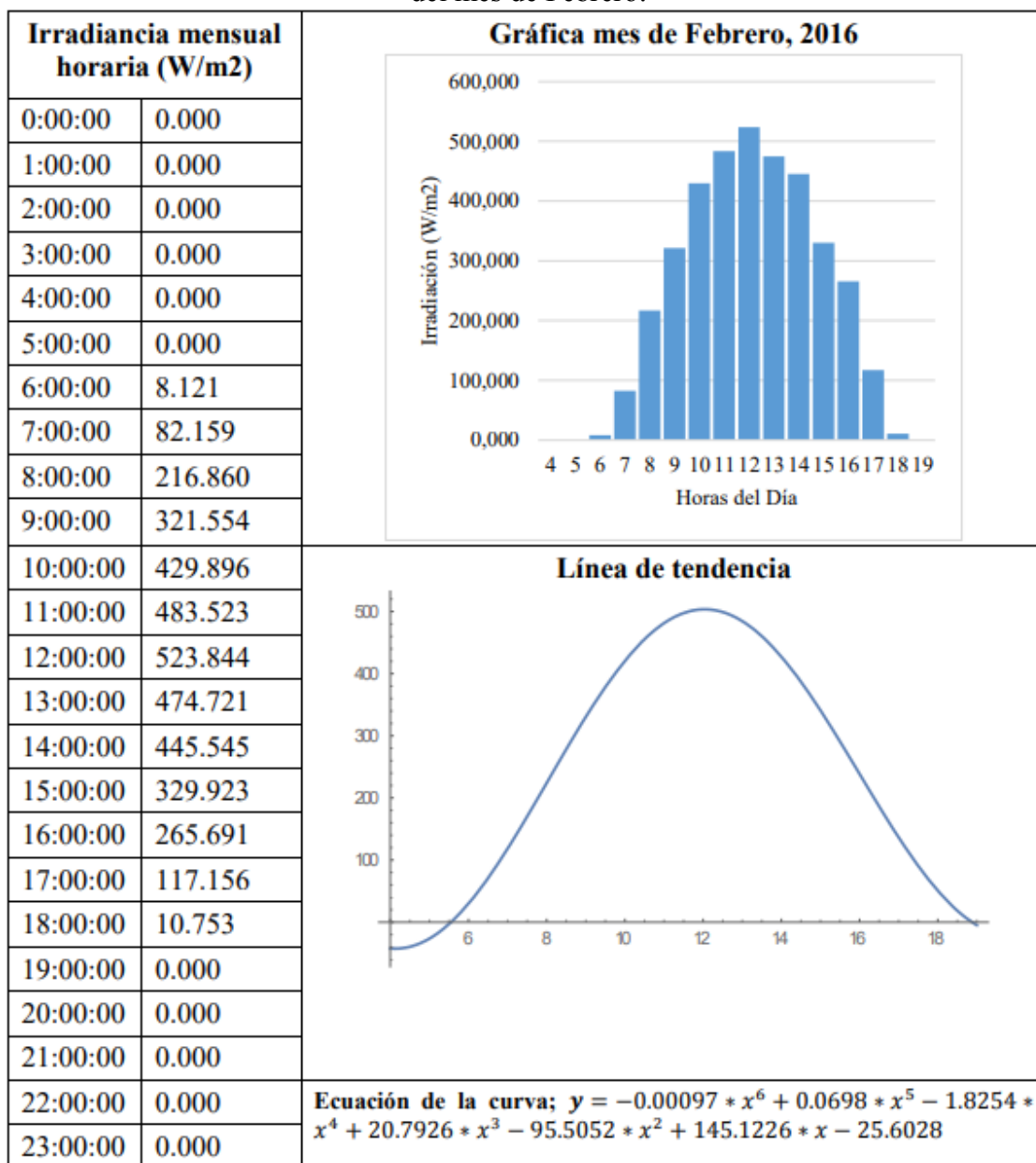
Comportamiento de la Radiación solar del mes de Enero.



Fuente: [11]

Anexo O.

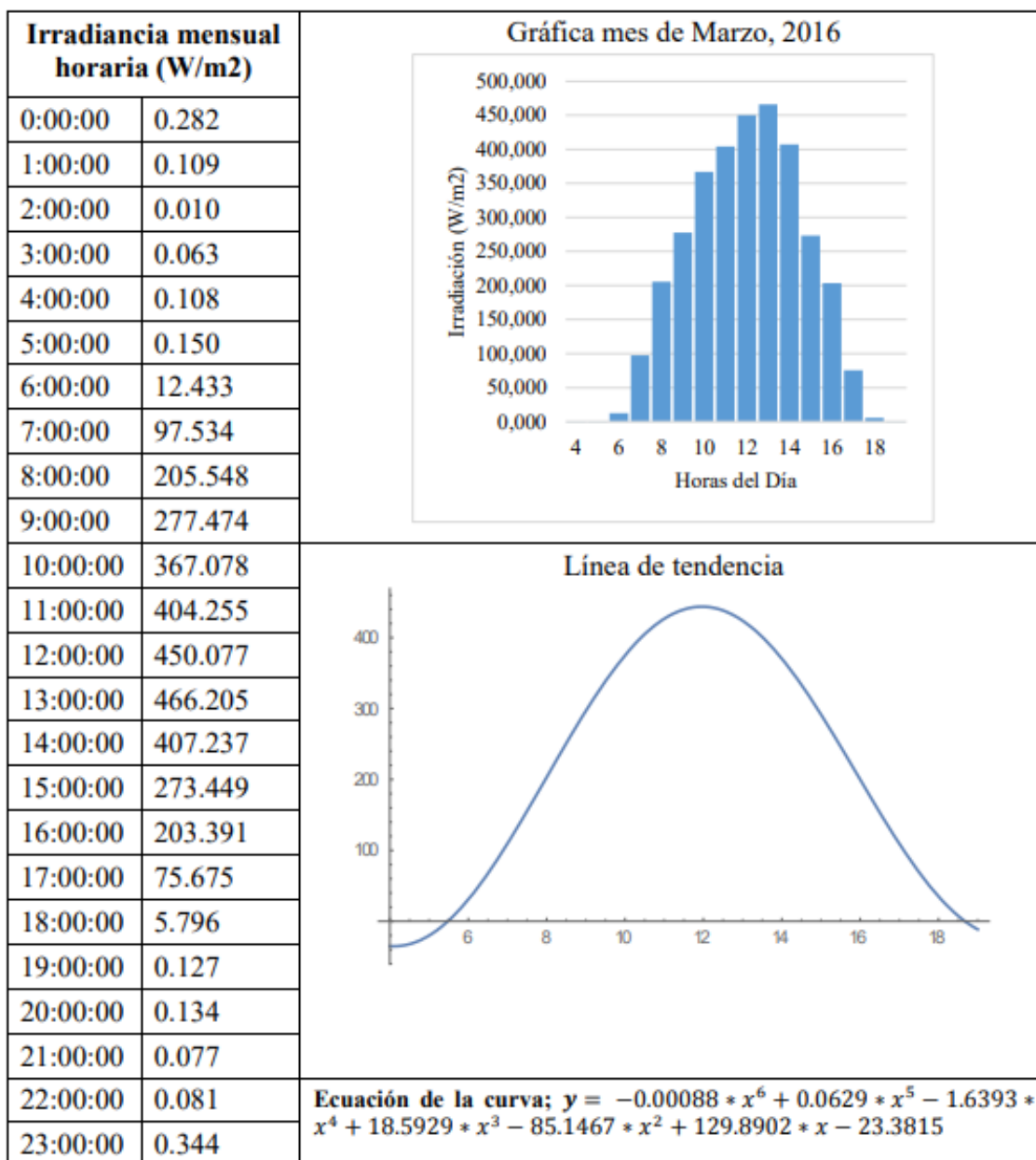
Comportamiento de la Radiación solar del mes de Febrero.



Fuente: [11]

Anexo P.

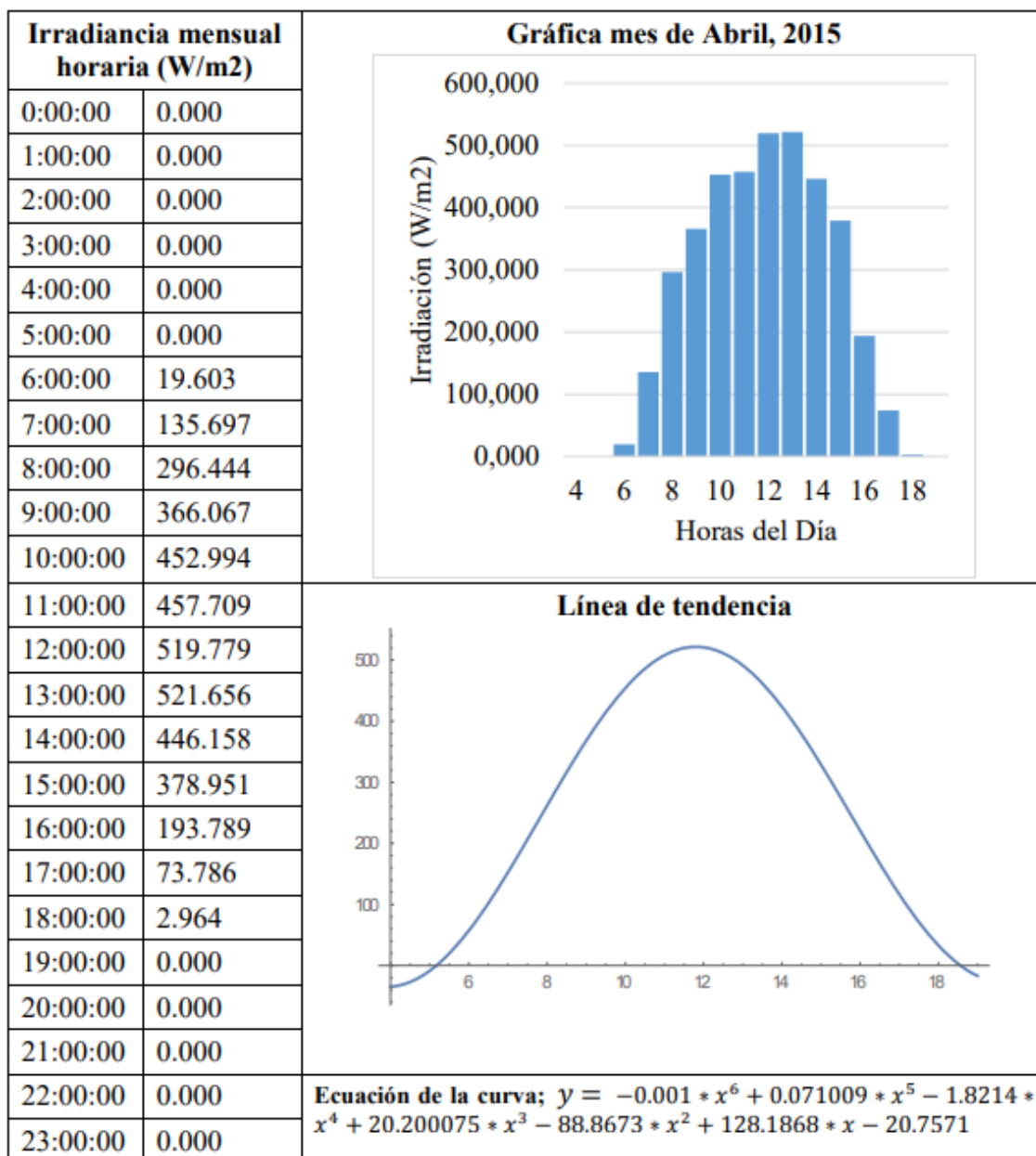
Comportamiento de la Radiación solar del mes de Marzo.



Fuente: [11]

Anexo Q.

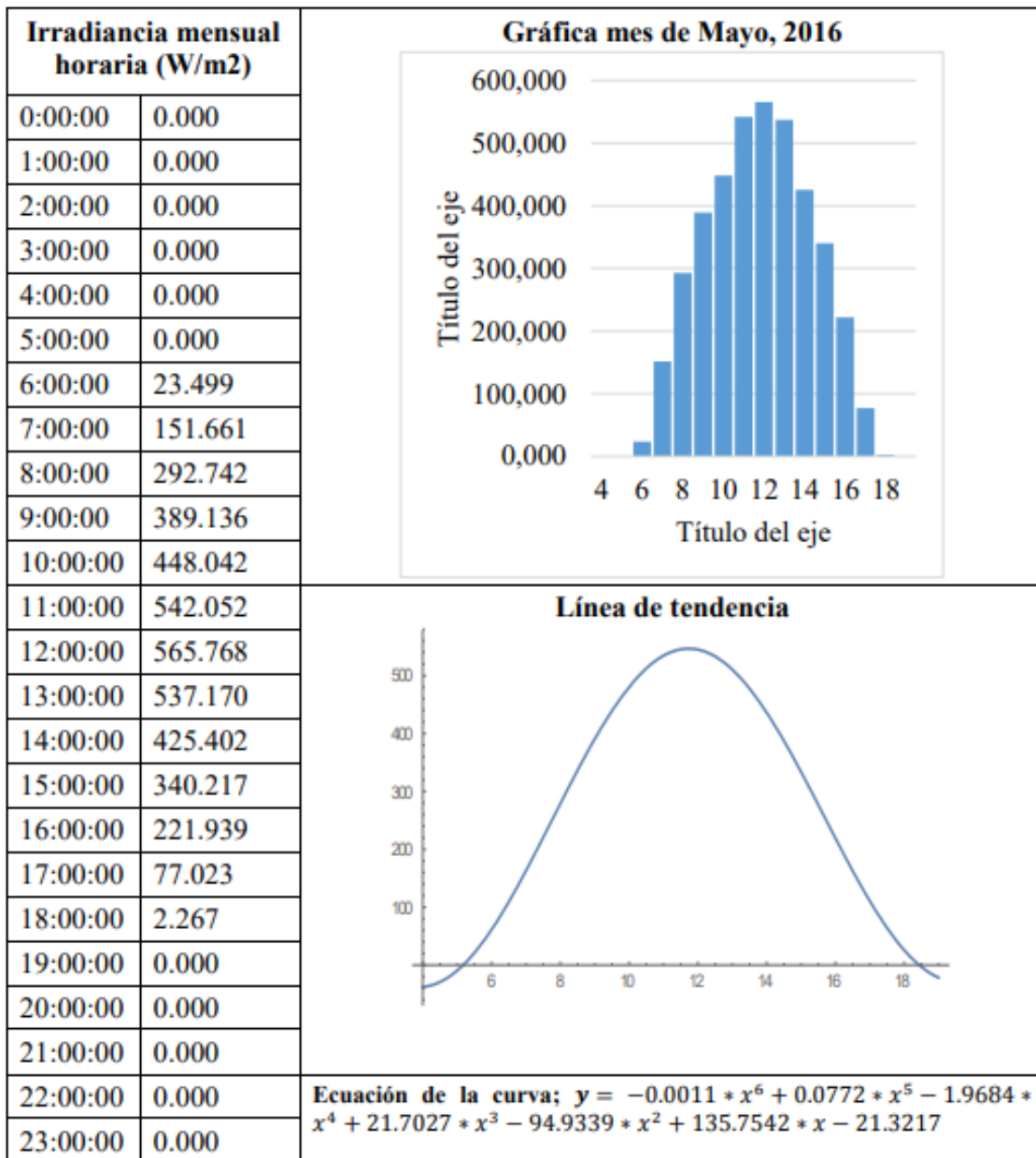
Comportamiento de la Radiación solar del mes de Abril.



Fuente: [11]

Anexo R.

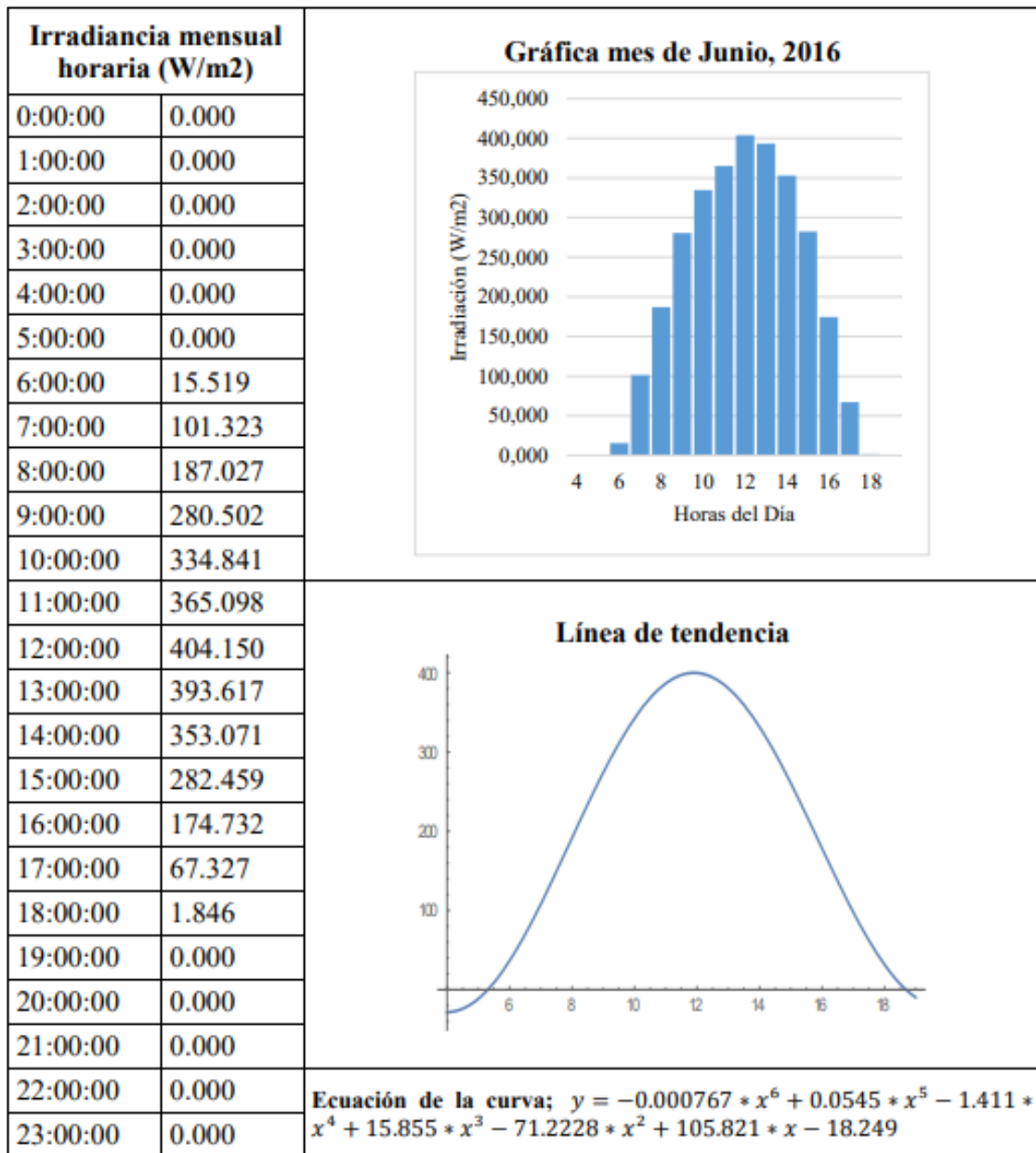
Comportamiento de la Radiación solar del mes de Mayo.



Fuente: [11]

Anexo S.

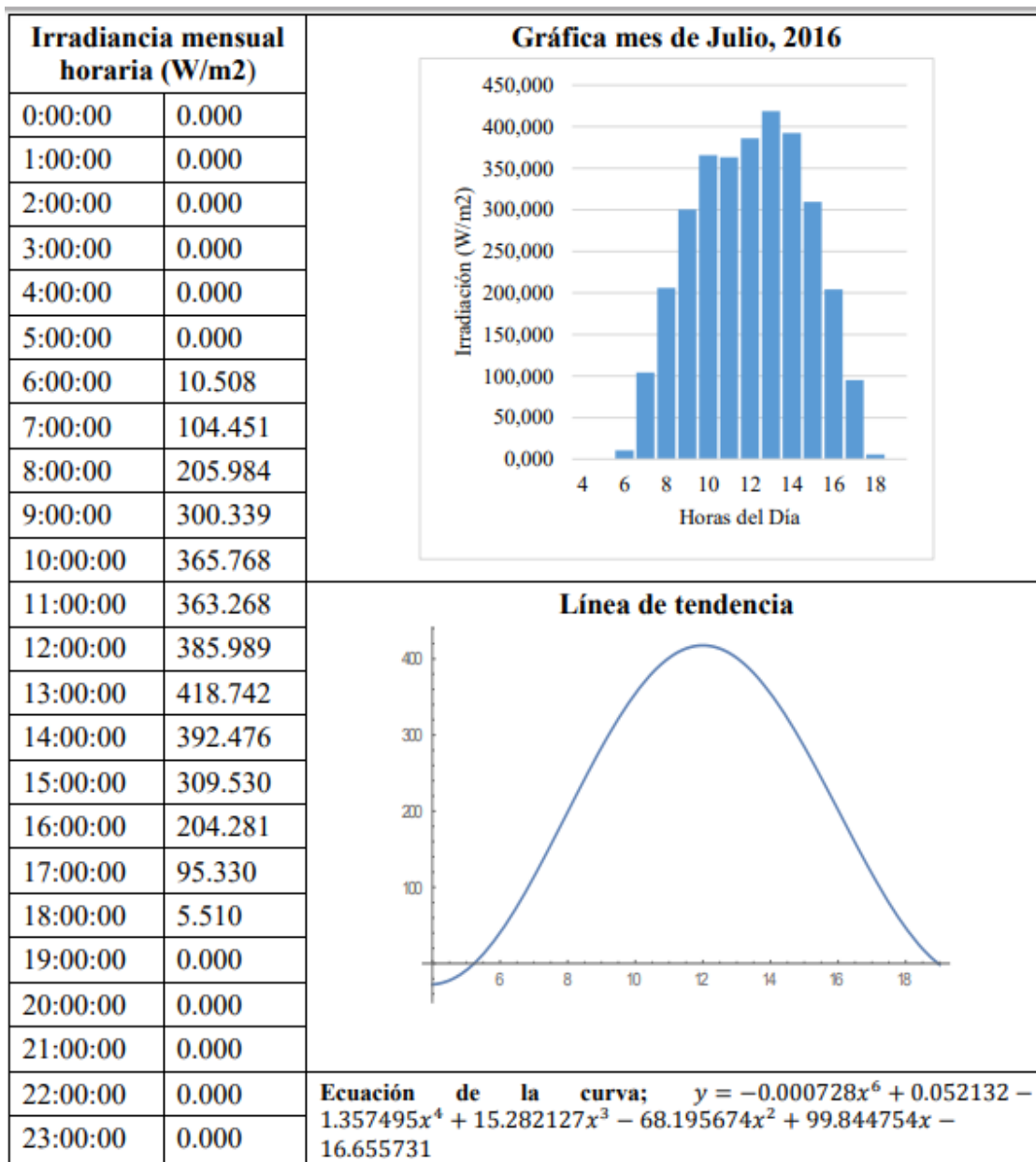
Comportamiento de la Radiación solar del mes de Junio.



Fuente: [11]

Anexo T.

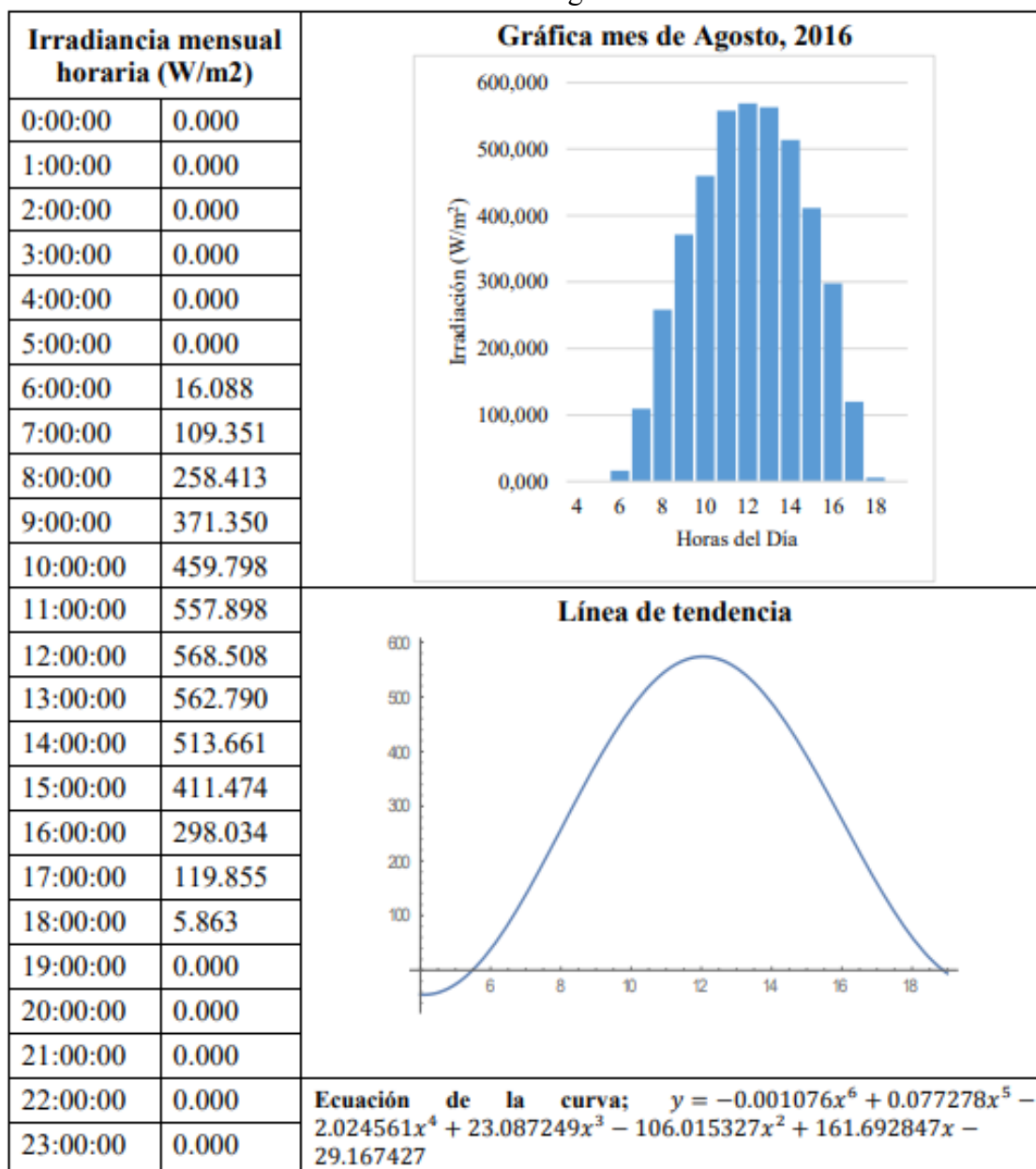
Comportamiento de la Radiación solar del mes de Julio.



Fuente: [11]

Anexo U.

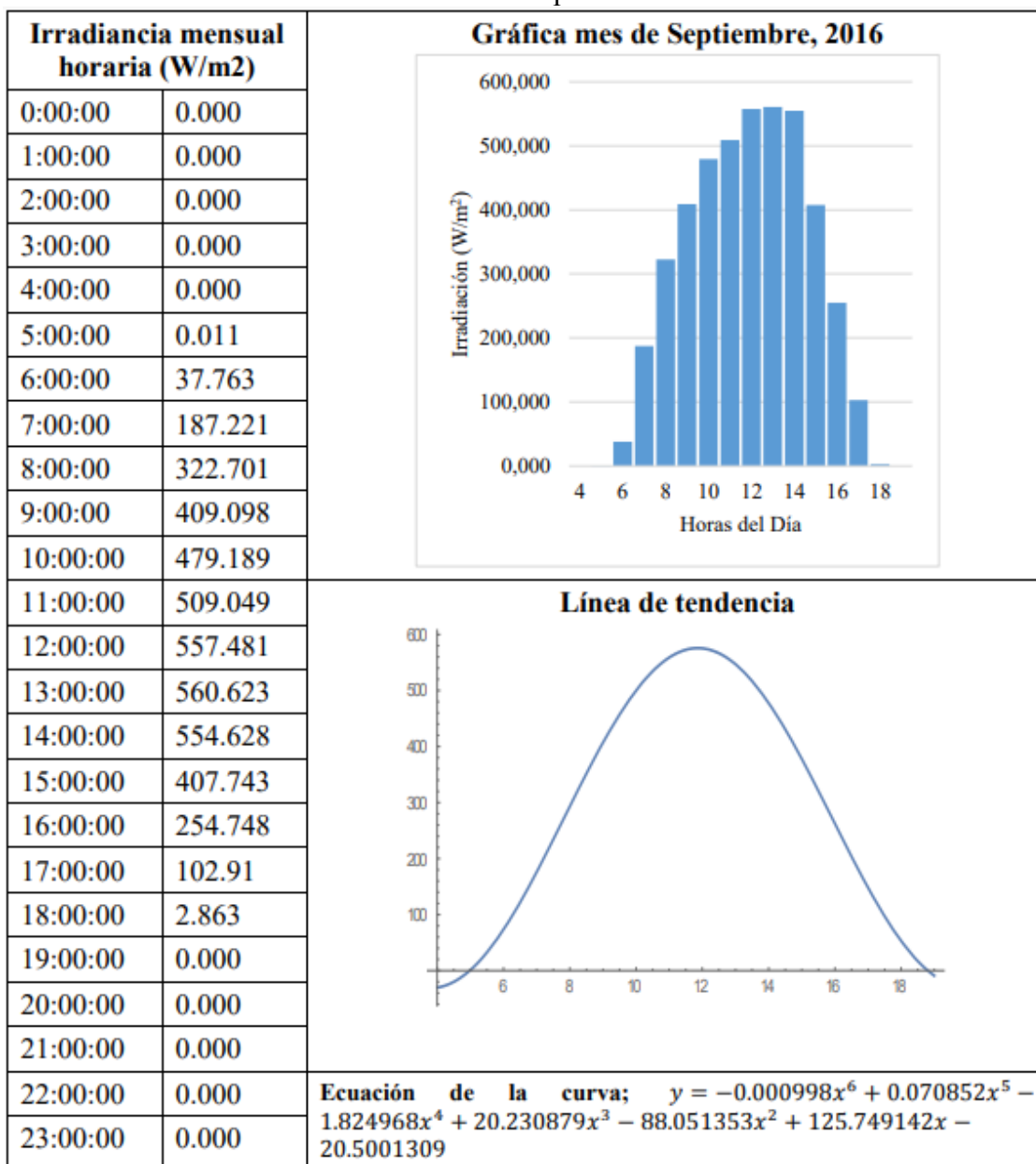
Comportamiento de la Radiación solar del mes de Agosto.



Fuente:[11]

Anexo V.

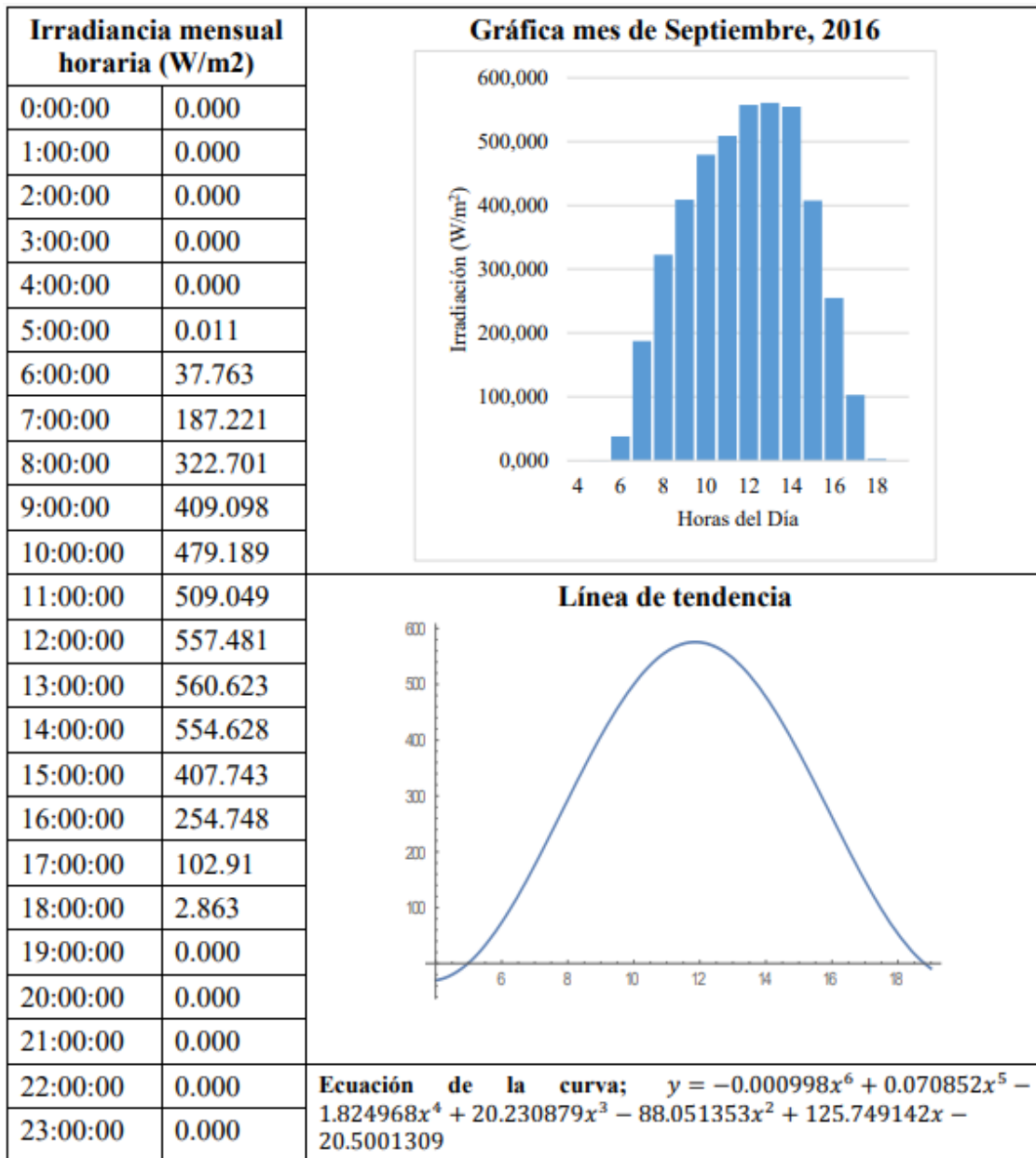
Comportamiento de la Radiación solar del mes de Septiembre.



Fuente: [11]

Anexo W.

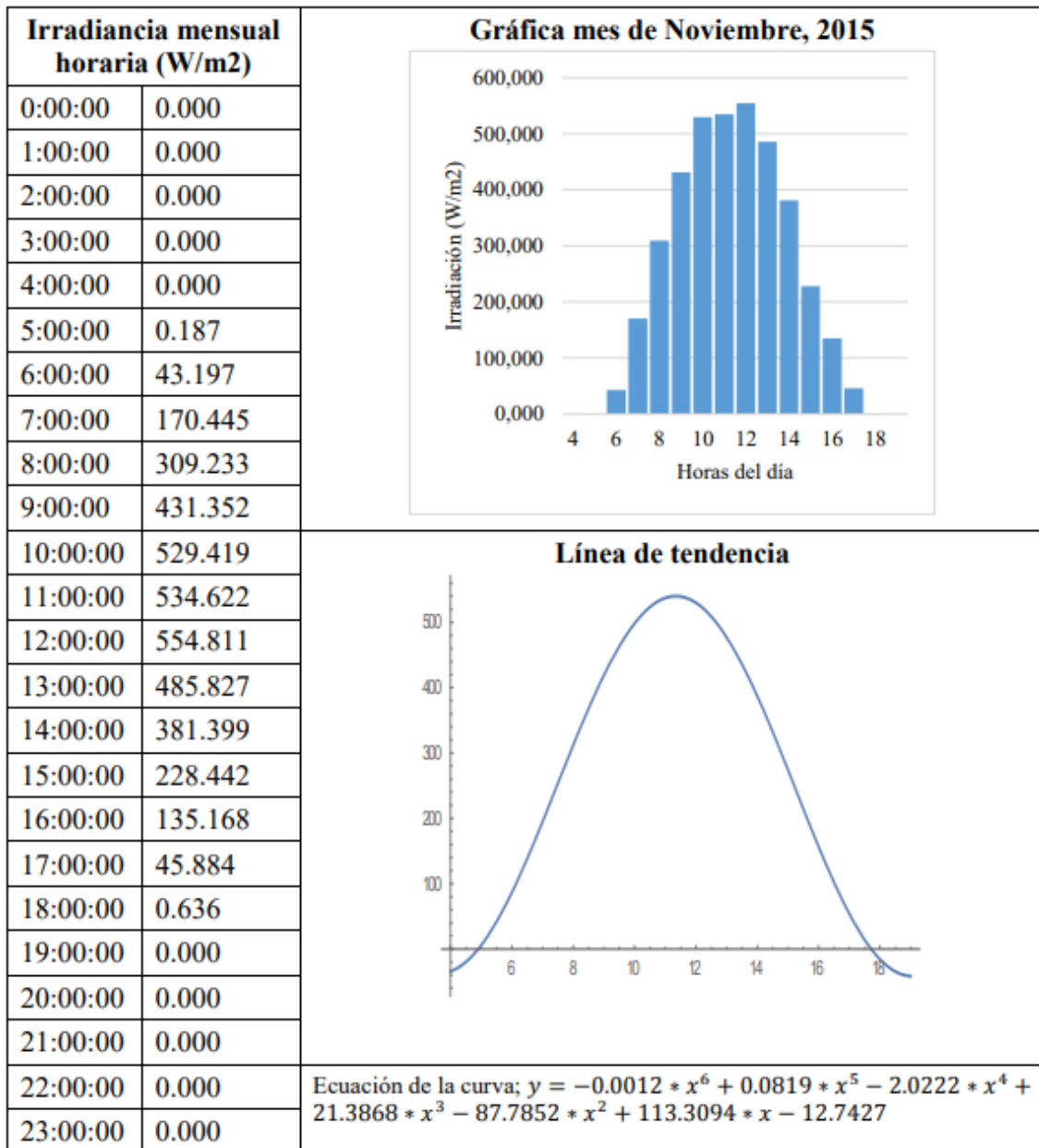
Comportamiento de la Radiación solar del mes de Octubre.



Fuente: Autor

Anexo X.

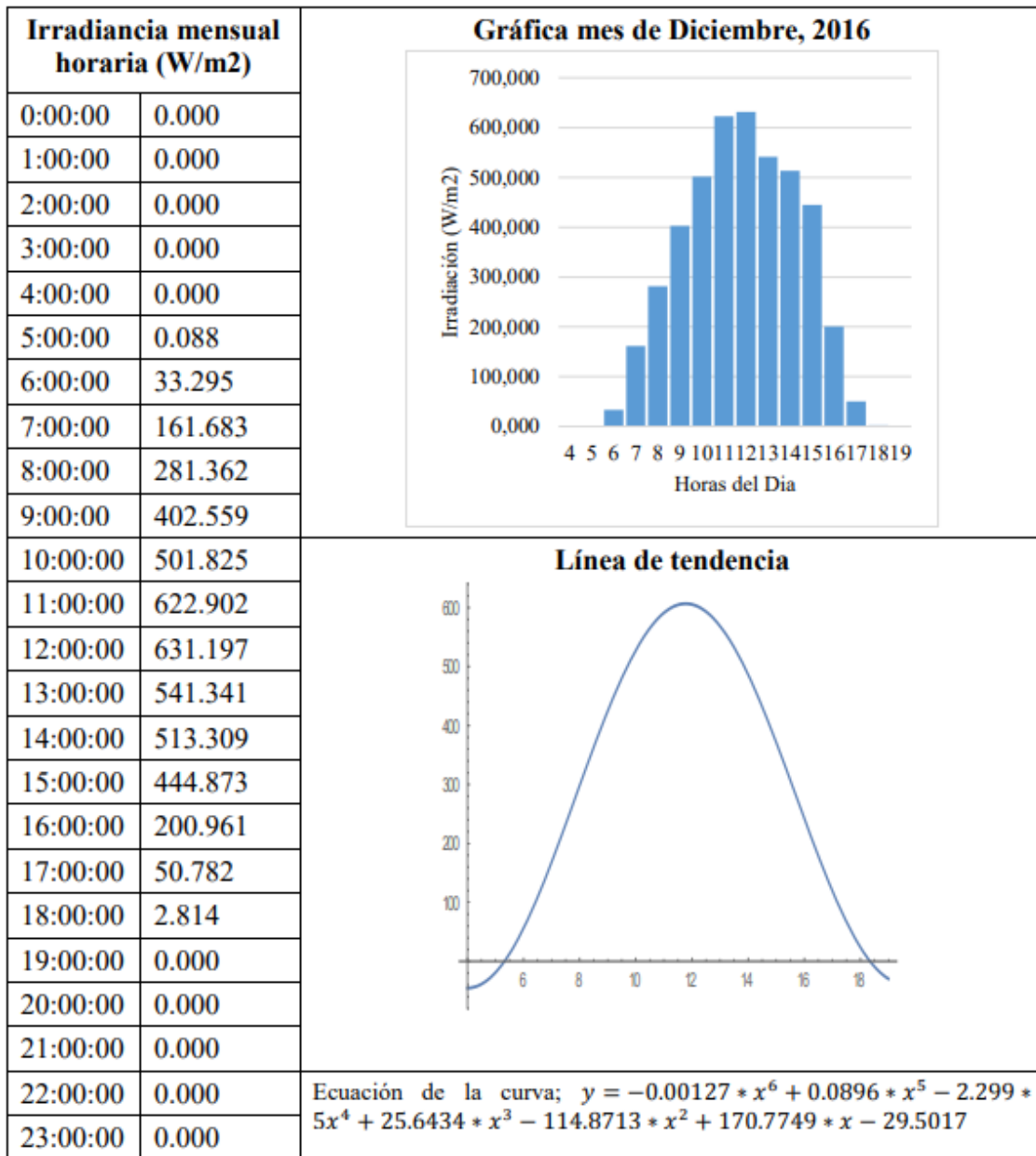
Comportamiento de la Radiación solar del mes de Noviembre.



Fuente: Autor

Anexo Y.

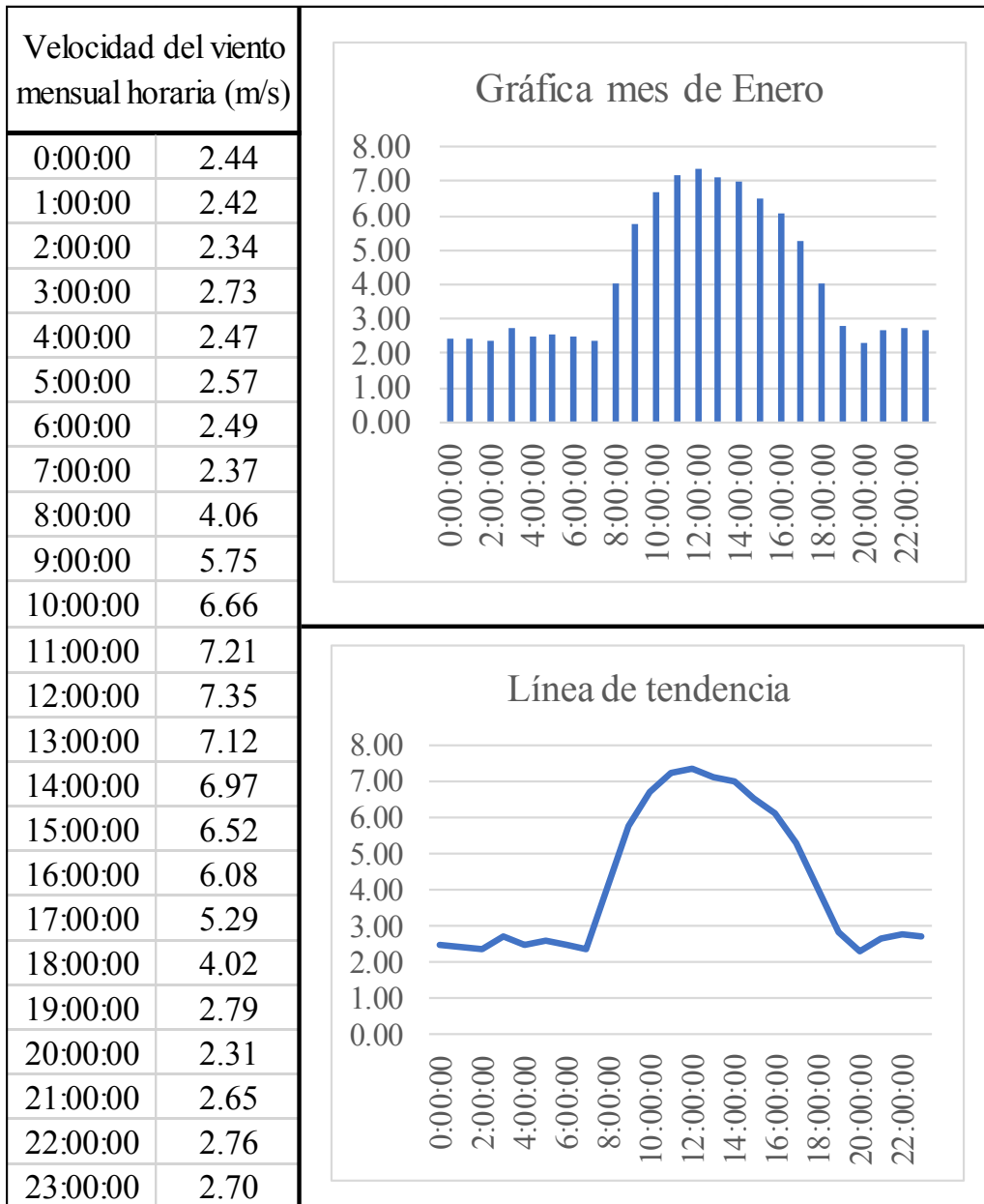
Comportamiento de la Radiación solar del mes de Diciembre.



Autor: [11]

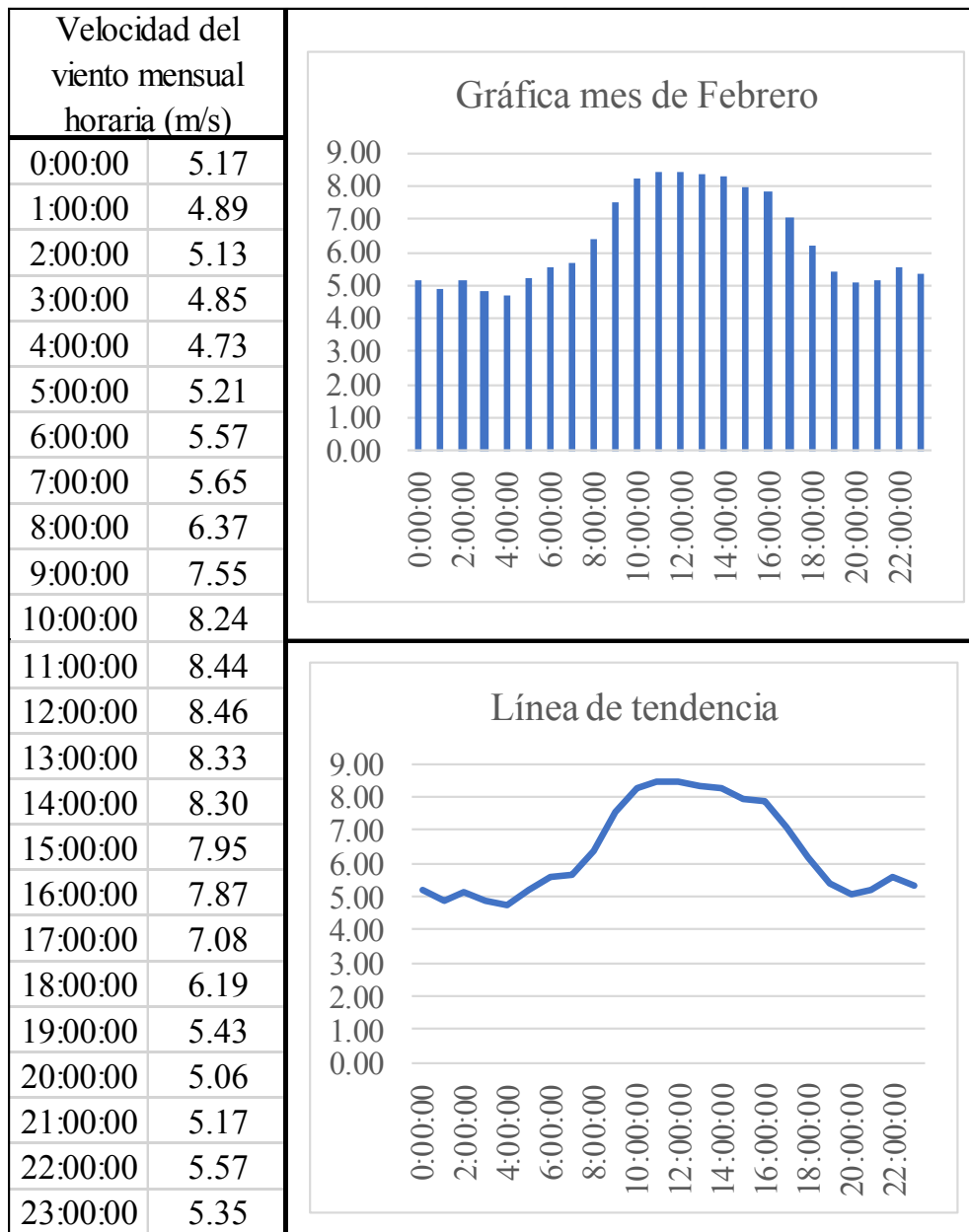
Anexo Z.

Comportamiento de la velocidad del viento del mes de Enero.



Fuente: [30]

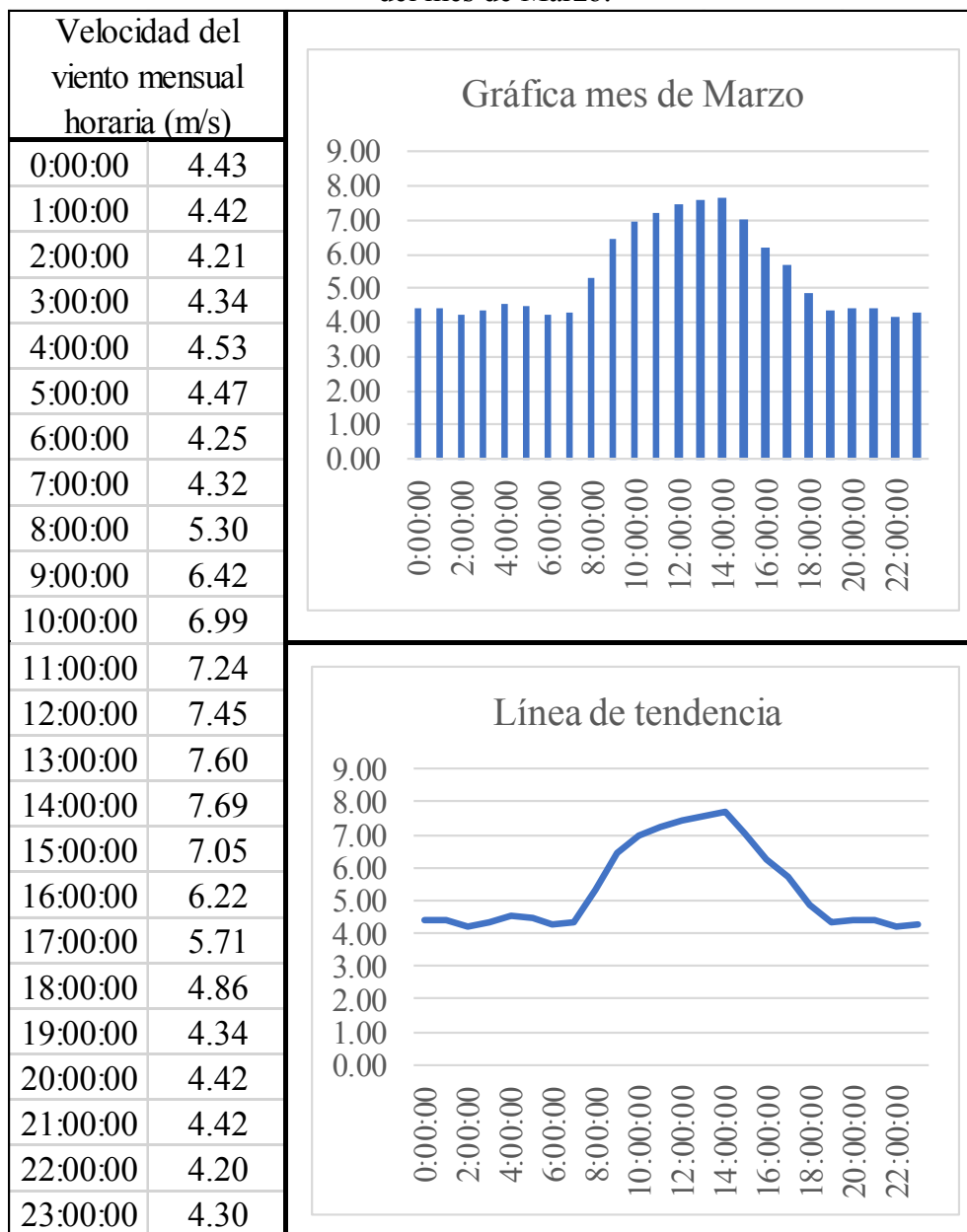
Comportamiento de la velocidad del viento del mes de Febrero.



Fuente: [30]

Anexo AB.

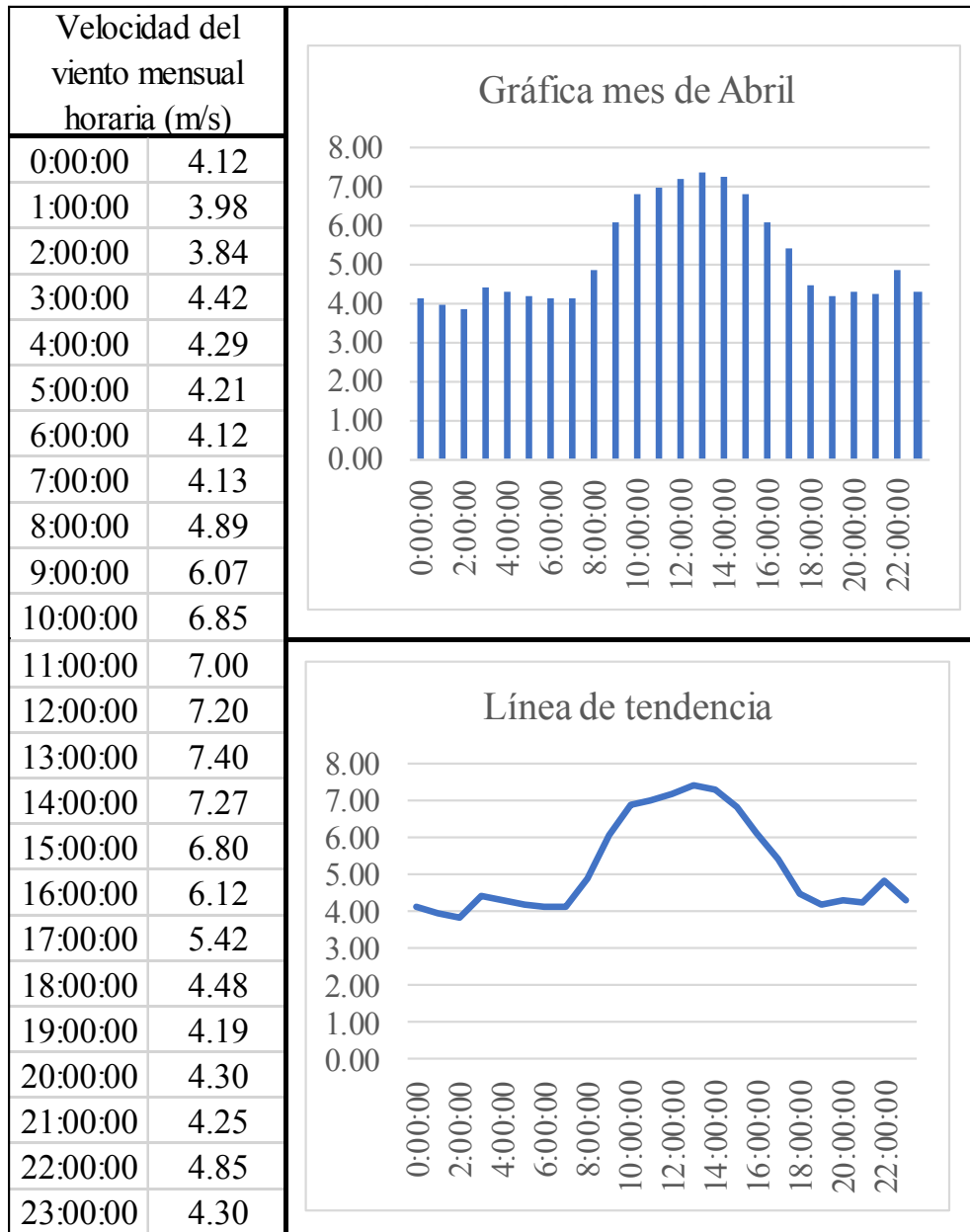
Comportamiento de la velocidad del viento del mes de Marzo.



Fuente: [30]

Anexo AC.

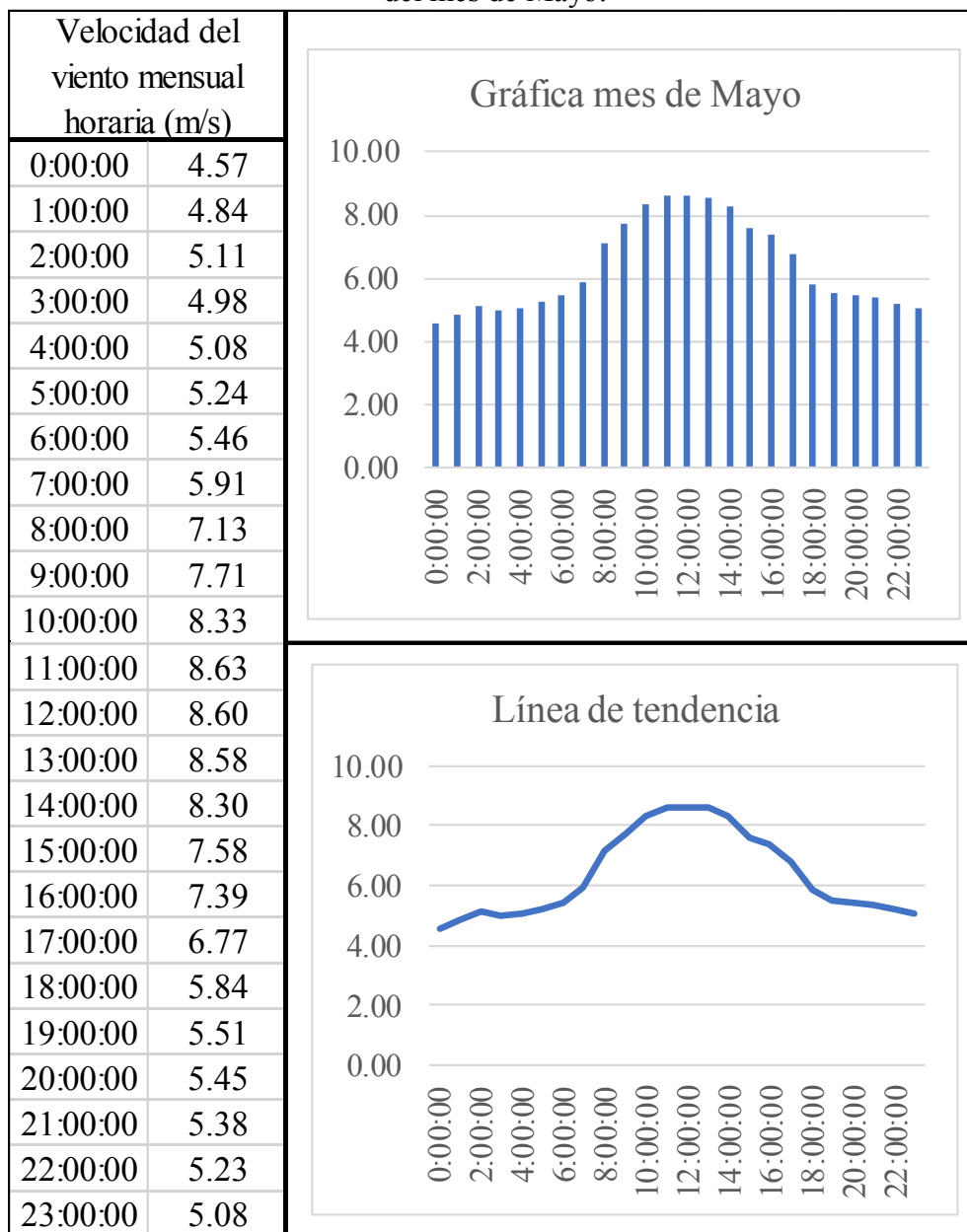
Comportamiento de la velocidad del viento del mes de Abril.



Fuente: [30]

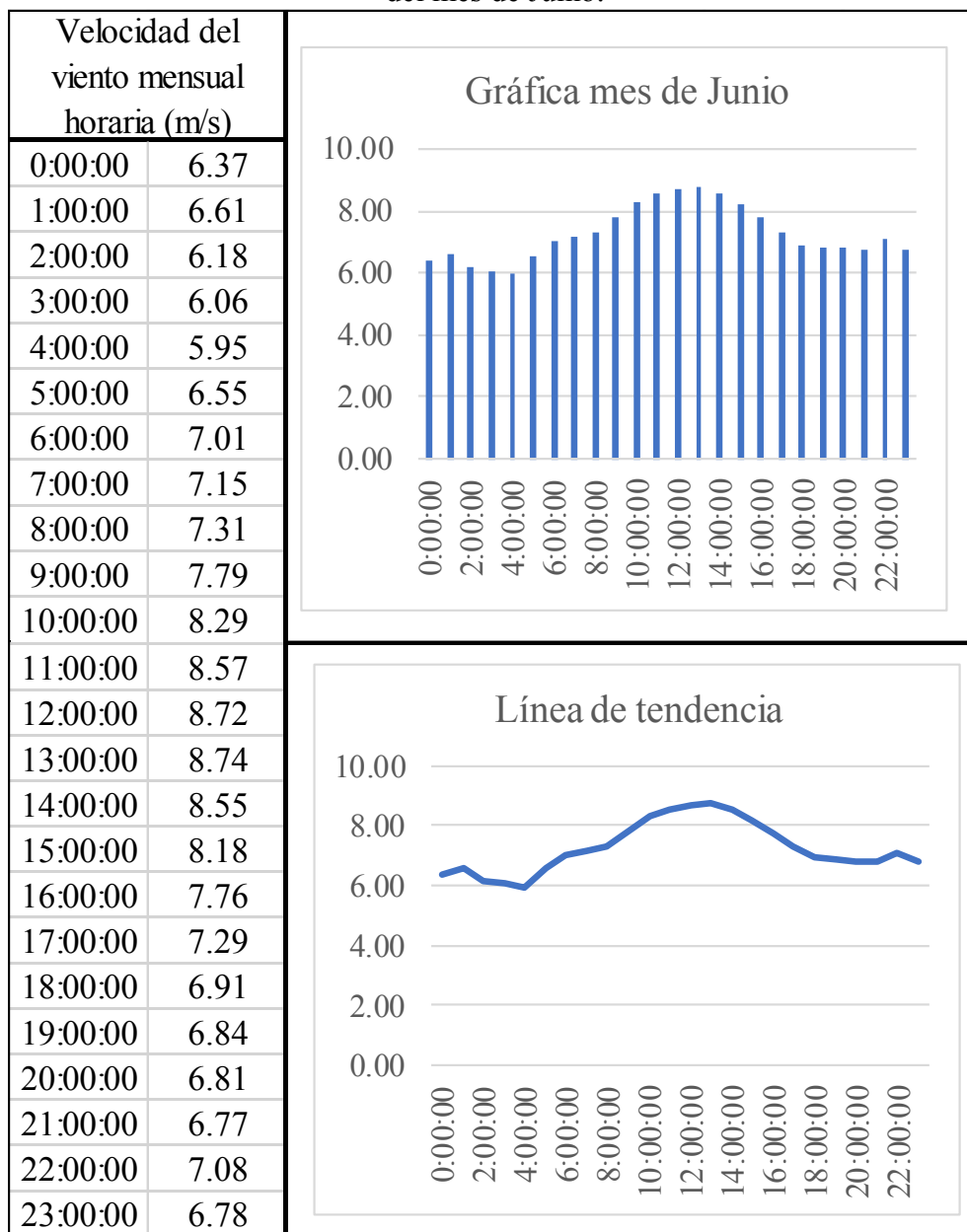
Anexo AD.

Comportamiento de la velocidad del viento del mes de Mayo.



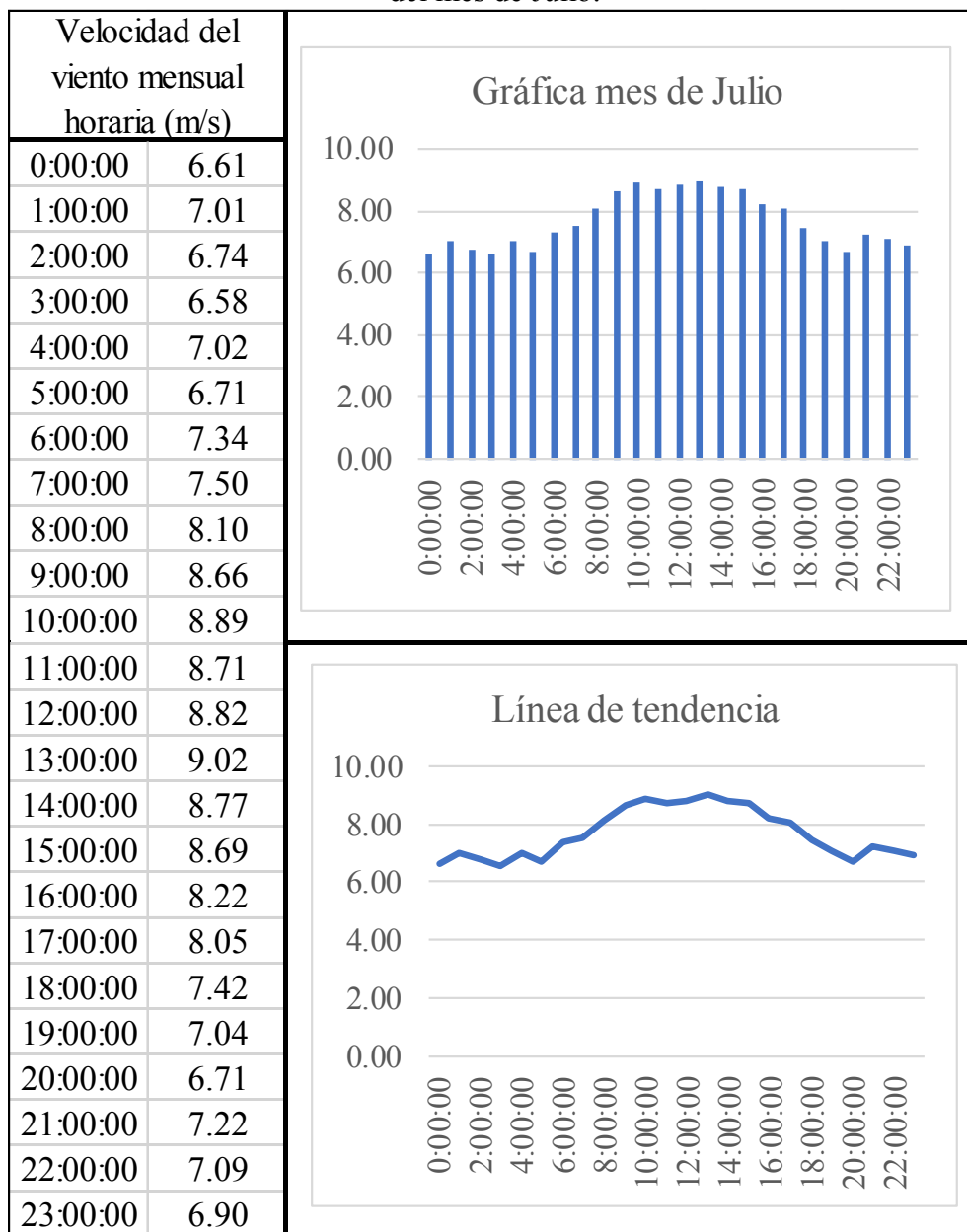
Fuente: [30]

Comportamiento de la velocidad del viento del mes de Junio.



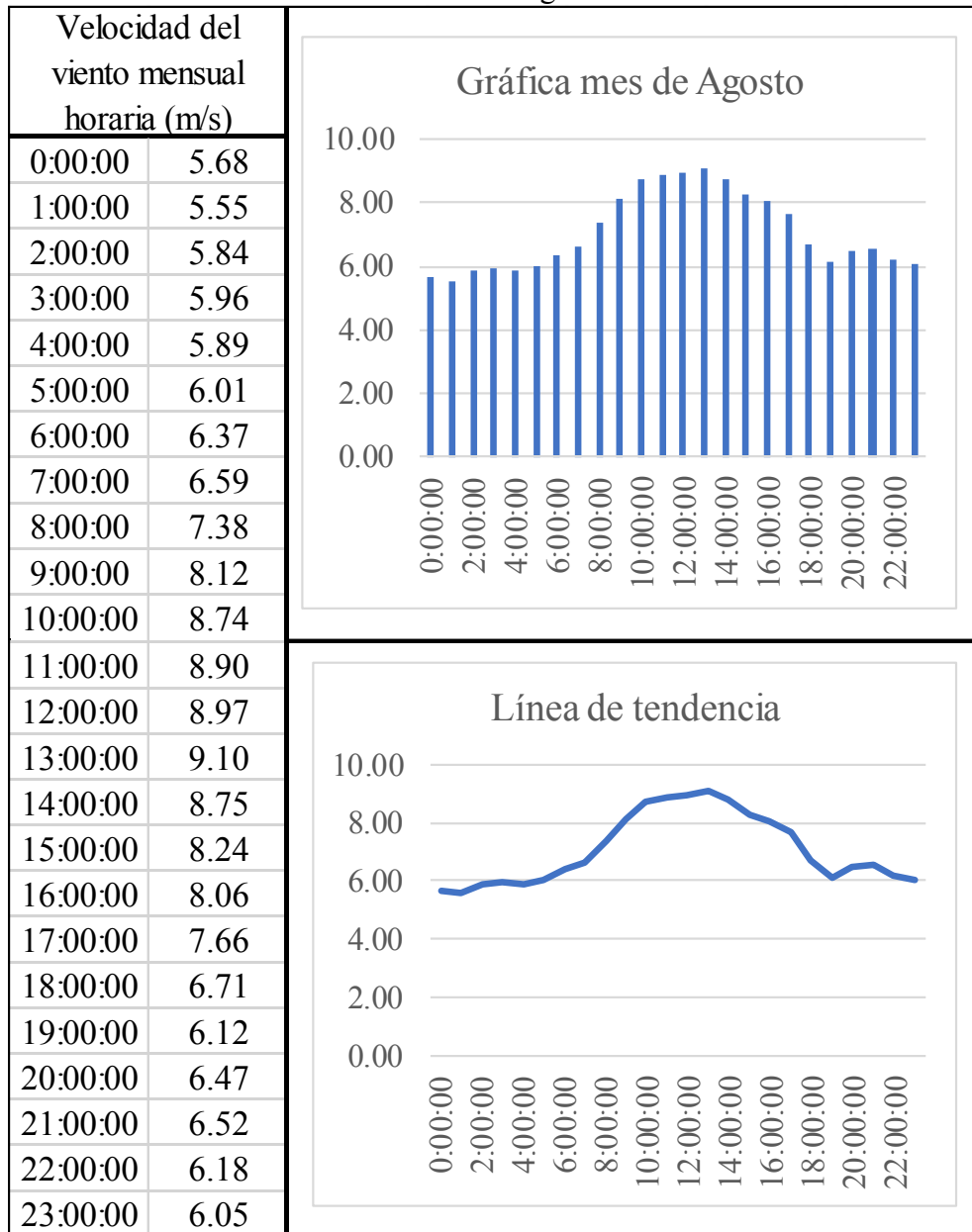
Fuente: [30]

Comportamiento de la velocidad del viento del mes de Julio.



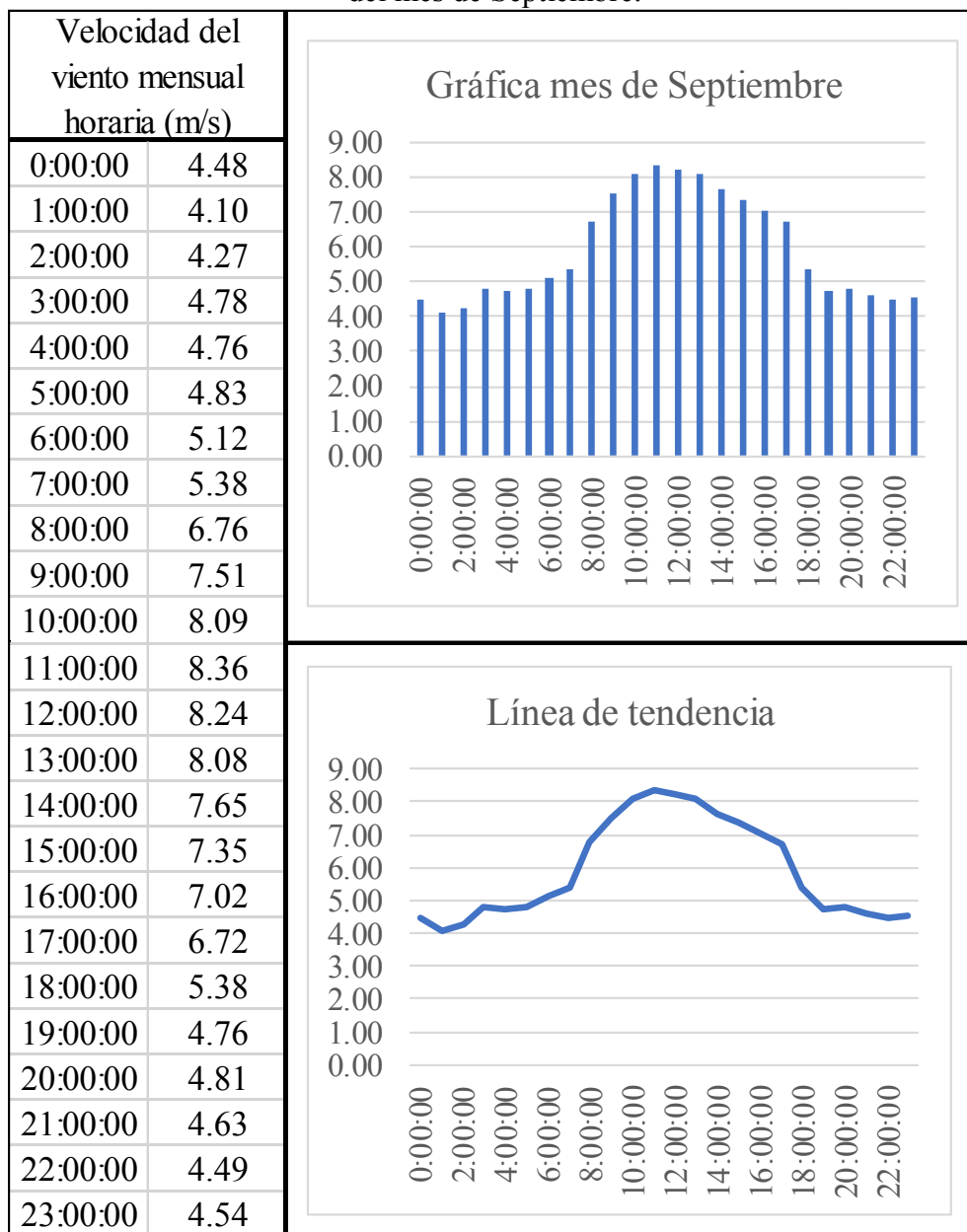
Fuente: [30]

Comportamiento de la velocidad del viento del mes de Agosto.



Fuente: [30]

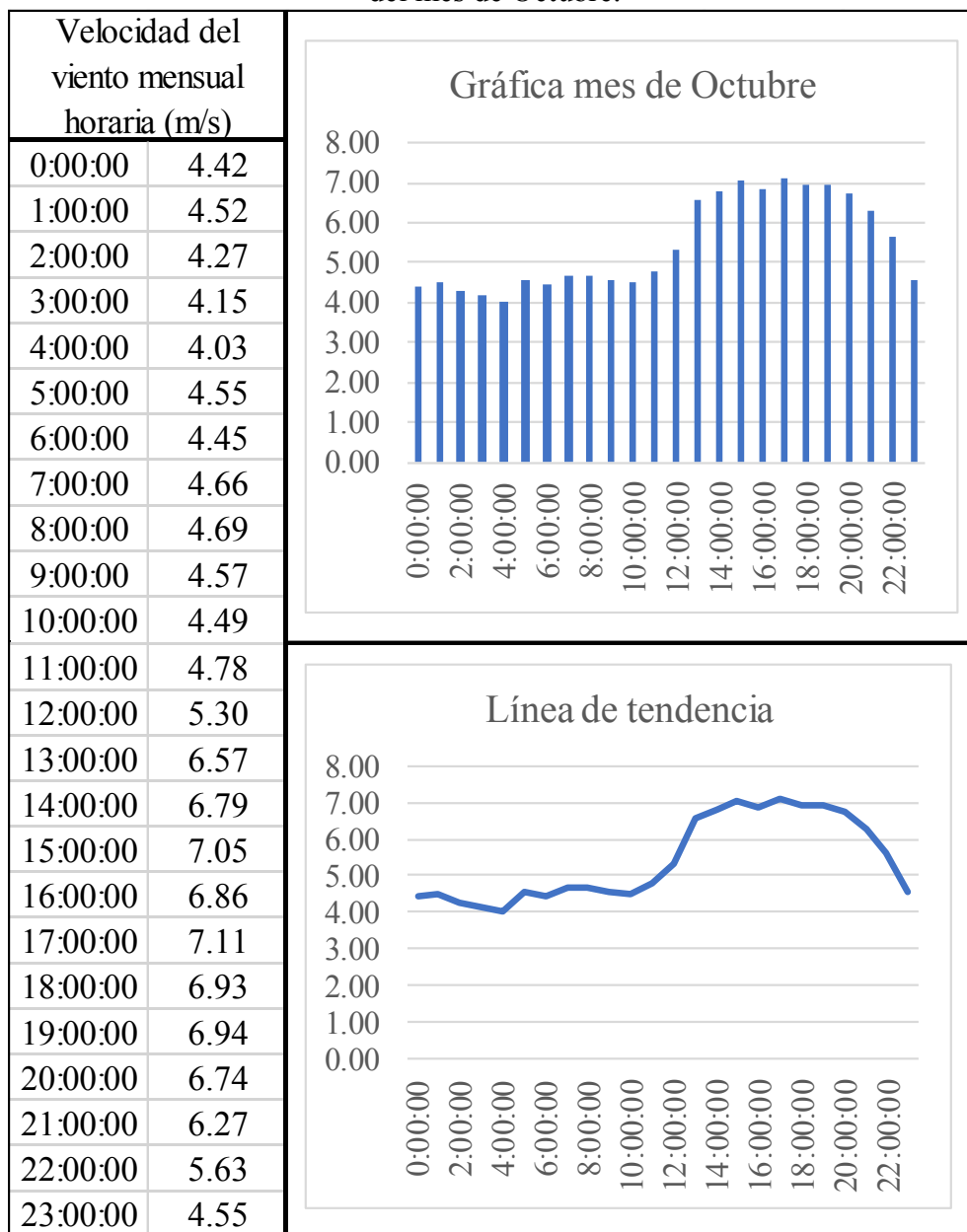
Comportamiento de la velocidad del viento del mes de Septiembre.



Fuente: [30]

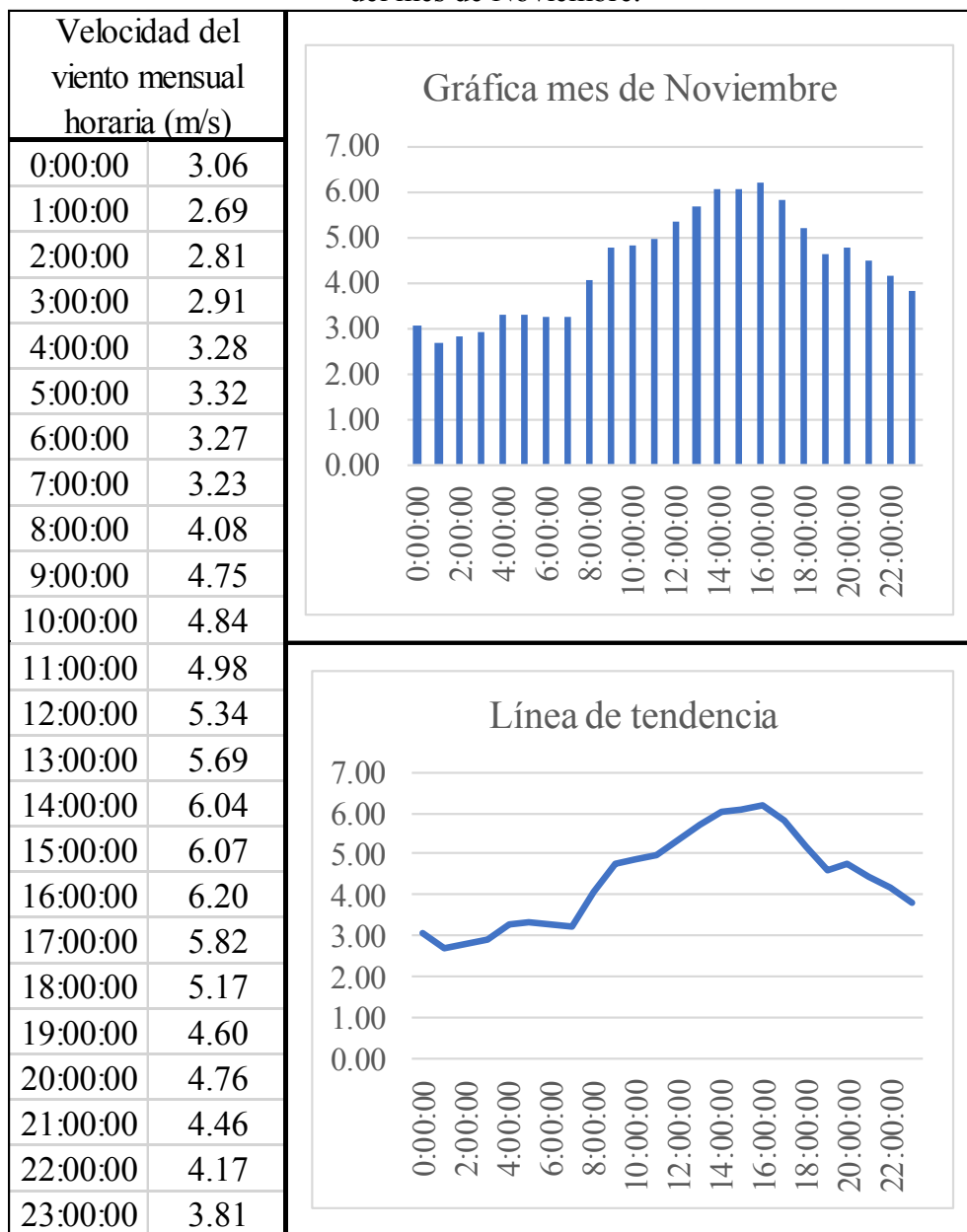
Anexo AI.

Comportamiento de la velocidad del viento del mes de Octubre.



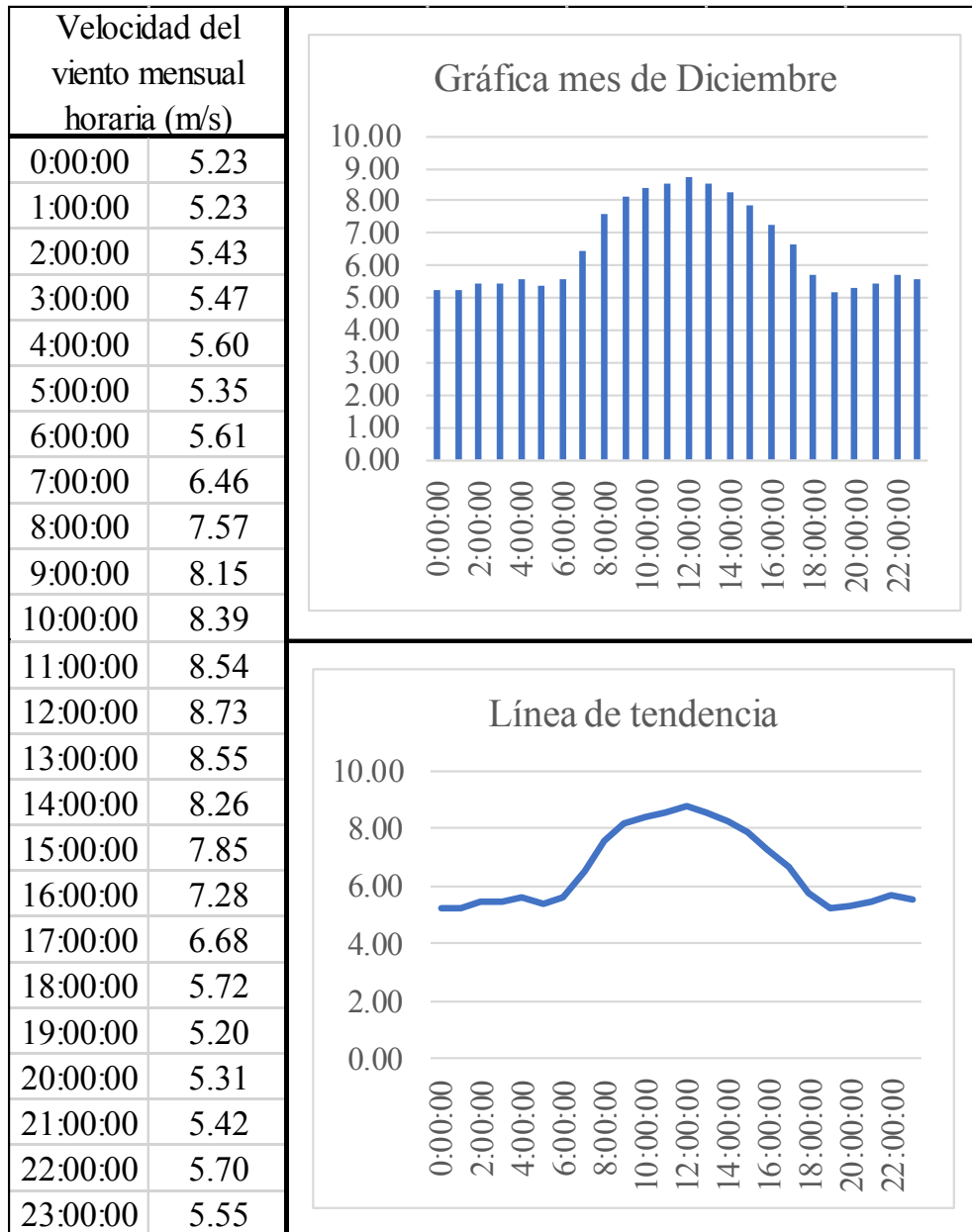
Fuente: [30]

Comportamiento de la velocidad del viento del mes de Noviembre.



Fuente: [30]

Comportamiento de la velocidad del viento del mes de Diciembre.



Fuente: [30]

Anexo AL.

Comportamiento del sistema de control en el mes de septiembre.

 											
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA SISTEMA DE CONTROL GENERADOR HÍBRIDO FOTOVOLTAICO Y EÓLICO											
Día	Carga de las baterías			Necesita carga		Paneles solares			Aerogenerador		
	<90%	90%>V<80%	>80%	SI	NO	Estado	Voltaje	Radiación	Estado	Voltaje	Radiación
1	12.59	-	-		X	Desac.	0.00	512.34	Desac.	0.00	2.06
2	-	10.77	-	X		Act.	13.26	380.25	Desac.	0.00	3.25
3	13.55	-	-		X	Desac.	0.00	0.00	Desac.	0.00	9.25
4	13.16	-	-		X	Desac.	0.00	0.00	Desac.	0.00	5.22
5	12.28	-	-		X	Desac.	0.00	353.92	Desac.	0.00	6.65
6	12.07	-	-		X	Desac.	0.00	445.50	Desac.	0.00	1.54
7	12.01	-	-		X	Desac.	0.00	361.26	Desac.	0.00	1.14
8	-	10.71	-	X		Desac.	0.00	181.99	Act.	8.54	5.84
9	12.60	-	-		X	Desac.	0.00	0.00	Desac.	0.00	7.60
10	11.96	-	-		X	Desac.	0.00	65.63	Desac.	0.00	6.72
11	-	10.21	-	X		Desac.	0.00	50.23	Act.	12.74	8.76
12	11.98	-	-		X	Desac.	0.00	0.00	Desac.	0.00	7.43
13	-	10.48	-	X		Act.	2.30	105.98	Act.	8.50	4.97
14	11.92	-	-		X	Desac.	0.00	0.00	Desac.	0.00	2.56
15	11.29	-	-		X	Desac.	0.00	27.61	Desac.	0.00	3.87

Fuente: Autor

Anexo AM.

Datos obtenidos del 13 al 30 del mes de septiembre.

Mes de Septiembre del 2019								
Días	Batería (v)	Panel 1 y 2(v)	Aerog. (v)	Radiación solar (W/m2)	Vel. de viento (m/s)	Consumo (amp)	Temp. 1 (°C)	Temp. 2 (°C)
13	13.37	0	0	378.04	7.53	29.64	26	29
14	12.02	13.77	0	252.83	465	20.85	27.5	31
15	13.67	0	0	328.52	6.17	3.28	25	28
16	13.21	0	0	190	4.11	1.27	0	0
17	12.49	0	0	210.86	4.31	20.93	31	31
18	12.03	0	0	329.76	2.82	1.54	29	31
19	12.09	0	0	321.43	3.22	21.09	27	30
20	12.88	2.87	8.54	121.18	5.61	22.14	29	31
21	12.76	0	0	425.14	6.1	1.28	30	30
22	11.87	0	0	375.48	5.34	20.91	26	29
23	12.35	0	12.62	274.54	8.24	21.84	27	29
24	12.34	0	0	427.84	4.29	1.77	0	0
25	12.55	4.62	9.52	258.49	5.27	7.48	28	30
26	12.15	0	0	212.24	5.54	1.04	0	0
27	11.32	0	0	321.29	4.56	23.08	26	28
28	10.92	0	0	412.25	5.48	22.45	29	31
29	11.57	10.24	0	354.58	6.25	2.41	0	0
30	12.24	8.14	6.24	324.15	4.85	1.47	30	30

Fuente: Autor

Anexo AN.

Datos obtenidos en el mes de octubre.

Mes de Octubre del 2019								
Días	Batería (v)	Panel 1 y 2(v)	Aerog. (v)	Radiación solar (W/m2)	Vel. de viento (m/s)	Consumo (amp)	Temp. 1 (°C)	Temp. 2 (°C)
1	12.56	0	0	324.58	6.24	1.29	0	0
2	12.52	0	0	412.81	5.24	1.77	0	0
3	12.04	0	0	386.45	5.48	3.25	30	30
4	11.84	0	0	425.37	3.24	20.24	26	28
5	11.54	0	0	427.95	5.14	21.25	27	30
6	12.04	11.51	0	523.14	4.58	3.21	0	0
7	11.99	0	0	325.48	5.15	1.59	0	0
8	11.84	0	0	478.29	4.23	3.21	0	0
9	11.74	0	0	472.65	5.25	1.25	0	0
10	11.62	0	0	435.28	5.14	1.23	0	0
11	11.52	0	0	385.96	6.87	1.54	0	0
12	11.32	0	0	396.45	7.69	3.24	30	30
13	11.11	0	0	374.19	3.54	2.25	0	0
14	10.52	0	0	512.22	7.23	22.58	25	28
15	11.82	8.47	8.56	425.23	6.85	1.22	0	0
16	12.58	0	0	276.25	6.45	1.22	0	0
17	12.48	0	0	312.85	5.89	1.23	0	0
18	12.41	0	0	345.57	5.23	1.2	0	0
19	12.38	0	0	312.23	5.84	1.19	31	31
20	12.35	0	0	423.56	5.47	1.24	0	0
21	12	0	0	452.63	5.23	1.25	0	0
22	11.79	0	0	425.46	4.82	3.24	0	0
23	11.72	0	0	462.25	4.67	1.24	0	0
24	11.64	0	0	378.45	3.29	1.2	0	0
25	11.6	0	0	385.41	2.1	1.22	0	0
26	11.19	0	0	395.14	4.78	21.58	30	30
27	11.01	0	0	368.34	4.56	2.25	0	0
28	10.86	0	0	274.95	4.21	3.24	0	0
29	10.81	0	0	485.69	3.85	1.47	0	0
30	10.45	0	0	325.47	3.22	23.47	26	29
31	11.98	12.34	0	481.29	3.24	1.26	0	0

Fuente: Autor

Anexo AO.

Datos obtenidos en el mes de noviembre.

Mes de Octubre del 2019								
Días	Batería (v)	Panel 1 y 2(v)	Aerog. (v)	Radiación solar (W/m2)	Vel. de viento (m/s)	Consumo (amp)	Temp. 1 (°C)	Temp. 2 (°C)
1	12.31	0	0	321.64	5.35	1.30	0	0
2	12.28	0	0	409.87	4.35	1.79	0	0
3	12.21	0	0	383.51	4.59	3.28	30	30
4	12.15	0	0	422.43	2.35	1.22	26	28
5	12.08	0	0	425.01	4.25	3.22	27	30
6	12.01	0	0	520.2	3.69	3.24	0	0
7	11.91	0	0	322.54	4.26	1.60	0	0
8	11.24	0	0	475.35	3.34	22.45	25	27
9	11.22	0	0	469.71	4.36	1.26	0	0
10	11.18	0	0	432.34	4.25	1.24	0	0
11	11.12	0	0	383.02	5.98	1.55	0	0
12	11.06	0	0	393.51	6.8	3.27	30	30
13	11.01	0	0	371.25	2.65	2.27	0	0
14	10.87	0	0	509.28	6.34	3.47	25	28
15	10.76	0	0	422.29	5.96	1.23	0	0
16	11.74	6.74	6.54	273.31	5.56	1.23	0	0
17	11.81	0	0	309.91	5	1.24	0	0
18	11.62	0	0	342.63	4.34	1.21	0	0
19	11.58	0	0	309.29	4.95	1.20	31	31
20	11.47	0	0	420.62	4.58	1.25	0	0
21	10.97	0	0	449.69	4.34	23.45	0	0
22	11.86	0	0	422.52	3.93	3.27	0	0
23	12.04	10.47	0	459.31	3.78	1.25	0	0
24	12.01	0	0	375.51	2.4	1.21	0	0
25	11.84	0	0	382.47	1.21	1.23	0	0
26	11.75	0	0	392.2	3.89	1.24	30	30
27	11.68	0	0	365.4	3.67	2.27	0	0
28	11.57	0	0	272.01	3.32	3.27	0	0
29	11.42	0	0	482.75	2.96	1.48	0	0
30	11.31	0	0	322.53	2.33	2.85	26	29

Fuente: Autor

Anexo AP.

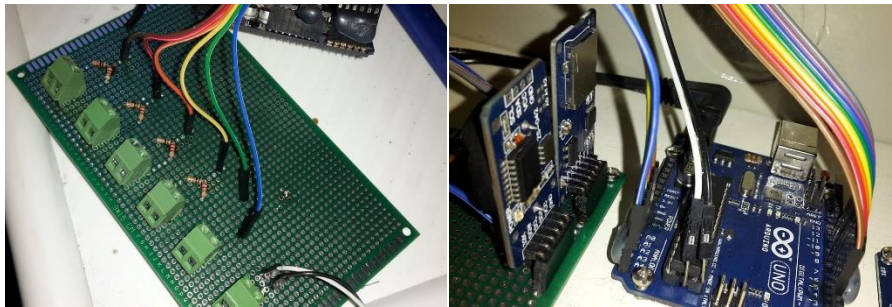
Instalación de los paneles fotovoltaicos para el abastecimiento de agua en la comunidad de Rio Blanco.



Fuente: Autor

Anexo AQ.

Construcción del sistema de control.



Fuente: Autor

Anexo AR.

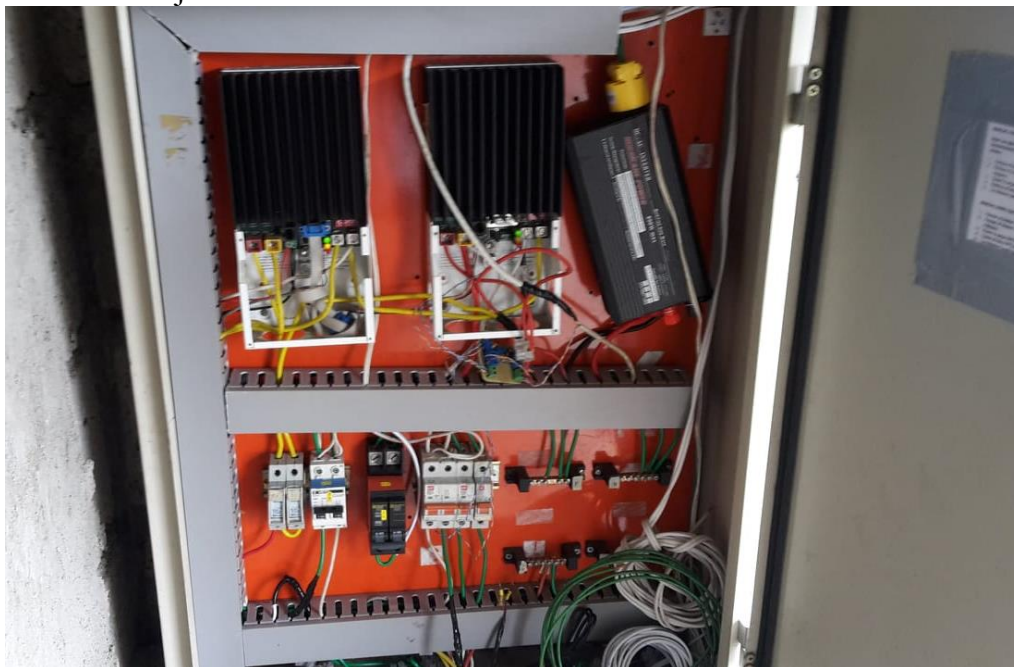
Instalación del sistema de control automático en la comunidad de Rio Blanco.



Fuente: Autor

Anexo AS.

Mejoramiento de cableado en el sistema de control manual.



Fuente: Autor

Anexo AT.

Vivienda implementada con el sistema de generación de energías renovables.



Fuente: Autor

Anexo AU.

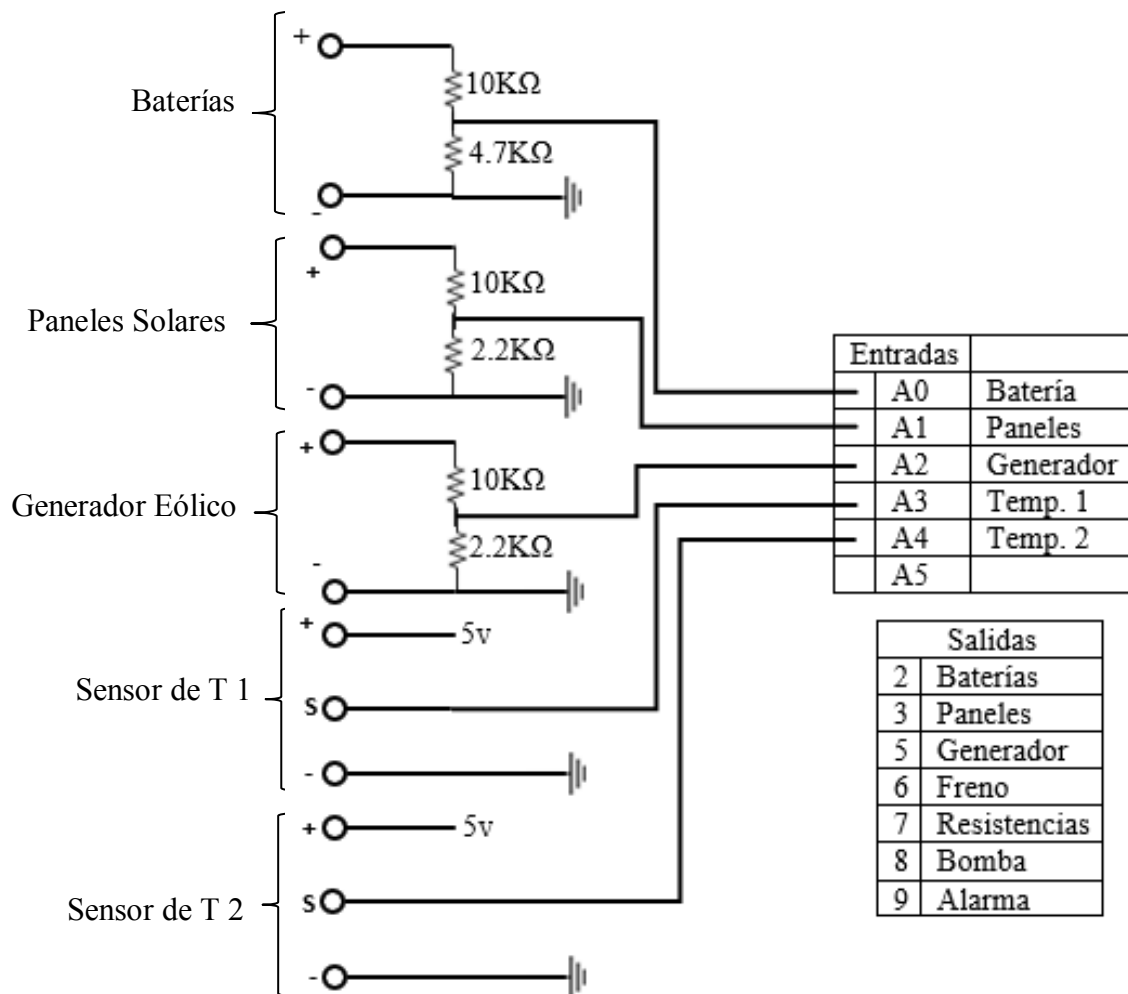
Recopilación de datos durante un día provocando el fenómeno de carga y descarga de las baterías.

Horas	Batería (v)	Paneles solares	Generador eólico				
				12:00	12.075	0	0
				12:30	11.58	0	0
8:00	12.13	0	0	13:00	11.085	0	0
8:30	11.635	0	0	13:30	10.59	10.24	0
9:00	11.14	0	0	14:00	10.977	11.24	0
9:30	10.645	3.24	7.25	14:30	11.364	10.58	0
10:00	10.931	5.47	6.47	15:00	11.751	12.35	0
10:30	11.217	6.25	8.47	15:30	12.138	8.24	0
11:00	11.503	7.42	9.74	16:00	11.574	0	0
11:30	11.789	7.85	8.25	16:30	11.01	0	0
12:00	12.075	0	0	17:00	10.446	0	5.25
12:30	11.58	0	0	17:30	10.774	0	6.34
13:00	11.085	0	0	18:00	11.172	0	7.48
13:30	10.59	10.24	0	18:30	11.57	0	4.85
				19:00	11.968	0	5.47

Fuente: Autor

Anexo AV.

Esquema de conexión.



Anexo AW.

Conexión real en el sistema.

