



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación de un Sistema de Generación Eólica para el circuito de iluminación eléctrica emergente en un galpón para crianza de aves en la granja avícola “VICTORIA”.

Quillupangui Vizúete, Michael David.

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación.

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en
Automatización e Instrumentación

Ing. Sandoval Vizúete, Paola Nataly Mg.

26 de enero de 2022

Latacunga



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN

Certificación

Certifico que la monografía, **Implementación de un Sistema de Generación Eólica para el circuito de iluminación eléctrica emergente en un galpón para crianza de aves en la granja avícola “VICTORIA”**, fue realizado por el señor **Quillupangui Vizuite, Michael David**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 26 de enero de 2022



Firmado electrónicamente por:
**PAOLA NATALY
SANDOVAL
VIZUETE**

Ing. Sandoval Vizuite, Paola Nataly Mg.
C.C.: 0503254005

Reporte de Verificación de Contenido.



Quillupangui Michael.docx

Scanned on: 14:33 January 26, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	146
Words with Minor Changes	20
Paraphrased Words	45
Omitted Words	0



Website | Education | Businesses



Firmado electrónicamente por:
PAOLA NATALY
SANDOVAL
VIZUETE

Ing. Sandoval Vizujete, Paola Nataly Mg.
C.C.: 0503254005



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E
INSTRUMENTACIÓN**

Responsabilidad de autoría

Yo, **Quillupangui Vizuite, Michael David**, con cédula de ciudadanía N° 172577876-3, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación de un Sistema de Generación Eólica para el circuito de iluminación eléctrica emergente en un galpón para crianza de aves en la granja avícola “VICTORIA”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 26 de enero de 2022

Firma

Quillupangui Vizuite, Michael David

C.C.: 1725778763



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E
INSTRUMENTACIÓN**

Autorización de publicación

Yo, **Quillupangui Vizuete, Michael David**, con cédula de ciudadanía N° 172577876-3, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: ***Implementación de un Sistema de Generación Eólica para el circuito de iluminación eléctrica emergente en un galpón para crianza de aves en la granja avícola "VICTORIA"***, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 26 de enero de 2022

Firma

Quillupangui Vizuete, Michael David

C.C.: 1725778763

Dedicatoria

En cada una de las letras de este proyecto va a nuestros amados padres como recompensa de su arduo trabajo y labor durante tantos años para que se puedan sentir orgullosos de nuestro gran logro; a nuestros queridos ingenieros como muestra que el conocimiento que nos han inculcado a lo largo de estos años ha sido muy fructífero tanto en el ámbito educativo como en el ámbito personal.

Agradecimiento

agradecimiento especial va dirigido a Dios por permitirnos concluir este proyecto, a nuestros padres que han sido un pilar fundamental guiándonos, dándonos consejos y sobre todo apoyándonos en cada una de las decisiones que hemos tomado para dar forma a este proyecto; a nuestros ingenieros ya que sin ellos nuestro conocimiento no hubiera alcanzado tal nivel para poder hacer posible la realización del mismo; a nuestros compañeros de trabajo por su ayuda mutua y continuar esforzándonos día a día para cumplir nuestra meta que fue concluir este proyecto de grado.

Gracias.

Tabla de Contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación de contenido.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de Contenidos.....	8
Índice de figuras.....	11
Índice de tablas.....	10
Resumen.....	13
Abstract.....	14
Introducción.....	15
Tema.....	15
Antecedentes.....	15
Planteamiento del problema.....	16
Justificación.....	17
Objetivos.....	17
<i>Objetivo general</i>	17
<i>Objetivos específicos</i>	18
Alcance.....	18
Fundamentos teóricos.....	19
Sistema de generación eólica.....	19
<i>Energía eólica</i>	19
<i>Elementos que componen los aerogeneradores</i>	20
Bloques eléctricos y electrónicos.....	24
<i>Rectificador de señal AC-DC</i>	24
<i>Convertor DC-DC</i>	27
<i>Inversor de corriente DC-AC</i>	28
<i>UPS como inversor de corriente</i>	28

<i>Microcontrolador Arduino NANO</i>.....	.30
<i>Circuito de iluminación emergente</i>.....	.32
Desarrollo del tema propuesto.....	.37
Preliminares.....	.37
Construcción de aerogenerador.....	.39
<i>Elementos aerodinámicos y mecánicos</i>.....	.39
<i>Montaje eléctrico en tablero de control</i>.....	.49
<i>Circuito de potencia</i>.....	.53
<i>Instalación del circuito de control automático</i>.....	.59
<i>Programación en Arduino</i>.....	.61
Listado de materiales utilizados.....	.62
Conclusiones y recomendaciones.....	.69
<i>Conclusiones</i>.....	.69
<i>Recomendaciones</i>.....	.71
Glosario.....	.72
Bibliografía.....	.74
Anexos.....	.76

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Convertidores DC-DC</i>	27
Tabla 2 <i>Datos técnicos UPS POWEST 500VA</i>	30
Tabla 3 <i>Datos técnicos Arduino NANO.</i>	32
Tabla 4 <i>Puntos de análisis para circuito de iluminación</i>	35
Tabla 5 <i>Código de colores para conductores.</i>	36
Tabla 6 <i>Listado de materiales prefabricados.</i>	63
Tabla 7 <i>Listado de partes reciclados de aerogenerador.</i>	64
Tabla 8 <i>Listado de partes reciclados de soporte.</i>	65
Tabla 9 <i>Listado de partes reciclados de gabinete</i>	65
Tabla 10 <i>Banco de baterías.</i>	65
Tabla 11 <i>Inversor UPS.</i>	66
Tabla 12 <i>Listado de partes para controlador de carga</i>	66

Índice de figuras

Figura 1 <i>Molino griego de eje vertical</i>	20
Figura 2 <i>Elementos de un aerogenerador</i>	20
Figura 3 <i>Etapas de transformación de energía</i>	21
Figura 4 <i>Características de las etapas de transformación de energía</i>	22
Figura 5 <i>Características de las etapas de transformación de energía</i>	23
Figura 6 <i>Estructura base para aerogenerador</i>	24
Figura 7 <i>Diagrama de bloques de un rectificador de onda completa</i>	25
Figura 8 <i>Elementos que conforman un rectificador AC-DC</i>	25
Figura 9 <i>Señal rectificada</i>	26
Figura 10 <i>Diagrama de conexión y señales de entrada/salida</i>	28
Figura 11 <i>Diagrama de UPS con módulo de batería marca Weidmuller</i>	29
Figura 12 <i>Distribución de pins Arduino NANO</i>	31
Figura 13 <i>Iluminación emergente</i>	33
Figura 14 <i>Características relevantes para el diseño e instalación de iluminación de emergencia</i>	34
Figura 15 <i>Diagrama de fases</i>	38
Figura 16 <i>Tubo PVC de cañería</i>	40
Figura 17 <i>Plano para corte de aspas</i>	40
Figura 18 <i>Sujeción de aspas a la placa base</i>	40
Figura 19 <i>Alerón de dirección</i>	41
Figura 20 <i>Placa base</i>	42
Figura 21 <i>Chumaceras instaladas en la placa base</i>	43
Figura 22 <i>Sujeción de soporte principal (Tubo de silla)</i>	43
Figura 23 <i>Transmisión de movimiento giratorio</i>	44
Figura 24 <i>Sujeción de catalina primaria con placa base de aspas</i>	45

Figura 25 Unión por soldadura de piñón secundario a eje de alternador.....	45
Figura 26 Unión por soldadura de piñón pequeño al eje de alternador.....	46
Figura 27 Pruebas para comprobar estado de bobinado de motor.....	47
Figura 28 Ensamblaje completo de los elementos aerodinámicos, mecánicos y aerogenerador.....	48
Figura 29 Montaje de parante.....	48
Figura 30 Etapas de almacenamiento y transformación de señal generada.....	49
Figura 31 Instalación de transformador.....	50
Figura 32 Puente rectificador.....	51
Figura 33 Conversor DC-DC BOOST.....	52
Figura 34 Banco de baterías.....	53
Figura 35 Instalación de UPS.....	54
Figura 36 Conexión de inversor UPS.....	55
Figura 37 Instalación de UPS en tablero de control.....	55
Figura 38 Conexión del inversor (UPS) a circuito eléctrico del galpón.....	56
Figura 39 Diagrama unifilar del circuito eléctrico del galpón.....	57
Figura 40 Voltímetro electrónico.....	58
Figura 41 Diagrama de conexión de Arduino.....	59
Figura 42 Programación en Arduino...o.....	61
Figura 43 Comparación de Costos Materiales reciclados VS materiales prefabricados.....	68

Resumen

El presente proyecto se desarrolló un sistema de generación eólica para un circuito de iluminación emergente en la Granja Avícola "Victoria", que se compone de materiales reciclados. El aerogenerador tiene 3 aspas hechas de tubo PVC de cañería para la captación del viento, seguidamente del uso de un kit de arrastre de motocicleta para la transmisión de movimiento giratorio hacia el eje del generador que es un motor de lavadora de 1/4 de HP modificado en su rotor con imanes permanentes para generar corriente alterna. Posteriormente esta energía pasa a un transformador elevador de tensión, puente rectificador y un conversor DC-DC BOOST, de este modo estabilizar el voltaje a 12V DC hasta un banco de baterías de plomo recargable de 4Ah, 12V DC y una corriente de carga de 1.5A. Esta energía pasa hacia un inversor de 300W y 110V AC, que es una UPS. Para garantizar la carga de manera continua se instaló un Arduino NANO para actuar como controlador, este detecta la caída de tensión en las baterías y cambia de manera automática al suministro de la red eléctrica pública, por un periodo de tiempo de 3 horas. A todo esto, se suma la instalación de un voltímetro, y luces piloto como indicadores de funcionamiento del aerogenerador. Por su parte para el seccionamiento entre alimentación por red eléctrica y aerogenerador se instaló 2 disyuntores de 16A en un gabinete como protección de todos los elementos.

Palabras clave:

- **AEROGENERADOR**
- **ILUMINACIÓN EMERGENTE**
- **INVERSOR (UPS)**
- **CONVERTIDOR BOOST**
- **FUENTE DE CORRIENTE ALTERNA**

Abstract

The present project developed a wind generation system for a pop-up lighting circuit at the "Victoria" Poultry Farm, which is composed of recycled materials. The wind turbine has 3 blades made of PVC pipe to capture the wind, followed by the use of a motorcycle drag kit for the transmission of rotary motion to the generator shaft which is a 1/4 HP washing machine motor modified in its rotor with permanent magnets to generate alternating current. This power is then passed to a step-up transformer, bridge rectifier and a DC-DC BOOST converter, thus stabilizing the voltage at 12V DC to a bank of 4Ah, 12V DC rechargeable lead-acid batteries with a charging current of 1.5A. This power is passed to a 300W, 110V AC inverter, which is a UPS. To ensure continuous charging, an Arduino NANO was installed to act as a controller, which detects the voltage drop in the batteries and automatically switches to the public power supply, for a period of time of 3 hours. In addition to all this, a voltmeter and pilot lights are installed as wind turbine operation indicators. Two 16A circuit breakers were installed in a cabinet for the disconnection between the mains supply and the wind turbine to protect all the elements.

Key words:

- **WIND TURBINE**
- **EMERGENT LIGHTING**
- **INVERTER (UPS)**
- **BOOST CONVERTER**
- **ALTERNATING CURRENT SOURCE**

Capítulo I

1. Introducción

La implementación de energías alternativas tiene mucha proyección a futuro, cualquier tipo de generador en donde su fuente de energía es el viento tiene mucha acogida en gran mayoría, esto se debe a su bajo costo de implementación versus a la energía solar, esto en términos de implementación basados en el uso de materiales reciclados. En tal razón la instalación de estos en las zonas alejadas, como por ejemplo en zonas montañosas en donde la energía eléctrica es más costosa de transmitir, resulta muy ventajosa, por el mismo hecho de ubicación, condiciones meteorológicas y atmosféricas, que son adecuados a los parámetros de funcionamiento de este recurso renovable.

1.1. Tema

Implementación de un Sistema de Generación Eólica para el circuito de iluminación eléctrica emergente en un galpón para crianza de aves en la granja avícola "VICTORIA".

1.2. Antecedentes

La búsqueda por obtener recursos energéticos ha ido evolucionando e innovando con el propósito de reducir la emisiones de CO₂ a la atmosfera, y posteriormente a ello, la reducción de costos por consumo eléctrico, en tal sentido los generadores eólicos tiene un gran apogeo para generar electricidad en lugares remotos, específicamente en zonas que desempeñan algún tipo de agricultura , por lo tanto para trasladar la energía a dichos lugares representa altos costos por cableado, iluminación pública y mantenimiento , entre otros, Los cuales son muy

superiores si se los pretende instalar en dichas zonas (Hernández, Tovar Becerra, Moreno Vega, & Llorente Conde, 2017).

“La necesidad de mejorar la eficiencia de los aerogeneradores resulta del crecimiento de la población conforme pasa el tiempo, esto se traduce a mayor demanda por expansión, y también a impactos ambientales, por lo que es de vital importancia reducir el consumo de energía en los hogares en crecimiento (Quintana, J. E., Céspedes, & Torres, 2020).

De igual forma es importante tomar en cuenta las características como; la facilidad de transmisión de energía de uno de estos generadores, lo que supone a un estudio amplio para maximizar el factor de potencia que por lo general se debe aproximar a 1, algo que es muy difícil de conseguir, ya que el funcionamiento de un generador eólico depende de la velocidad del viento, por lo tanto una de las soluciones más viables para mantener la tensión es la conexión de capacitores (Gonzalez Baldera, Rico Arrellano, & Tapia Olvera, 2019)

Los generadores eólicos es sin duda la más viable, en términos por costos de construcción e instalación, esto se puede reducir aún más si se lo realiza con materiales reciclados, el objetivo de utilizar estos materiales para un generador eólico, está centrado a los beneficios y costos económicos (Hernández, Tovar Becerra, Moreno Vega, & Llorente Conde, 2017).

1.3. Planteamiento del problema

En las zonas rurales la economía está ajustada a actividades de agricultura, ganadería y pesca, por lo que el aumento en la demanda de cualquiera de estos sectores obedece al crecimiento de la población, y consecuentemente el aumento de la demanda de dichos sectores de igual las actividades agrícolas, avícolas, ganaderas y afines dan apertura a los pequeños emprendimientos (microempresa)

dentro de la industria. La economía de estas pequeñas industrias depende mucho del aumento de producción, disminuyendo sus costos al máximo posible, de cualquier tipo, lo que implica también en consumo eléctrico.

Es por esto que dentro del sector avícola la demanda eléctrica que ejerce la crianza de pollos recién nacidos es indispensable la iluminación 24 /7, además del uso de instrumentos de calefacción, lo que resulta en altos costos por consumo energético. Por lo tanto, la búsqueda de alternativas para la reducción de este consumo eléctrico se basa en la instalación de generadores eléctricos, como son los de energía eólica a partir de materiales reciclados.

1.4. Justificación

La necesidad de mantener pollos recién nacidos en ambiente controlado y con iluminación constante, representa a precios muy elevados por pagos de consumo eléctrico y, además la reducción de ingresos. Los fuertes vientos fríos de la zona influyen en este problema de demanda, por lo que mediante un generador eólico se puede aprovechar estas condiciones climatológicas para generar electricidad y suplir el mismo.

1.5. Objetivos.

1.5.1. *Objetivo general.*

Implementar un sistema de generación eólica para un circuito de iluminación eléctrica emergente en el galpón de crianza de aves en la Granja Avícola “Victoria” utilizando un Microcontrolador Arduino NANO para el control ON/OFF, y materiales reciclados.

1.5.2. Objetivos específicos

- Investigar información sobre los instrumentos y equipos que se utilizarán en el sistema de iluminación emergente.
- Componer el sistema de generación eólica para iluminación emergente con aparatos mecánicos, eléctricos y electrónicos reciclados.
- Demostrar el correcto funcionamiento del sistema a través de pruebas, con cargas de mayor demanda de potencia hasta 300W como potencia máxima.
- Realizar una comparación entre costos de materiales fabricados de toda la instalación VS costos de materiales reciclados.

1.6. Alcance.

El generador eólico cuenta con motor de lavadora modificado en su rotor con imanes permanentes, para generar corriente alterna (AC), a ello también se puede utilizar un motor de pasos de 12VDC a 200 STEPS y 1 [A] de este modo su trabajo de generación es más eficiente, posteriormente cuenta con, rectificadores (AC-DC) y convertidores (DC-DC) para mantener una corriente estable hacia un banco de baterías de plomo recargables de 12v DC a 4Ah. A partir de este estará conectado a un inversor (DC-AC) para posteriormente ser acoplados a la red de iluminación del galpón con una carga total 114.2 W, por último, estará relacionado a un control ON/OFF mediante el Microcontrolador Arduino NANO para interacción entre la energía eléctrica eólica y energía de la red eléctrica, con esto asegurar el suministro eléctrico permanente en el sistema de iluminación hasta 3 horas en el caso de apagones. Se pretende reutilizar materiales desechados.

Capítulo II

2. Fundamentos teóricos

2.1. Sistema de generación eólica.

2.1.1. *Energía eólica.*

La energía eólica tiene uso desde hace décadas para fines de extracción de agua en pozos, para moler diferentes tipos de grano, etc., lo cual es muy significativo ya que, esto permitió que las granjas utilicen este método de captación de energía del viento y se vuelva revolucionario para trabajos que demandan mucha potencia, esto como ejemplo las actividades ya mostradas, que al realizarlas de forma manual se traducen a mayor tiempo de preparación, y mayor desempeño en cuanto a mano de obra.

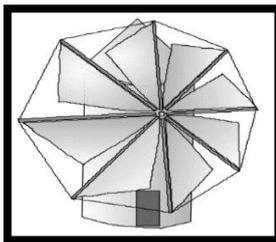
De la misma manera en que se desarrolla los sistemas eólicos, se abren campos más amplios para su aplicación a trabajos de mayor magnitud, como por ejemplo para procesar madera, elaboración de aceites y producción de papel, esto en términos de potencia, mismo que produjeron 50HP hasta 80HP, lo que es adecuado para producir en masa (Rapallini, 2018).

A partir de ello los generadores eólicos (Aerogeneradores) sin duda son una alternativa más viable, como recurso energético en lugares alejados, es por esto que en las granjas la implementación de estos generadores de trabajo mecánico con gran potencia tiene la tendencia a ser los más utilizados en estas regiones, permitiendo un desarrollo de diseños para aumentar su eficiencia.

En efecto los diseños de los generadores eólicos de tipo eje vertical y eje horizontal, con varias palas, un ejemplo de ello se muestra en la figura 1.

Figura 1.

Molino griego de eje vertical.



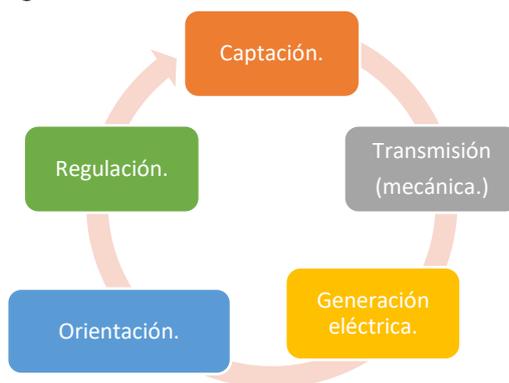
Nota. Con posterioridad, y especialmente en las islas griegas del Mediterráneo, se desarrollaron molinos de viento de eje horizontal (Figura 1), cuya principal característica fue la utilización de velas a modo de palas. Tomado de (Rapallini, J. 2018).

2.2.2 Elementos que componen los aerogeneradores.

A lo largo de la historia los aerogeneradores tuvieron varios cambios, esto en función de las necesidades de cada usuario, finalidad, funcionamiento, y capacidad de trabajo, es por ello que a nivel global un aerogenerador se constituye de las siguientes partes, mostradas en la figura 2.

Figura 2.

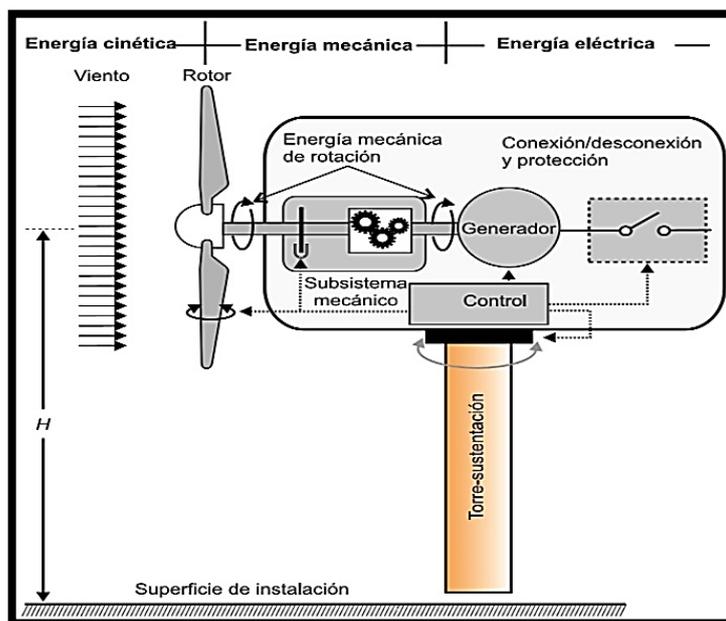
Elementos de un aerogenerador.



Nota. Se muestra el ciclo de trabajo que debe cumplir un generador eólico en su estructura primaria o componentes mecánicos que se instalaran en las alturas para la captación y transformación de energía del viento. Tomado de (Hernández, Tovar Becerra, Moreno Vega, & Llorente Conde, 2017).

Figura 3.

Etapas de transformación de energía en un aerogenerador.



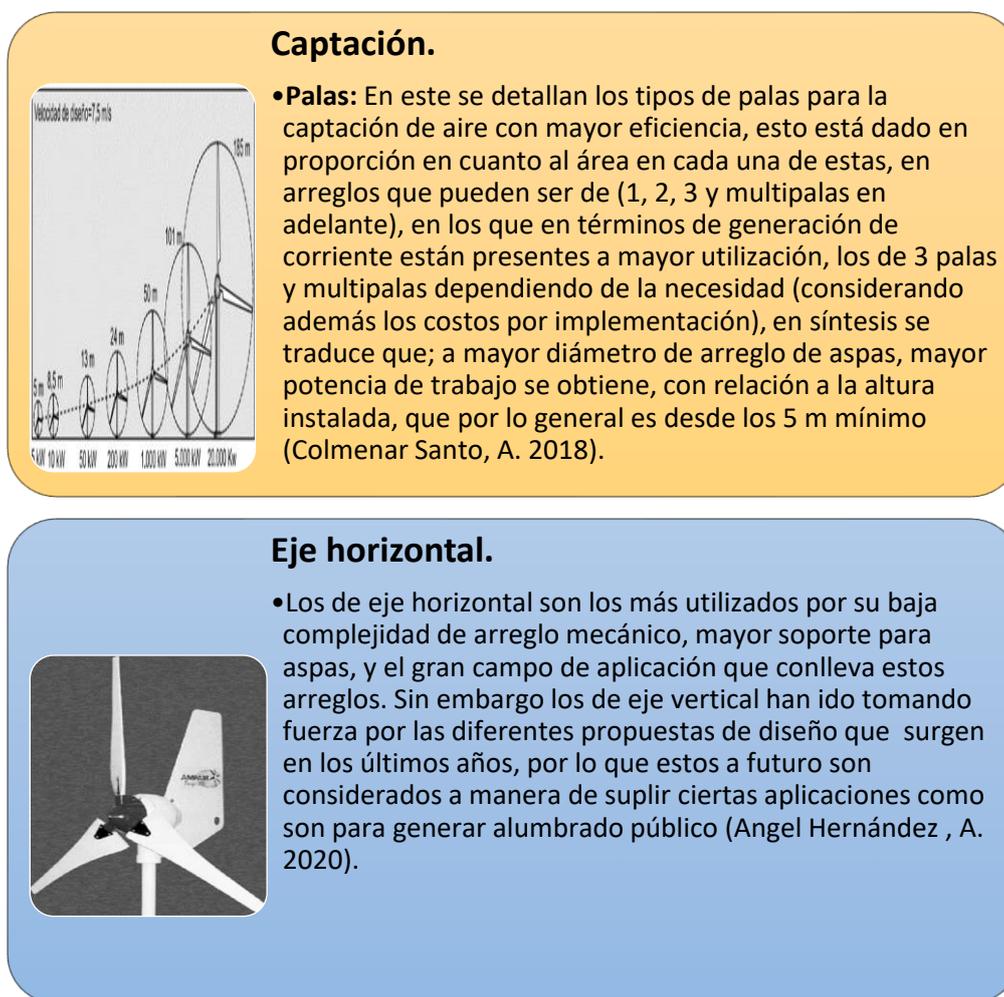
Nota. Forma aplicativa las etapas mostradas en la figura 2, en donde los componentes de un aerogenerador hacen referencia a fases desde la captación hasta el soporte. Tomado de (Hernández, Tovar Becerra, Moreno Vega, & Llorente Conde, 2017).

Tal y como muestra la figura 3 las partes de este tipo de generadores se basan en sub etapas para la transformación de la energía captada en las paletas o aspas que impulsan el giro de estos en un eje, que es acoplado a un mecanismo para hacer más eficiente el giro hasta un generador eléctrico.

En los siguientes apartados se indica las características a considerar en cada etapa mostrada en las figuras 4 y 5.

Figura 4.

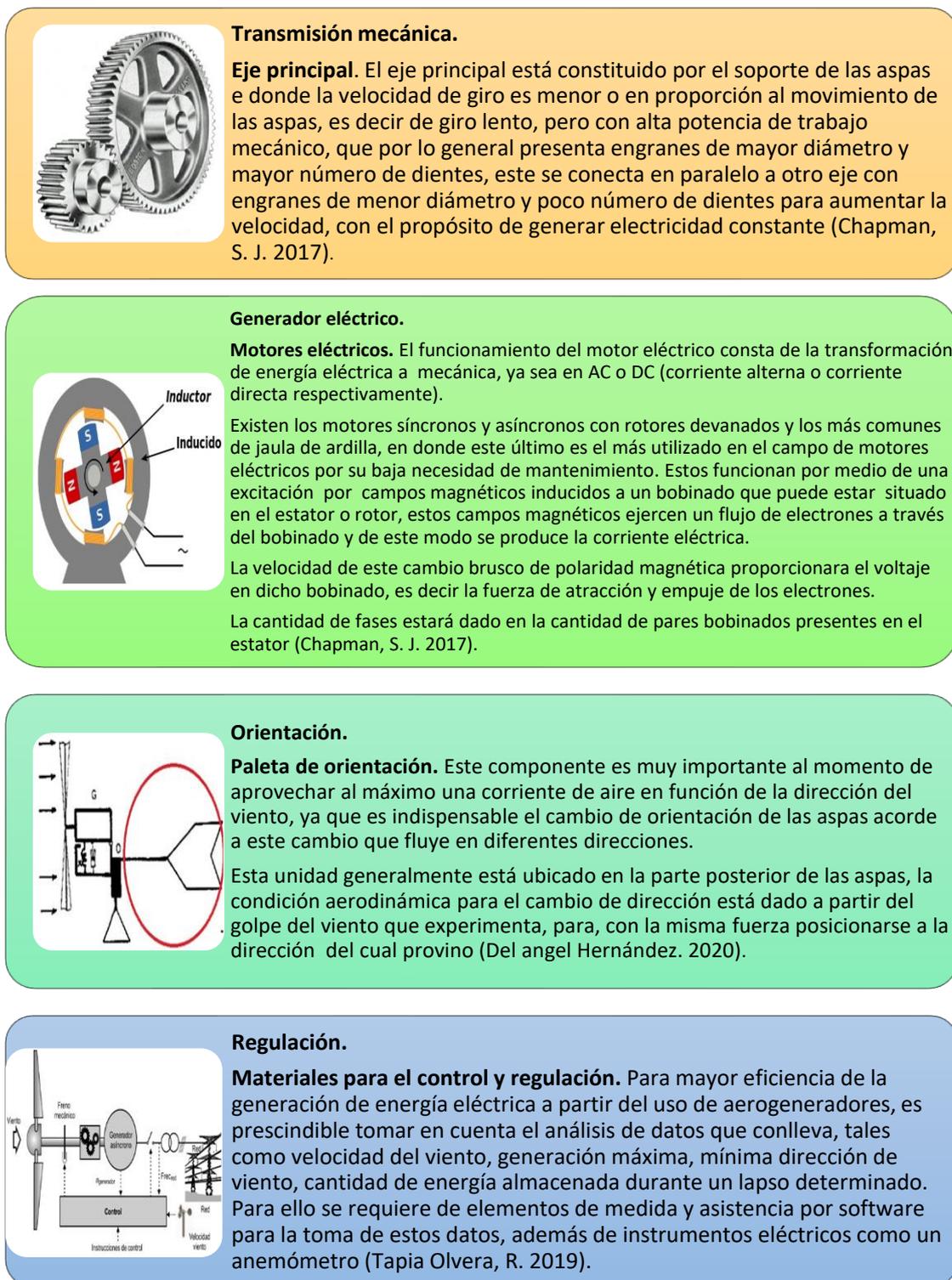
Características de las etapas de transformación de energía.



Nota. Se muestra las especificaciones del dimensionamiento para la superficie que cubre un aerogenerador y las velocidades que estos pueden soportar, además de los tipos de captación del viento de forma vertical u horizontal. Tomado de (Del angel Hernández & Angel Hernández , 2020).

Figura 5.

Características de las etapas de transformación de energía



Nota. Etapas a cumplir para un estándar en cuanto a construcción de un sistema de generación eólica de baja potencia. Tomado de (Hernández, Tovar Becerra, Moreno Vega, & Llorente Conde, 2017).

Finalmente, la estructura de base para la instalación del aerogenerador, varía según las condiciones atmosféricas y topográficas de la zona. Para establecer un soporte de algún tipo este debe cumplir con la suficiente rigidez a condiciones extremas, ya sea en función al viento, revoluciones a máxima capacidad, lluvia y posibles terremotos. Comúnmente las construcciones destinadas a este fin son provistas de materiales como el acero en parantes, estos se encuentran sembrados sobre una superficie de hormigón y con piezas armables como bridas para su ensamblaje total, tal y como se puede ver en la figura 6 (Carta, Calero Pérez, & Colmenar Santo, 2018).

Figura 6.

Estructura base para aerogenerador



Nota. En la figura 6 se muestra la base de hormigón, en donde se ubicará el parante del aerogenerador incluido la estructura base. Tomado de (Carta, Calero Pérez, & Colmenar Santo, 2018).

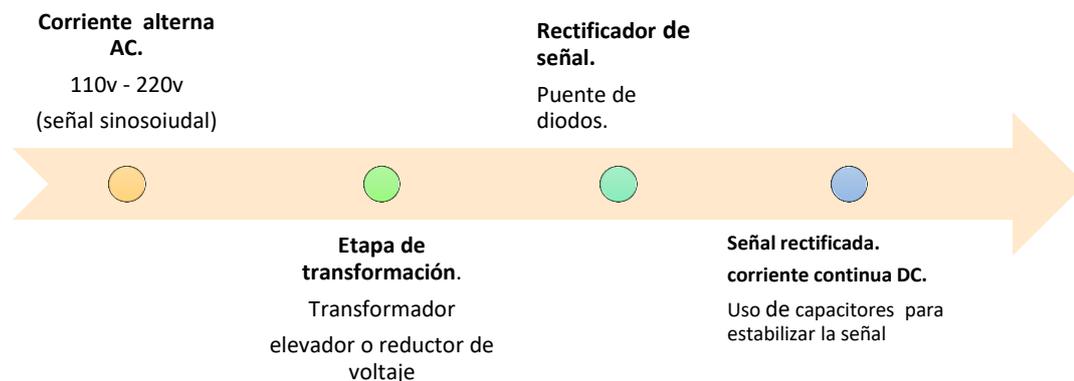
2.2. Bloques eléctricos y electrónicos.

2.2.1. Rectificador de señal AC-DC.

Este dispositivo eléctrico y electrónico está compuesto por un arreglo de diodos (puente rectificador con diodos) y capacitores para convertir una señal eléctrica de entrada de corriente alterna (AC) a una salida de corriente continua (DC), tal y como se muestra el diagrama de bloques de la figura 7.

Figura 7.

Diagrama de bloques un rectificador de onda completa.



Nota. La figura se muestra a detalle los elementos que se emplea para rectificar una señal tomada en AC, hacia una señal DC. Tomado de (Boylestad, 2019).

Figura 8.

Elementos que conforman un rectificador o conversor de señal AC-DC.

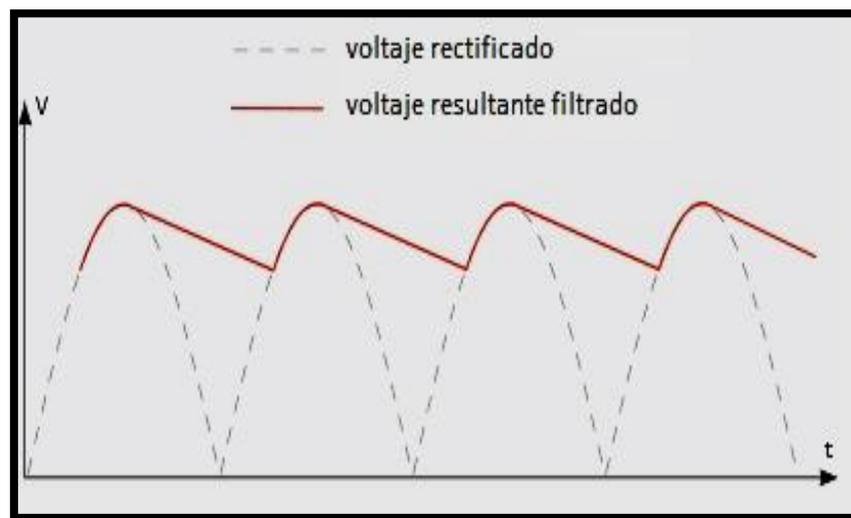
<p>Corriente alterna (AC).</p> <ul style="list-style-type: none"> La figura muestra una señal típica del comportamiento de la corriente que circula en la red eléctrica pública. Esta señal se la conoce como AC debido a que presenta ciclo positivo (arco superior) y ciclo negativo (arco inferior) a una velocidad que puede ser de 60 Hz y 50 Hz.. 	<p>Etapa de transformación.</p> <ul style="list-style-type: none"> En el ejemplo anterior se observa en la parte (a) un transformador de forma física, dependiendo de su funcionamiento ya sea para elevar o reducir el voltaje establece su tamaño. Internamente tiene bobinas primaria en la parte izquierda y bobina secundaria en la derecha ver apartado (b), en este último se establece si es reductor o elevador en función de la cantidad de espiras (N° de vueltas) presentes en este. 	<p>Rectificador de señal.</p> <ul style="list-style-type: none"> En la figura mostrada indica la simbología de un puente de diodos, además de algunos ejemplos del aspecto físico que comúnmente se los puede encontrar en casi todos los aparatos electrónicos como en cargadores para celulares. Su funcionamiento consta del arreglo de diodos para recortar la señal AC en su ciclo negativo y por consiguiente obtener una señal con polaridad definida en DC (positivo, negativo). 	<p>Señal rectificada DC.</p> <p>La señal obtenida del puente de diodos es captada por un capacitor, tal y como muestra la figura, su funcionamiento consta de recibir la señal rectificada para estabilizarlo a un voltaje que es determinado por el capacitor y hacerla más estable sin ningún tipo de perturbación, este componente electrónico tiene polaridad definida (polo positivo y negativo) este último detallado con una franja blanca, además la particularidad del en microfaradios (uf).</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nota. Todos los componentes electrónicos mencionados en la figura 8, corresponden en un solo elemento que se conoce como puente rectificador AC-DC. Tomado de (Boylestad, 2019).

Con relación a todo lo anterior descrito, en síntesis, las etapas corresponden al funcionamiento de la conexión en bloques que inicia con la parte de reducir o elevar de la señal de la fuente de corriente alterna AC, mediante un transformador eléctrico, seguidamente con un puente de diodos se recorta la señal de AC de la parte negativa, y en efecto dar como resultado una señal del tipo rizado positiva, para posteriormente ser almacenado en el capacitor, cabe mencionar que para almacenar la tensión en dicho capacitor debe cumplir con la capacidad de voltaje en DC que generalmente está especificado en su recubrimiento el cual no debe ser excedido, para luego ser enviado a la salida como una señal continua DC filtrada, como muestra la figura 9 (Rivera & Pozos, 2017).

Figura 9.

Señal rectificada.



Nota. La señal mostrada en la figura 9 describe con líneas entrecortadas la onda emitida por el puente de diodos, mientras que la señal continua en rojo pertenece a la señal enviada por el capacitor, nótese que se asemeja a una señal continua “lineal constante”. Tomado de (Rivera & Pozos, 2017).

2.2.2. Conversor DC-DC.

Los convertidores de DC-DC son circuitos electrónicos que sirven para estabilizar una tensión de salida con respecto a la entrada en corriente continua, estos pueden ser del tipo elevador (BOOST) y el de tipo reductor (BUCK). Estos circuitos de potencia están constituidos por elementos semiconductores como capacitores, diodos, inductores (bobinas) y transistores (MOSFET). Las características a detalle se muestran en la tabla 1 a continuación.

Tabla 1.

Convertidores DC-DC.

Convertidor BUCK.

Se caracteriza por mantener una tensión estable menor a la de entrada, por lo que se le conoce como conversor DC-DC reductor.

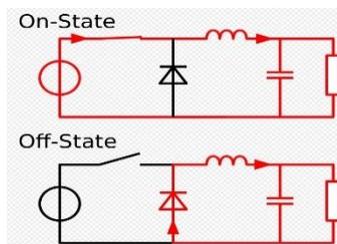


Figura (a).

El funcionamiento consta de los estados ON OFF en donde el estado ON la corriente circula hacia la bobina directamente energizando a la vez el capacitor, por su parte para el estado OFF la corriente se encuentra circulando en la segunda malla y esta es inmediatamente drenada por la carga tal y como esta mostrado en la figura (a).

Convertidor BOOST.

Este mantiene una tensión estable de salida superior a la de la entrada.

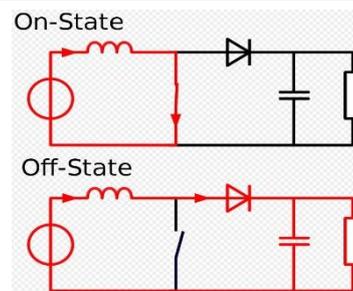


Figura (a).

Para elevar la tensión de entrada a la salida, el estado ON, suministra corriente a la bobina, el cual almacena el mismo, hasta el estado OFF en donde la energía almacenada en la bobina es direccionada al capacitor, al realizar eso a alta frecuencia se traduce a un aumento exponencial de voltaje a la carga como muestra la figura (b).

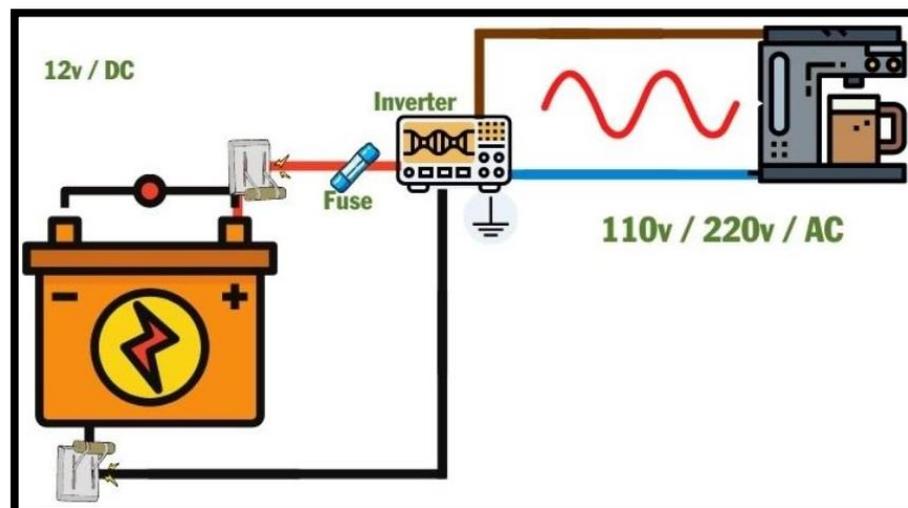
Nota. Los convertidores DC-DC se conforman de elementos semiconductores de alta frecuencia como el XL6009 en el caso del BOOST. Tomado de (Manrique Latorre & Sosa Mora, 2018).

2.2.3. Inversor de corriente DC-AC.

Los inversores de corriente DC-AC son transformadores estáticos de potencia que se encargan de cambiar la señal continua a una alterna con baja presencia de armónicos, su funcionamiento está enfocado a la interacción de arreglo con MOSFET o IGBTs, entre otros transistores de potencia semiconductoras como interruptores de alta frecuencia para estabilizar una señal de alterna monofásica o trifásica de forma escalonada, teniendo como resultado semiciclos positivos y negativos característicos de la corriente alterna. La figura 10 muestra el diagrama de bloques de un inversor, además de su señal de salida. (Ramírez, 2011).

Figura 10.

Diagrama de conexión y señal de entrada y salida.



Nota. La representación de la figura 10 muestra la etapa de cada bloque que experimenta la conversión de la corriente DC a AC. Tomado de (Hart, 2017).

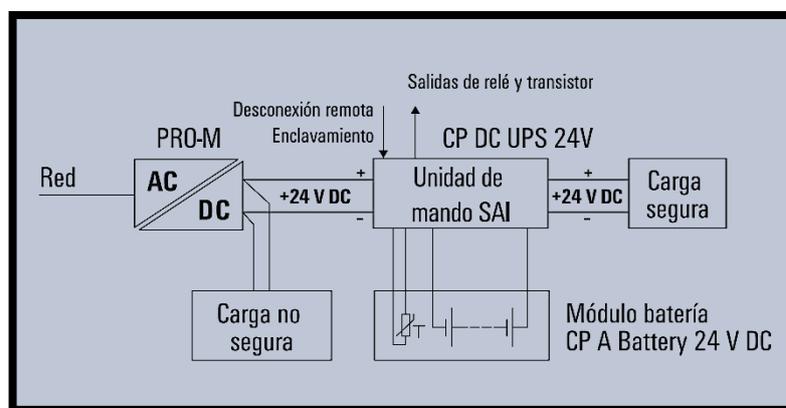
2.2.4. UPS como inversor de corriente.

Los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS), son elementos eléctricos y electrónicos que tienen de forma interna fuentes de alimentación de corriente DC, estos constan de baterías por lo general de plomo recargables para mantener una corriente en caso de apagones o fallos eléctricos en una determinada área.

Estos aparatos eléctricos son muy confiables al momento de efectuarse un apagón, ya que actúan de forma instantánea ante un fallo de este tipo, permitiendo el funcionamiento hasta varias horas (dependiendo de la carga al cual es ejercido) lo que los hace muy eficaces en lugares en donde se necesita de energía eléctrica constante como por ejemplo en los instrumentos de hospital. La figura 11 muestra el diagrama de conexión de una UPS de marca Weidmüller.

Figura 11.

Diagrama de UPS con módulo de batería marca Weidmüller.



Nota. Las etapas que indica la figura 11 hacen referencia a los bloques de conversión en función a una señal recibida de generador externo para su funcionamiento automático. Tomado de ficha técnica (UPS-Weidmuller, 2019).

Las características que ofrece este dispositivo eléctrico abarcan una seguridad a la carga pasando por su estructura interna, es decir que todos los elementos conectados a sus salidas estarán constantemente estabilizados sin variación o caídas de voltaje, cabe recalcar las características de trabajo se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.*Datos técnicos de UPS POWEST 500.*

Potencia aparente.
500 VA
Potencia real.
300W
Factor de potencia fp
0.6
Numero de Fases.
Monofásico.
Numero de tomas.
2 a 120V AC

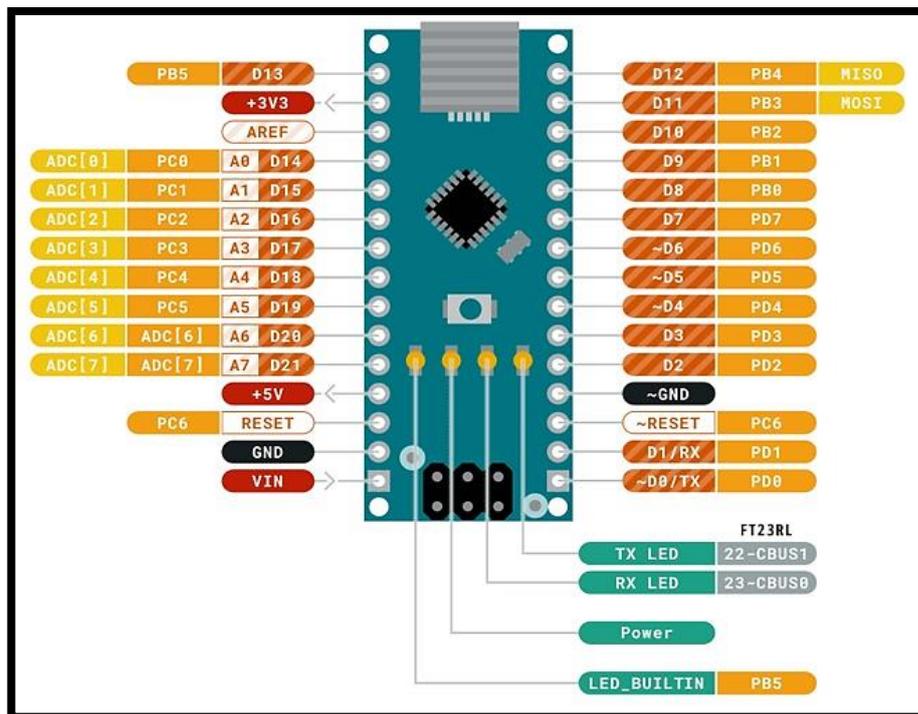


Nota. Los datos mostrados en la tabla son muy importantes para mantener un buen funcionamiento del dispositivo inversor, ya que, al superar estos valores, puede ocasionar daños irreversibles. Tomado de ficha técnica (POWEST, 2021).

2.2.5. Microcontrolador Arduino NANO.

El Arduino NANO es la reducción equivalente de del Arduino UNO, debido a que presenta el mismo microcontrolador ATMEGA 328P, con la diferencia en la entrada de datos es por medio de USB mini y las conexiones de los pines son amigables y prácticos para su uso en Protoboard (Cuartielles, 2021).

La CPU ATMEGA funciona con 16Mhz y cuenta con 32 KB de memoria flash de los cuales 2 KB son solo para el arranque. Sus dimensiones de 45mm X 18mm lo hacen práctico para diseños de robótica elemental y pruebas de estos, en la figura 12 se muestra la distribución de pines. (WEEK, 2022)

Figura 12.*Distribución de pines.*

Nota. Las especificaciones descritas anteriormente hacen énfasis en los datos técnicos a nivel de conexión en los pines, tales como velocidad y alimentación.

Tomado de (WEEK, 2022).

- **Recursos.** Alimentación a través de conexión USB Mini-B, un suministro externo no regulado de 6v a 20V (pin 30), o una fuente de alimentación externa regulada de 5v (pin 27).
- **Entrada y salida.** Tiene 8 entradas analógicas cada una proporciona una resolución de 10 BITS (1024 valores diferentes), además al utilizar el código digital White a los pines analógicos 6 y 7 no se puede utilizar como pines digitales con esta instrucción.
- **Reinicio por software.** No utiliza un pulsador para el reinicio, esta función asigna por software, y también presenta un arreglo del capacitor conectado a una línea, Los datos técnicos se describen a detalle en la tabla 3 (Cuartielles, 2021).

Tabla 3.*Datos técnicos Arduino NANO*

Microcontrolador.	ATMEGA 328
Arquitectura.	AVR
Tensión de funcionamiento	5V
Memoria Flash	32KB, 2KB de Arranque.
SRAM	2KB
Velocidad de reloj	16Mhz
Pines de entrada analógicos	8
EEPROM	1KB
Corriente CC por pines de E/S	40 mA (pines de E/S)
Voltaje de entrada	6-20 v (límite de rec. 7-12v)
Pines de E/S Digitales	26 (6 son PWM)
Salida PWM	6
Consumo de energía	19 mA
Tamaño de PCB	18 x 45 mm
Peso	7 g

Nota. Los valores de la tabla 3 corresponden a la Tarjeta Arduino NANO en su versión más actualizada que resalta sus mejoras en cuanto a velocidad y tolerancia en sus voltajes y corrientes de trabajo. Tomado de (WEEK, 2022).

2.2.6. Circuito de iluminación emergente.

Los sistemas de emergencia hacen énfasis a la respuesta rápida, ante una situación que está fuera de lo habitual, teniendo impactos negativos en el entorno en donde se desarrolla el evento. En términos de iluminación este puede producirse a través de un fallo eléctrico ya sea en la red pública, así como en la instalación misma del lugar. Este tipo de instalaciones por lo general se encuentran en estado de espera o desactivado, la activación de estos dependerá del fallo que se puede generar en cualquier momento, a lo cual el sistema debe responder a este cambio de manera inmediata.

En dichos sistemas los elementos de iluminación son compuestos casi de forma individual al circuito de iluminación presentes y en actividad diaria, la figura 13 muestra un ejemplo de estos (Rodríguez, León, Gil, Alvarez, & Borja, 2019).

Figura 13.

Iluminación emergente.



Nota. A diferencia de este tipo de componentes habituales en una edificación, existen también los que presentan como circuito independiente y con iluminación secundaria en puntos específicos, que entran en actividad al momento de detectar un fallo o apagón de la red principal de alimentación. Tomado de (Sistema de alarma.com, 2021).

Para hacer un diseño de un circuito de iluminación secundaria para casos de emergencia se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos que se detallan en la figura, todos estos aspectos son previamente analizados y acoplados de acuerdo con normas NEC 2018 en el apartado de las instalaciones eléctricas residenciales, o también en baja potencia.

Figura 14.

Características relevantes de iluminación de emergencia.



Nota. Características mínimas que debe contener un sistema de iluminación emergente, con el propósito de precautelar la seguridad ante posibles fallos eléctricos o desastres. Tomado de (Rodríguez, León, Gil, Alvarez, & Borja, 2019).

Para ejemplificar esto, los ítems mostrados se deben considerar según su concepto acorde a estudios pre realizados, esto se aborda en la tabla 4 que se indica a continuación.

Tabla 4.*Puntos de análisis para circuito de iluminación.*

Puntos estratégicos.	En toda la instalación de luminarias es necesario tener en cuenta los puntos como; entre los más alejados a la salida, intermedio a este y salida en su totalidad, para de esta forma trazar las rutas una evacuación más segura en caso de imprevistos.
Carga instalada.	De acuerdo con la norma NEC 2018 los circuitos de iluminación no deben superar los 15 A y 15 puntos de iluminación, lo que representa a un límite de puntos de 15 sitios a nivel de un circuito. En suma, las protecciones en el tablero de distribución deben constar con contactores termomagnéticos de 16 A por cada circuito.
Carga demandada.	Para evitar sobrecargas y fallos en los contactores principales, el cálculo de la potencia consumida por cada luminaria debe estar sujeta a la capacidad del contactor principal del circuito, un ejemplo son los focos incandescentes de 20W, si estos exceden la corriente y voltaje nominal de un contactor este puede producir la desconexión y en efecto la disfunción del sistema de emergencia.
Factor de incidencia.	En el caso de iluminación emergente por ser independiente al sistema principal este no influye en la concordancia de funcionamiento de los componentes eléctricos en la instalación a nivel global, pero ante un apagón la incidencia de todo este circuito de emergencia es del 100%, lo que resulta a una demanda muy alta, que para la fuente de alimentación emergente debe suplir sin ninguna sobrecarga.
Fuente de alimentación ininterrumpida.	La UPS debe ser lo suficientemente funcional para las cargas a los cuales estará sometido, esto significa que la duración de funcionamiento debe ser el más alto para mantener la seguridad y la garantía de conservar los aparatos funcionando sin ningún problema.

Nota. Se indica los requerimientos para un sistema de iluminación de emergencia de forma automática, este último con relación a la UPS para suplir el suministro de iluminación por un periodo de tiempo en concordancia a la capacidad de este. Tomado de (Rodríguez, León, Gil, Alvarez, & Borja, 2019).

Finalmente, los circuitos de iluminación cumplen con el conexionado de cable flexible del tipo THHN AWG N°14 teniendo en cuenta el código de colores mostrados en la tabla 5.

Tabla 5.

Código de colores.

Conductor	Código de colores.
Neutro	Blanco.
Tierra	Verde con franja amarilla.
Fase	Rojo, azul, negro, amarillo u otro color diferente a tierra o neutro.

Nota. Los datos mostrados en la tabla 5 corresponden a la determinación de fase, neutro y tierra de acuerdo con la norma "IEC 60617 Graphical Symbols for Diagrams, 2012". Tomado de (NEC, 2018).

Capítulo III

3. Desarrollo del tema propuesto

3.1. Preliminares

El presente proyecto de titulación se centró en la implementación de un sistema de generación eólica para abastecimiento energético en el circuito de iluminación de la Granja avícola “Victoria”, con componentes reciclados. En primera instancia; el generador eólico está compuesto de 3 aspas en tubo PVC de 10.2 cm diámetro, y un largo de 100 cm, estos comúnmente son desechados en las construcciones ya que son tuberías de cañería.

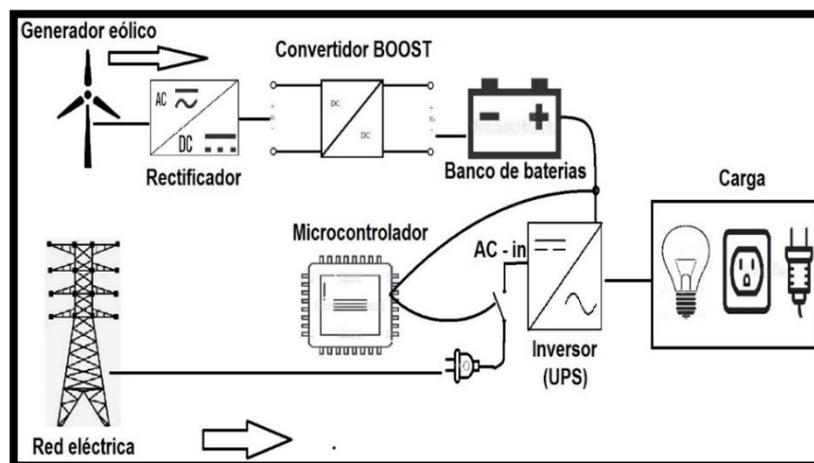
Por su parte, para los arreglos mecánicos se utilizó un sistema de transición por cadena a través de un Kit viejo de arrastre de motocicleta (dos piñones; un pequeño, un grande, y una cadena). El funcionamiento de la transmisión de energía captada del viento en configuración de aumento de vueltas por relación de transmisión fue instalado de la siguiente manera; diámetro y número de dientes en el piñón primario (50 dientes y 14.9cm de diámetro) conectado directamente a la hélice, en cuanto al piñón secundario (14 dientes y 4.9cm de diámetro) conectado al generador, esto resulta a una relación de 1 a 3, es decir que por cada vuelta en el primario se dan 3 vueltas en el secundario aumentando su eficiencia por vuelta.

Con relación a este último el generador de electricidad está conectado al piñón secundario, mismo que, es un motor de lavadora obtenida en la chatarra que generalmente cuenta con características de funcionamiento a 110v AC, 60Hz y una potencia de $\frac{1}{4}$ de HP o 186 W de potencia. Para poder generar electricidad este mismo está modificado en su rotor con incrustaciones de imanes de neodimio de 4cm X 1cm X1cm en su rotor de forma intercalada (N, S, N, S) en sus polos, y separados a 90 ° entre sí. Para transportar la corriente generada, está conectado a la bobina de un cable flexible N°14 hasta la caja de control.

En la caja de control en primer lugar se cuenta con transformadores conectados en paralelo y en modo elevador, luego se conectó un puente de diodos para rectificar la señal AC provenientes de los transformadores, para luego pasar un capacitor de 400v DC a 68uF (microfaradios) para estabilizar la tensión generada a DC, posteriormente se hizo la conexión hacia un convertidor DC-DC de tipo BOOST (elevador de tensión), con el propósito de mantener una corriente y voltaje estables de 12v a 1[A], para cargar un banco de baterías de plomo de 4Ah (amperio/hora) y 12v DC, con una corriente de carga de 1.5[A]. Por consiguiente, la corriente y voltaje almacenado pasa a un inversor (UPS) de 500VA (potencia aparente) o 300W (potencia real) y un voltaje de salida de 120V AC entregados a un circuito eléctrico de 9 puntos de iluminación con bombillas led de 9 W cada uno, lo que da un total de 81 W de demanda, a esto se suma la carga instalada que corresponde a tomas y cableado lo que haciende a un total de 114W aproximadamente del galpón en general. Todo lo anterior descrito se detalla en el diagrama de fases mostradas en la figura 15.

Figura 15.

Diagrama de fases.



Nota. Tal y como se observa en la figura 15, las fases descritas anteriormente corresponden netamente al circuito del aerogenerador de fases. Tomado de (Electgpl, 2019).

Por su parte resulta oportuno mencionar que el arreglo que desempeña el microcontrolador está enfocado a mantener la carga de las baterías en caso de poca afluencia de viento, esto en periodos largos. Es entonces que; si el microcontrolador en este caso un Arduino NANO detecta una disminución en la tensión de las baterías, no recomendables para el funcionamiento del inversor, este activa un interruptor para pasar a la red eléctrica y de este modo asegurar, aún más la carga de las baterías, en caso de cargarlos por completo en modo de red eléctrica, de forma automática regresará a modo de alimentación del generador, en síntesis el microcontrolador realiza la interacción automática entre las diferentes alimentaciones direccionadas a la UPS, ya sea desde el generador o red eléctrica.

3.2. Construcción de aerogenerador.

3.2.1. Elementos aerodinámicos y mecánicos.

- **Construcción de aspas.** El material de las palas es de tubo PVC de cañería con medidas de 10.2cm de diámetro, y un largo de 100 cm, provenientes de construcciones, ya que son en muchas ocasiones sobrantes que desechan al terminar la parte de cañerías. La figura 16 muestra este material.

Figura 16.

Tubo PVC de cañería.

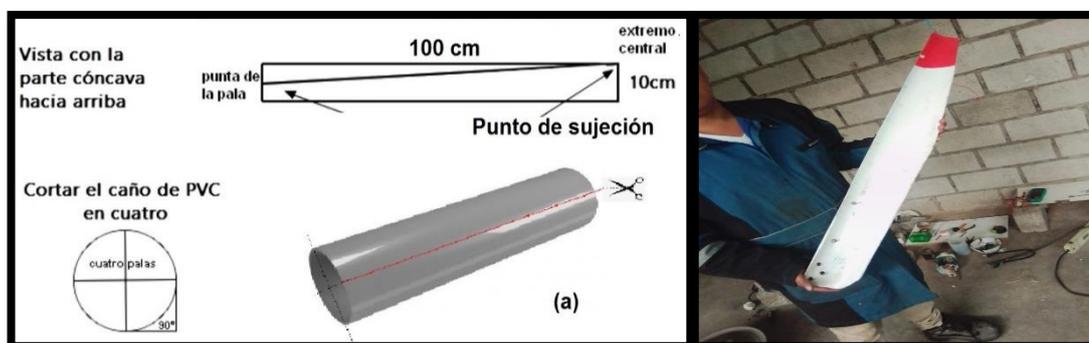


Nota. La figura 16 muestra la tubería de PVC correspondiente a los tubos de las cañerías comúnmente utilizados en la construcción.

Luego de esto se realizó el corte y división de la tubería en 4 partes iguales, para después continuar con los cortes que dan el funcionamiento aerodinámico para el giro de forma horaria de las aspas, este parámetro se detalla en la figura 17 (a). De forma siguiente se pintó de color blanco con partes rojas en sus puntas como muestra la figura 17 (b).

Figura 17.

Plano para cortes de aspas.



Nota. La figura (a) muestra los Planos para armar las aspas de aerogenerador y la figura (b) el resultado final. Tomado de (Schiavoni, 2019).

En cuanto a la juntura de las aspas de manera adecuada estos fueron unidos sobre una placa de metal circular de 15cm de diámetro y un espesor de 0.4cm, los cuales fueron separadas entre sí a 120° para cumplir con el balanceo o equilibrio de los mismos, además de una perforación en el centro de 1.7cm de diámetro para sujetarse al eje principal, tal y como muestra la figura 18.

Figura 18.

Sujeción de las aspas a la placa de base.

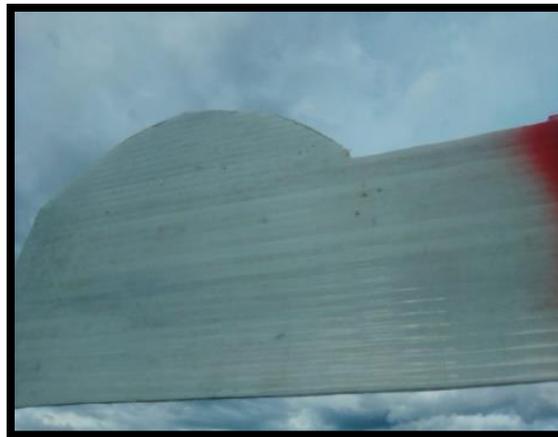


Nota. Para sujetar las aspas a la placa es necesario hacerlo con 3 pernos y tuerca, esto para mayor seguridad.

Alerón para dirección del viento. Se construyó a partir de un material de plástico utilizado para techos en exteriores, lo que garantiza mayor resistencia a las condiciones climáticas, y además es ligero para mayor movilidad de todo el componente, en la figura 19 se muestra el material utilizado y el diseño de este alerón de dirección.

Figura 19.

Alerón de dirección.



Nota. El alerón de dirección está realizado con un diseño aerodinámico, este puede variar, sin embargo, debe cumplir con la superficie lo suficientemente grande para el correcto funcionamiento que desempeña.

Base para los componentes. Estos se los instaló en una placa de acero de 0.7cm de espesor y una superficie total de 30cm^2 , mismo que al ser reciclado se encontraba en condiciones muy bajas, por lo cual se lo pinto con pintura blanca de esmalte para más resistencia al ambiente. La figura 20 muestra el antes y después de dicha placa.

Figura 20.

Placa de base.



Nota. La base mostrada en la figura fue pintada con pintura esmalte de color blanco para mayor resistencia al ambiente.

Con base en lo anterior descrito, se instaló dos chumaceras de 1.9cm para sujetar el eje principal de 1.7cm de espesor por una longitud de 20cm, estas fueron instaladas en la parte superior izquierda la placa de forma paralela y a una distancia entre sí de 10cm, todo este arreglo y el aspecto de las chumaceras se muestra en la figura 21.

Figura 21.

Chumaceras instaladas en la placa base.



Nota. Los materiales que se muestran en la figura 21 deben ser resistentes a la corrosión y humedad.

Mecanismo para movimiento horizontal o dirección de viento. Para el funcionamiento del mecanismo que proporcione un giro a 360° de forma horizontal para el correcto funcionamiento de la captación del viento en la dirección que provenga, se utilizó un tubo base de una silla giratoria de oficina, mismo que está dividido en dos partes de diferente diámetro para mantener la sujeción entre estos además de contar con una regulación de altura, este se lo instaló con 3 abrazaderas para tubería de 2", en la figura 22 se muestra el aspecto físico y la instalación a la placa base.

Figura 22.

Sujeción de soporte principal (tubo de silla).

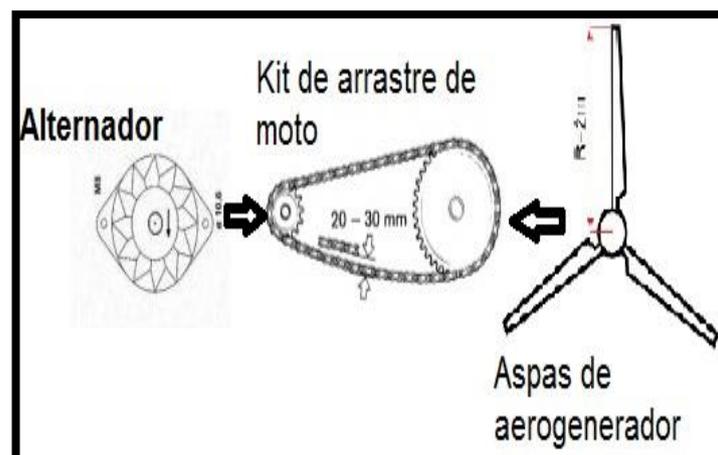


Nota. El material que se compone este tubo giratorio de silla de oficina es de acero inoxidable, material óptimo para resistir a la intemperie.

Transmisión de movimiento. Se realizó la transmisión mediante el uso de cadena y catalinas pertenecientes a un kit de arrastre de motocicleta reciclados el cual cuenta con una catalina grande de diámetro y número de 50 dientes y 14.9cm de diámetro conectado directamente a la hélice, en cuanto a la catalina pequeña cuenta con 14 dientes y 4.9cm de diámetro) conectado al generador de corriente alterna. Este arreglo se muestra en la figura 23 a continuación.

Figura 23.

Transmisión de movimiento.



Nota. El Kit de arrastre corresponde a una motocicleta de cilindraje 150. Tomado de (Hernández, Tovar Becerra, Moreno Vega, & Llorente Conde, 2017)

En cuanto a la unión entre la placa base que se encuentra con las aspas y la pieza que se encuentra con la catalina primaria se los sujetó con 4 pernos y tornillos entre las bases de los mismos, esto se muestra en los gráficos de la figura 24 mostrada a continuación.

Figura 24.

Sujeción de catalina primaria con placa base de aspas.



Nota. La composición de esta pieza de motocicleta es ideal para resistir al ambiente, puesto que la finalidad de su construcción cumple con este parámetro.

En cuanto al acople del piñón pequeño o secundario este fue necesario realizarlo mediante soldadura, ya que para el giro adecuado del rotor en el alternador debe ser lo suficiente mente resistente a las velocidades de giro en función del viento al cual será sometido, dicho arreglo se muestra en la figura 25.

Figura 25.

Unión por soldadura de piñón pequeño al eje de alternador.

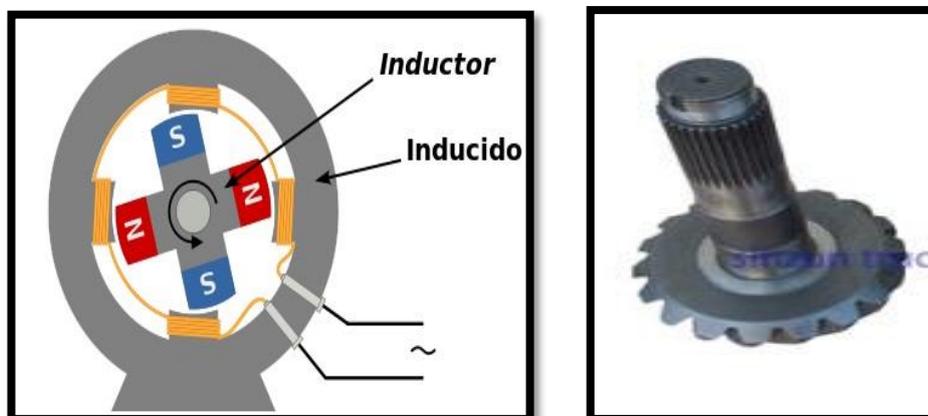


Nota. La figura muestra la unión por soldadura de la catalina secundaria, este deberá estar a una distancia acorde a la altura de la catalina primaria.

Conexión y configuración de componentes eléctricos. En cuanto a la modificación que se realizó al motor de lavadora para poder utilizarlo como alternador se lo incrusto con imanes de neodimio en su rotor (ver fotografía de la figura 26 parte “b”), cada uno de estos imanes fue dispuesto a una distancia de 90° entre sí, con su polaridad intercalada en (N, S, N, S), el cual se observa en el gráfico de la figura 26 en la parte (a).

Figura 26.

Unión por soldadura de piñón pequeño al eje de alternador.



Nota. La figura indica la unión con un eje tipo tuvo para el acople adecuado al orificio central. Tomado de (Kuznetsov, 2017).

Para la conexión de salida de corriente se debe conectar desde la bobina con mayores espiras o con más resistencia, que por lo general corresponde a la bobina de fuerza, ya que este tipo de motores cuenta con una bobina de ignición (menor resistencia) y una de fuerza. La resistencia de esta bobina varía en función de la potencia mecánica de trabajo, en este caso por ser una bobina de lavadora, contiene en su interior 2 bobinas independientes para el sentido de giro horario y anti horario, para el cual se recomienda realizar pruebas de estado de bobinas para utilizarlo como alternador, a continuación, la figura 27 muestra las lecturas realizadas para verificar su buen estado, seguidamente de los pasos a seguir para verificar el buen estado del mismo.

Figura 27.

Pruebas para comprobar estado de bobinado interno.



Nota. Para poder verificar si alguno de los bobinados se encuentra en corto es necesario medir con respecto al recubrimiento.

- **Paso 1.** Poner el multímetro en la escala de 200Ω que pertenece a la resistencia más baja.
- **Paso 2.** Identificar el común de las bobinas, esto se lo realiza conectando una de las puntas del multímetro en uno de los cables (por lo general es el de color azul) y medir con otro de los cables y verificar que cantidad muestra.
- **Paso 3.** Realizar el paso 2 y verificar que la cantidad que marca sea el mismo, de este modo se comprueba que las 2 bobinas están en buen estado.
- **Paso 4.** Tomar una de las puntas del multímetro y conectarlo a la coraza del motor, si mide algún tipo de resistencia, esto significa que el motor está en mal estado, de ser lo contrario, el motor está en excelente condición.

Finalmente, la figura 28 muestra la instalación de todos los componentes mencionados anteriormente de manera que se comprueba su movimiento, para constatar algún tipo de fallo o mal funcionamiento en cuanto a la transmisión de fuerza y unión de componentes, cabe mencionar que todos los elementos instalados se los realizó por medio de tornillos y arandelas de presión debido a que por ser componentes en constante movimiento es recomendable utilizar estas arandelas.

Figura 28.

Ensamblaje completo de elementos aerodinámicos, mecánicos.



Nota. La figura muestra el montaje de las aspas, previo a la realización de pruebas de funcionamiento.

Soporte o parante del aerogenerador. Este se lo instaló para cumplir con una altura de 12m desde el suelo hasta el centro de la hélice, mismo que se lo realizo con varillas de hierro 12mm de espesor y una altura de 160cm en un arreglo triangular de medidas por lado a 10 cm. El parante se lo sujeto mediante 6 tornillos de $\frac{1}{2}$ "por 2.5cm sobre una de las vigas, la figura 29 muestra la construcción e instalación en la parte del techo del galpón.

Figura 29.

Montaje de parante.



Nota. Para sujetar el parante se utilizó 6 tornillos con arandelas de presión para más estabilidad ante el movimiento.

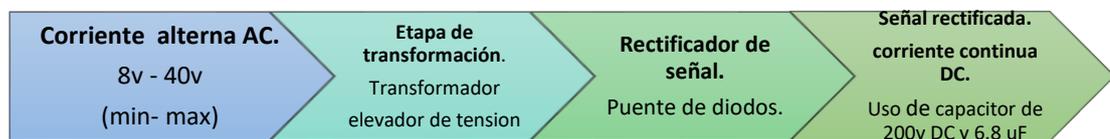
Tal y como muestra la figura 29 el aspecto del parante obedece a una estructura que se emplea para las antenas ya que al ser triangular y con uniones en Zic-Zac no opone resistencia al viento y de este modo evitar vibraciones, además de ello para mayor seguridad a un posible efecto de resonancia, se los sujetó con alambres en 4 puntos equidistantes.

3.2.2. Montaje eléctrico en tablero de control.

Se realizó el cableado para transportar la energía eléctrica generada hasta el interior del galpón, en donde se sitúa una caja que contiene los elementos eléctricos que se necesita para captar, almacenar y transformar la corriente generada. Se utilizó 20 m de cable flexible N°16 THHN AWG de 6 hilos, para después pasar por las etapas que se describen en la figura 30 a continuación.

Figura 30.

Etapas de almacenamiento y transformación de señal generada.



Nota. Las etapas comprenden hasta la fase para cargar el banco de baterías.

Tomado de (Boylestad, 2019).

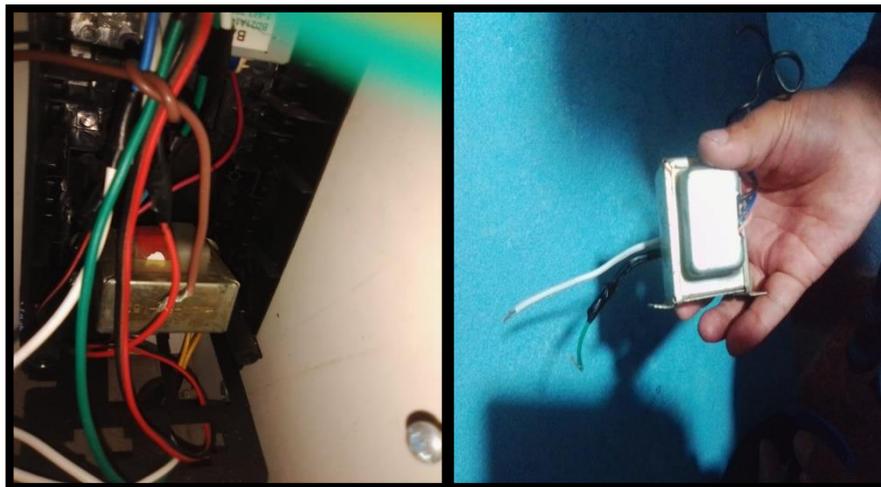
Para ilustrar esto, la figura 30 muestra las etapas que se implementó para que, la corriente en AC generada se pueda estabilizar, y de este modo se lo pueda convertir a una señal en corriente continua DC, para después pasar hacia el banco de baterías. Por lo tanto, se tiene lo siguiente;

- a) La corriente que proviene del generador eólico se conectó primero a un transformador que fue reciclado de una televisión antigua, la figura 31 muestra el transformador que se instaló. Este transformador estuvo conectado para reducir la tensión de la red de 120v AC a 16v AC, esto responde a la bobina del primario

como entrada y el secundario como salida, por lo que, para elevar el voltaje, lo que se realizó es conectarlo de forma inversa para que de este modo eleve la tensión, ya que de acuerdo con el número de espiras en el secundario establece el voltaje aumentado con respecto a la entrada, por lo tanto la relación $V_2/V_1 = n$, para ejemplificar este último V_2 es el voltaje de salida, mientras que V_1 es el voltaje de entrada, si reemplazamos con los valores 16v y 120v respectivamente obtenemos el resultado de $n = 7.5$, es decir que al voltaje de entrada recibido será elevado 7.5 veces más.

Figura 31.

Instalación de transformador.



Nota. El transformador se conectó de forma inversa para aumentar su tensión de entrada.

- b)** Al conectar el voltímetro en AC para verificar el voltaje elevado, se constató que el voltaje aumento hasta los 130V AC (en circuito abierto), lo que comprueba que, si funciona correctamente a las conexiones realizados de forma inversa, sin embargo, al momento de conectar una carga este disminuye en un 80% del total,

es decir que, si elevó la tensión a 130V con la reducción del porcentaje mencionado, el voltaje de salida real es 26V AC.

- c) En el orden de las ideas anteriores, aquí se instaló un circuito rectificador para poder tomar el voltaje entregado por el transformador, y posteriormente rectificarlo con un puente de diodos (reciclado de tarjeta electrónica), posterior a ello se estabiliza la señal con un capacitor electrolítico (de igual forma reciclado de una fuente de poder de PC). Este capacitor tiene características de capacitancia de 68 μ F a 400v DC, suficiente para estabilizar la señal entregada y almacenarlo en gran cantidad, esto en función a la capacidad de voltaje que presenta este capacitor. La figura 32 muestra el circuito rectificador que se implementó en el tablero de control.

Figura 32.

Puente rectificador.



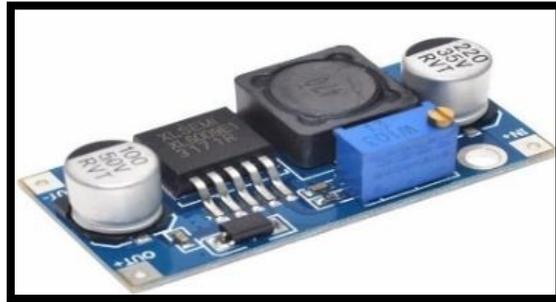
Nota. El puente rectificador está ubicado en la parte derecha, se lo puede identificar por el capacitor que está conectado a la salida hacia el inversor de la parte izquierda.

A los efectos de este último, la señal que entregó del puente rectificador asciende hasta 40v DC, sin embargo, la corriente es mínima (500 mili-amperios), por lo que es necesario elevar aún más el voltaje debido a las pérdidas que tiene el voltaje hasta la etapa que se encuentra actualmente. Entonces posteriormente se instaló un circuito convertidor de voltaje DC del tipo BOOST o elevador de tensión, la figura 33 muestra el aspecto físico de este componente electrónico. Su

funcionamiento consta de elevar el voltaje que recibe en su entrada y mantenerla estable en la salida mediante un potenciómetro lineal, mismo que regula a la salida en un rango de 12v hasta 50v en DC a 1 [A] de corriente máxima, mientras que a su entrada puede recibir un voltaje desde los 5v hasta los 40v en DC.

Figura 33.

Conversor DC-DC BOOST



Nota. El convertidor DC-DC del tipo BOOST corresponde a un elevador de tensión con una entrada con una corriente de 1.5A a la salida. Tomado de (Electronilab, 2021).

d) Para dar continuidad, el voltaje y corriente que suministró el convertidor DC-DC es de 12V DC y 1 [A], lo que son adecuados para cargar baterías. El banco de baterías se instaló en un gabinete de control, y estas se encuentran conectados en serie para mantener una corriente estable de carga, para luego pasar hacia el inversor. Las características de estas baterías son de 4Ah, es decir que entrega 4 amperios por cada hora transcurrida, a una tensión de 12 V DC, su composición interna es de plomo recargable lo cual es necesario para cumplir adecuadamente el funcionamiento del inversor, en cuanto a sus dimensiones estas son; 10.7cm de altura X 7cm de espesor y 9cm de ancho. En la figura 34 se muestra el aspecto físico y la instalación de estos en el tablero de control.

Figura 34.

Banco de baterías.



Nota. Cabe mencionar que una de las baterías se encuentra de forma interna en la UPS el cual fue modificado para realizar las conexiones en serie ya mencionados anteriormente.

3.2.3 Circuito de potencia.

- **Inversor (UPS).** El sistema de alimentación ininterrumpida o UPS es un dispositivo inversor automático, ya que su funcionamiento se basa en mantener energizado una carga de manera ininterrumpida, es decir que mantiene la corriente y el voltaje constantes durante un periodo de tiempo, esto en respuesta automática a fallos eléctricos o apagones en la red pública.

Se realizó la instalación de la UPS en el tablero de control, tras haber conseguido en la chatarrería una UPS de la marca POWEST de 500VA y 300W la figura 35 (a) muestra el estado físico. Las características en físicas son 2 salidas a 120V AC. Este dispositivo fue reparado después de realizar varias pruebas de funcionamiento para encontrar la causa del fallo (no enciende), encontrándose la falla en dos puntos;

- **Falla en el fusible del transformador.** En las pruebas realizadas se verificó esta falla en el transformador (ver figura 35 parte “b”), ya que son fallas

comunes, esto sucede al momento de someter estos dispositivos a cargas (potencias W) superiores a los de su capacidad.

- **Batería interna disfuncional.** Al momento de activarlo en modo de batería este se apagaba por completo, por lo que se instaló una batería nueva con las mismas características, y al ponerlo en marcha este respondió sin anomalías en modo de batería (Berbesi J. 2018).

Es recomendable realizar pruebas de funcionamiento para constatar el buen estado de los MOSFET (ver figura 35 “c”) que se encargan del funcionamiento del inversor, es esencial estos elementos semiconductores ya que son los encargados de convertir la señal de continua DC a alterna AC. Toda esto se lo realiza si presenta anomalías en su salida en AC.

Figura 35.

Instalación de UPS.



(a)

(b)

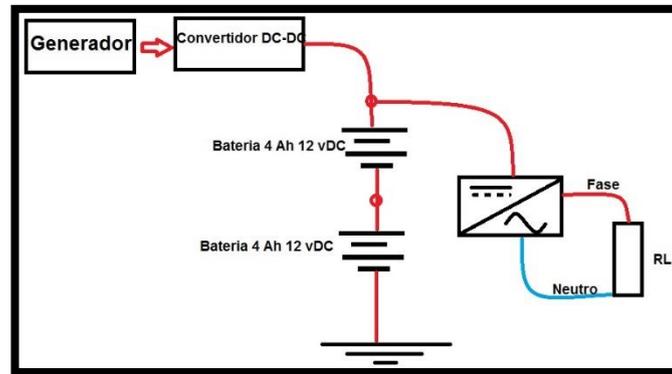
(c)

Nota. En la figura 35 (c) es necesario desmontar los MOSFET del circuito, puesto que, para realizar las pruebas, deben encontrarse desconectados totalmente.

Instalación de inversor en el tablero de control. Se realizó la instalación de la UPS en el tablero de control, realizando las siguientes modificaciones internas que corresponden al indicador de funcionamiento en modo de batería (led indicador instalado en la parte frontal del tablero), la conexión en serie al banco de baterías, de tal modo que se tiene lo siguiente diagrama en la figura 36.

Figura 36.

Conexión de inversor (UPS).



Nota. La figura 36 indica la conexión del generador hasta el banco de baterías conectado en serie para mantener la corriente estable (Electgpl, 2019).

Tal y como se observa en la figura 36, luego del conversor está dispuesto el banco de baterías conectado en serie para reducir el tiempo de carga, por consiguiente, el voltaje que almacena es direccionado a la UPS para posteriormente ser convertido a una señal de AC a 120v.

Entonces la figura 37 muestra la instalación de la UPS en el tablero de control.

Figura 37.

Instalación de UPS en tablero de control.



Nota. En la parte izquierda se instaló un ventilador reciclado de una fuente de PC, esto para refrigerar la UPS ya que se encuentra en funcionamiento constante.

Conexión de inversor (UPS) al circuito de Galpón. La instalación eléctrica del galpón cuenta con 9 puntos de iluminación y cada uno de estos está conectado una bobilla led de 9W, por otro lado, cuenta además con 2 tomacorrientes, y en cuanto al cableado está instalado con cable solido AWG N°12.

Se realizó la conexión de la salida del inversor (UPS) al circuito eléctrico del galpón, teniendo en cuenta la carga demandada y la instalada en todo la edificación que corresponde a un total de 81 W (puntos de iluminación), agregado a esto está, resistencia por metro de; cable solido AWG N°14 $R=0.00531$ /m, longitud de cableado total de galpón 80 m, potencia instalada $(0.00534*80=0.42)$, potencia total de galpón es de $81W + 0.42 W= 81.42W$, para este caso se considera el +40% de acuerdo con el factor de demanda, resulta entonces en 114.2 W (NEC, 2018).

A partir de esto se verifico que la potencia instalada y demandada no excederá la potencia del inversor (UPS) que es de 300W, por lo tanto, las conexiones se los realizó como muestra la figura 38.

Figura 38.

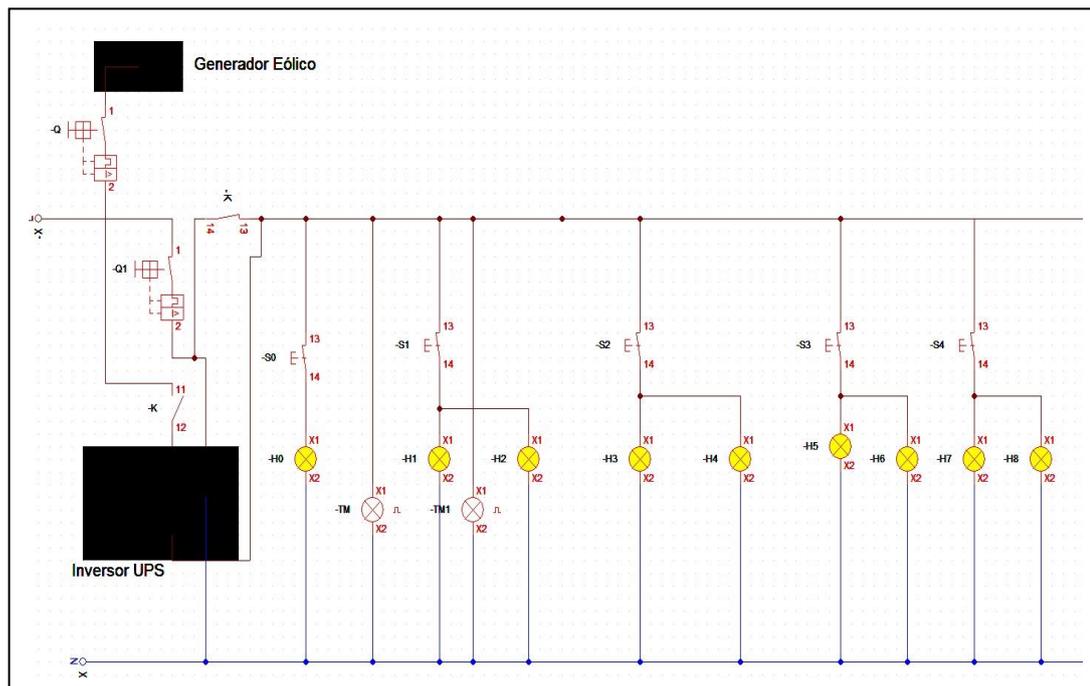
Conexión del inversor (UPS) al circuito eléctrico del Galpón.



Nota. La siguiente (ver figura 39) muestra el diagrama unifilar del sistema eléctrico del galpón, incluido la conexión del inversor (UPS), además del generador eólico.

Figura 39.

Diagrama unifilar del circuito eléctrico del galpón.



Nota. Para ejemplificar esto, la conexión que se realizó corresponde a la alimentación controlada hacia la carga, simulación CADESIMU.

Tal y como muestra la figura 39, en primera instancia se presenta el suministro de la red eléctrica, el cual tiene como elemento de control un disyuntor termomagnético (un solo polo “Q1”) de 16 [A] para toda la carga instalada y demandada del galpón. Esto además como protección y seccionamiento del circuito en esta área (NEC.2018).

Por su parte el inversor (UPS) se encuentra conectado a todo el circuito del galpón, pasando por un disyuntor de 16A unipolar desde su salida en AC 120V a 300W, esto para el control y división de la parte de abastecimiento eléctrico proveniente del inversor. En cuanto a la conexión que se dirige hacia la UPS desde el generador, de igual manera se instaló un interruptor ON/OFF de 5A, ya que la corriente máxima que circula a través del conductor es de 1.5 a 2A, además que

esta fuente eléctrica (aerogenerador) está conectado al banco de baterías pasando por los siguientes circuitos descritos anteriormente;

- Transformador elevador.
- Circuito rectificador (puente de diodos y capacitor de 400v a 68uF).
- Conversor DC-DC tipo BOOST (elevador de tensión).
- Banco de baterías de plomo 4Ah 12v DC y corriente de carga de 1.5 A en DC.

Finalmente se instaló un voltímetro en la parte exterior del tablero de control, esto como indicador de carga de baterías. Dicho arreglo se lo implemento con el objetivo de verificar el correcto funcionamiento del aerogenerador para cargar las baterías, el voltímetro utilizado se muestra en la figura 40

Figura 40.

Voltímetro electrónico.



Nota. La figura 40 muestra el voltímetro con sus respectivos cables, los cuales para dar lectura deben estar entrelazados en un común. Tomado de (Circuitarte.Com, 2022).

Para ilustrar esto, la conexión de este componente se lo realizó de la siguiente manera;

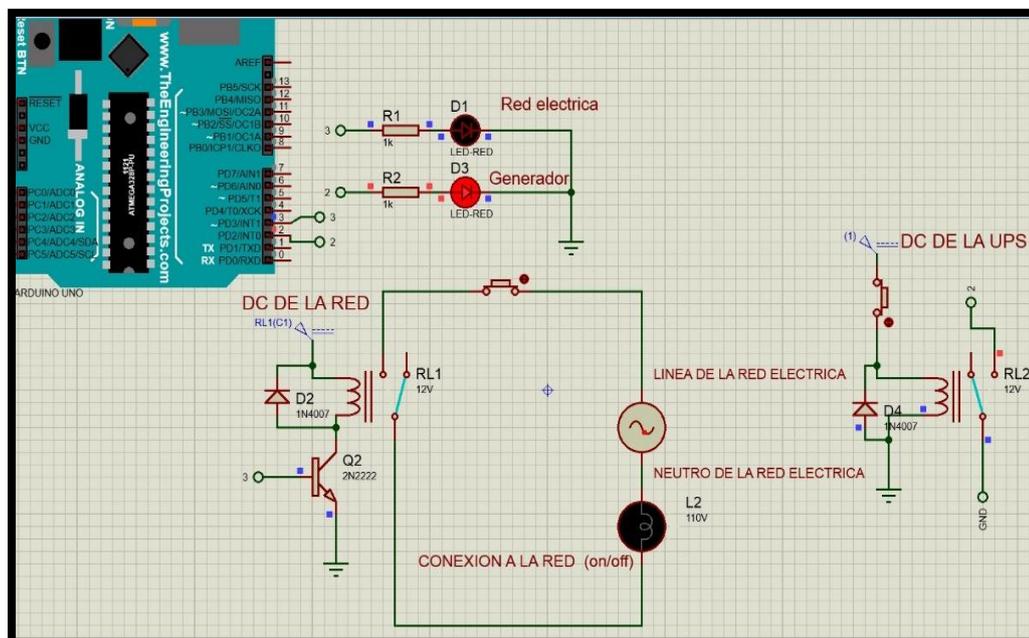
- El cable rojo pertenece a la alimentación positiva del elemento electrónico.
- El cable amarillo pertenece a la lectura de voltaje presentes en la batería que se va a medir.
- Y finalmente el cable negro pertenece a GND o tierra del voltímetro.

3.2.4 Instalación del circuito de control automático.

La instalación que se realizó para el control y la interacción entre las fuentes provenientes de la red eléctrica y el aerogenerador, consta de la detección de caída de voltaje en el banco de baterías, el diagrama de conexión que se implementó en el tablero de control se muestra en la figura 41.

Figura 41.

Diagrama de conexión de Arduino.



Nota. El diagrama mostrado en la figura 41 fue simulado en Proteus para constatar el correcto funcionamiento del programa y circuito implementado en el tablero de control, simulación en Proteus 2018.

Para ejemplificar el diagrama mostrado en la figura 41, corresponde en primer lugar, a la conexión de la fase proveniente de la red eléctrica, en función de la caída de voltaje que pueda presentar el banco de baterías en efecto a la baja cantidad de tensión y corriente generada, el cual proviene del aerogenerador.

El conectado de la fase de la red eléctrica, se lo realizó por medio del arreglo de relé de 5V DC y transistor 2N2222A (Bipolar tipo NPN) además de un arreglo con diodo 1N4007, para la parte de conexión y desconexión de la alimentación de la red eléctrica. Este arreglo electrónico se compone de un cargador de 5V DC conectado al suministro de la red de forma directa.

En cuanto al arreglo electrónico que se conecta desde el Arduino, también cuenta con un arreglo de relé de 5 VDC, y este se conectó en su pin normalmente cerrado (NC) la señal del Arduino del pin digital 2 y la conexión correspondiente a la salida de este, se conectó a GND (común) de Arduino. El funcionamiento costa en, que si la fuente que alimenta el relé (cargador conectado a la UPS) es interrumpida por caída de tensión, este permitirá el paso de la señal del pin 2 a GND, y posterior a ello envía la señal de este cambio de estado al pin 3, y activa la conexión a la red eléctrica, por un periodo de 3 horas hasta cumplir un tiempo de carga mínima hacia el banco de baterías, y de esta forma pasar nuevamente a la fuente de carga del aerogenerador. Cabe mencionar que este circuito tiene efecto, cuando el generador no esté produciendo la suficiente carga hacia el banco de baterías debido a poca afluencia de viento en periodos largos de tiempo.

3.2.5 Programación en Arduino.

El programa que se desarrolló corresponde a un control ON/OFF, por medio de cambio de estado en el pin digital 2 (INPUT), configurado como PULL UP interno de la tarjeta Arduino, con el propósito de evitar los ruidos en los pines a utilizar, y en efecto reducir posibles anomalías en el funcionamiento en cuanto a respuesta a dicho arreglo. Asimismo, a la contestación se estableció al pin digital 3 como salida de señal (OUT PUT) en réplica a este cambio, ya sea en alto o en bajo (activado, desactivado), esta señal es transmitida a la base del transistor 2N2222A para posteriormente permitir el flujo de corriente, y de este modo activar la bobina del relé conectado a la línea de alimentación de la red eléctrica y realizar el control de alimentación entre generador y suministro de la red cuando sea necesario. La figura 42 muestra el programa cargado en la tarjeta Arduino.

Figura 42.

Programación en Arduino.

```

1 int redN=3;
2 int Generadr=2;
3 int estado=0;
4 void setup ()
5 {
6   pinMode (redN, OUTPUT);
7   pinMode (Generadr, INPUT);
8   digitalWrite (Generadr, HIGH);
9   digitalWrite (redN, LOW);
10 }
11
12 void loop ()
13 {
14   estado=digitalRead(Generadr);
15   delay (50);
16   if (estado==HIGH)
17   {
18     digitalWrite (redN, LOW);
19   }
20   else
21   {
22     digitalWrite (redN, HIGH);
23     delay (pow (108, 5));
24   }
25 }
26 }

```

Nota: En las líneas 8 y 9 se configura tal forma como muestra la figura 42, esto para activar la resistencia PULL UP interno en la tarjeta Arduino.

Como se puede ver la figura 42 indica las líneas de código que, en primer lugar, se establece las variables que son “redN” como salida que está relacionado al circuito conectado a la línea de la red eléctrica, este activará o desactivará el relé, y de este modo cumplir con la desconexión y viceversa del control de fase.

Adicionalmente la variable asignada como “Generadr”, está configurado en modo PULLUP interno como entrada, en el momento de detectar el cambio de estado (corte de alimentación constante) de la fuente conectada al relé de dicho arreglo, enviará la señal de activación hacia la salida “redN”.

Dentro del “void loop” se inicia con la lectura del estado en la entrada, seguidamente en la línea 15 se establece un retarde de 50ms para evitar un rebote. Después se inicia con un “if” en la línea 16 para dar la función de estado apagado o encendido de acuerdo al estado inicial de “Generadr”.

Finalmente, en la línea 22, al cumplirse el estado alto se establece en la línea 23 el retardo de $108^5 ms$ que, mediante el cálculo, es aproximadamente a 3h, necesarios para mantener la carga mínima del banco de baterías, nótese que aquí se establece la función “power” en donde se escribe el valor de 108 con exponente 5, y de esta forma simplificar la cantidad de cifras en milisegundos, al tiempo necesario de retardo en horas. Una vez cumplido esta condición de tiempo, regresará al estado de alimentación de generador.

3.3 Listado de materiales utilizados.

El proyecto realizado se implementó con materiales reciclados en su gran mayoría con el propósito de hacerlo lo mejor viable en cuestión económica, y además de cumplir con la finalidad de ser una energía renovable, amigable con el ambiente, estos se los pudo conseguir en las chatarreras de la localidad específicamente en la parte de chatarra electrónica.

Para hacer una comparación de costos entre el uso de materiales reciclados y materiales prefabricados, estará enfocado en los elementos presentes en el listado de la tabla 6.

Tabla 6.

Listado de materiales prefabricados y costos.

Descripción de Elemento.	Aspecto físico.	Costo por Unid.
Aerogenerador. 100-850W y 24V DC Aspas de fibra de vidrio. Generador síncrono de Imanes permanentes.		\$599
Soporte para aerogenerador.		\$20
Gabinete eléctrico. 60X40X20 de doble fondo		\$37
Inversor DC/AC. De 600W /in de 12v -24v DC / out 110v AC		\$55
Banco de baterías. De plomo recargable de 4Ah 12v DC		\$13 X (2) \$26 total
Controlador de carga. 12v / 24v DC y 1A		\$18
Transformador. Normal para equipos electrónicos.		\$6
Valor total para implementación.		\$761

Nota. La tabla muestra los precios encontrados en Mercado Libre. Com, los cuales pueden diferir según el proveedor.

Tal y como se observa en la tabla 6 los costos de estos elementos ya fabricados hacen a un total de \$763, a esto se suma varios costos como cableado, tornillos, borneras e interruptores, cinta aislante y varios elementos de herramienta como brocas y discos de corte, esto supone un aumento de \$31 aproximadamente, esto dará como resultado un total de \$792.

En cuanto al costo por realización mediante materiales reciclados se hace énfasis en los materiales mostrados en las siguientes tablas, y por tanto se tiene los siguientes;

Tabla 7.

Listado de partes reciclados de aerogenerador.

Componentes de construcción.	Costo por Unid.	Aspecto físico.	
Aerogenerador.			
a) Motor de lavadora.	a) \$4.		
b) Imanes de neodimio.	b) \$1 (X4) =\$4.		
c) Tuvo PVC plástico de 10.2CM	c) \$0		
d) Chumaceras de 1.9cm	d) \$6(X2) =\$12.		
e) Perno de 1/2" con tuerca.	e) \$4.50		
f) Placa de acero de 30cm ² y 1cm espesor.	f) \$1		
g) Plástico hueco para tejado.	g) \$0		
h) Base de silla de oficina.	h) \$2		
i) Abrazaderas para tubería 2".	i) \$0.50(X3) =\$1.50		
j) Kit de arrastre de moto usado.	j) \$3		
k) Tornillos y arandelas.	k) \$3		
Total, de costo de aerogenerador.			\$35

Nota. Los costos pueden diferir conforme a la disponibilidad de los elementos mostrados en la tabla, además de los precios por proveedor.

Tabla 8.

Listado de partes reciclados de soporte.

Soporte para aerogenerador.	
a) Barrilla de hierro de 12MMX160cm.	a) \$40
b) Electrodo para suelda 12Und	b) \$1.50
c) Disco de corte.	c) \$1.75
d) ¼ de pintura esmalte blanco.	d) \$3.50
e) Tornillos de ½" X 5cm con tuerca y arandelas de presión.	e) \$2.50
Total, de costo de Soporte de aerogenerador.	
\$9.25	



Nota. Los costos pueden diferir conforme a la disponibilidad de los elementos

mostrados en la tabla, además de los precios por proveedor.

Tabla 9.

Listado de partes reciclados de gabinete.

Gabinete eléctrico.	
a) Caja 60X43X33cm.	a) \$0.
b) Tornillos para madera.	b) 50 unid=\$1.
Total, de gabinete eléctrico	
\$1	



Nota. Los costos pueden diferir conforme a la disponibilidad de los elementos

mostrados en la tabla, además de los precios por proveedor.

Tabla 10.

Banco de baterías.

Banco de baterías.	
• De plomo recargable de 4Ah 12v DC	• \$14 X (2) \$28 total
Total, de banco de baterías.	
\$28	



Nota. La batería debe ser nueva para asegurar el funcionamiento del inversor.

Tabla 11.*Inversor (UPS).***Inversor DC/AC de 300W.**

- a) Inversor reciclado.
- b) Ventilador de PC.

- a) \$3.50
- b) \$0



 Total, de inversor reciclado.

\$3.50

 Nota. Los costos pueden diferir conforme a la disponibilidad de los elementos

mostrados en la tabla, además de los precios por proveedor.

Tabla 12.*Listado de partes para controlador carga.***Controlador de carga.**

- a) Arduino NANO.
- b) Puente rectificador.
- c) Conversor DC-DC BOOST.
- d) Voltímetro electrónico.
- e) Relé de 5V DC.
- f) Cargador de 5V.

- a) \$6.
- b) \$0.
- c) \$3.50.
- d) \$3.
- e) $0.80(X2) = \$1.6$
- f) \$0



 Total, de controlador de carga.

\$14.10

Transformador.

- a) Transformador para equipos electrónicos.
- b) Cable flexible AWG N°16 a 600V.

- a) \$0
- b) 20 m = \$6.50



 Total, de transformador.

\$6.50

 Nota. Los costos pueden diferir conforme a la disponibilidad de los elementos

mostrados en la tabla, además de los precios por proveedor.

Con relación a los valores que señalan las tablas mostradas anteriormente, los precios que señalan con \$0 corresponden a materiales que se disponía en el establecimiento, esto incluye tornillos y arandelas planas, entre otros.

Entonces los materiales utilizados para la construcción del aerogenerador, el tablero de control con sus respectivos componentes (convertor DC-DC, puente rectificador, transformador, inversor, banco de baterías), y demás elementos, resulta oportuno destacar los valores de \$0 (dólares), puesto que algunos de estos pertenecen a los materiales encontrados en botaderos de las construcciones, mismo que no tienen valor, en cuanto a los componentes eléctricos y electrónicos tienen valor en las chatarra, debido al contenido de cobre que tienen internamente, y otros elementos de metal que no exceden los \$3 por pieza.

El valor total de la construcción del aerogenerador ronda el costo \$97.35 los cuales pueden aumentar debido a otros materiales como cinta aislante, borneras, abrazaderas, pinturas (roja y blanca), tacos Fisher, entre otros donde su aumento puede variar conforme se desarrolla la instalación, sin mencionar, también la disponibilidad de algunos de estos materiales en casa.

En cuanto a las conexiones cabe mencionar que se adquirió disyuntores termomagnéticos de 16A para el seccionamiento entre generador y fuente de la red eléctrica, que tiene valor de \$6.50 lo que representa a un aumento de \$13 en total. Resulta entonces un monto de aumento por “varios” en los \$25, lo que resulta en un total de \$122.35 aproximados, y una vez más puede variar conforme a la facilidad, disponibilidad y diseño, de los elementos mencionados.

Finalmente, si se establece la comparación de precios, es notorio la disminución de utilizar materias reciclados ante, adquirir los elementos de forma

prefabricada, solo para el montaje, para ello la figura 43 muestra la diferencia de costos entre los mencionados.

Figura 43.

Comparación de costos.



Nota. La figura 42 indica la diferencia entre el total de costos en dólares por material prefabricado ante el uso de materia reciclada.

En conclusión, como se puede observar en la gráfica la diferencia es muy elevada, lo que representa en más viabilidad de implementación de proyecto con elementos reciclados, ya que el uso de estos representa tan solo el 15.44% del total, ante lo que se gastaría por comprar las partes a proveedores.

Capítulo IV

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Como resultado de la investigación se determinó que los elementos que deben componer un sistema de iluminación emergente, deben estar sujetos a fuentes de energía eléctrica independientes de la red pública, esto de forma ininterrumpida y automática, lo que implica como propuesta el uso de fuentes renovables para suplir este tipo de inconvenientes cuando se presente un fallo en dicho circuito, la respuesta debe ser inmediata ante este cambio repentino. Por todo esto la instalación de un inversor del tipo UPS es lo más ideal para conectar el circuito propuesto en este trabajo, siempre y cuando no se supere la potencia nominal, el cual se puede calcular a través de la cantidad en metros del conductor (carga instalada), puntos de iluminación (carga demanda), que en este caso no debe exceder a los 300W (potencia nominal).
- Atendiendo a la instalación del sistema eólico se constató que los materiales reciclados responden de manera adecuada, de tal forma como lo haría un elemento prefabricado nuevo, esto en el caso del sistema mecánico del aerogenerador que se instaló, de tal modo que se compone de transmisión por cadena para aumentar su eficiencia mediante la relación de aumento de vueltas de un engranaje grande como primario (captación de aire), hacia un secundario (enlazado al eje del generador) con el propósito de generar electricidad con poca afluencia de viento.
- El uso del inversor UPS reciclado funciona mejor que un inversor convencional, debido a que la UPS funciona de manera automática y su composición interna ya cuenta con elementos como reguladores de voltaje y fusibles protectores en caso de sobrecarga, además de una batería para su funcionamiento en caso de

apagones, por otro lado para aumentar el tiempo de funcionamiento a esta batería se lo conectó a una segunda batería (en serie) con las mismas características para aumentar el tiempo de funcionamiento del inversor. Estos dispositivos electrónicos son desechados por fallos relativamente fáciles de detectar, un ejemplo de ello es que al fundirse el fusible del transformador no permite el funcionamiento en su totalidad, además que no son muy costosos en comparación a un inversor convencional.

- De acuerdo con el funcionamiento del sistema se comprobó que este puede suplir una alimentación de 9 puntos de iluminación por un periodo de tiempo de 3.77 horas, esto a través del consumo por bombilla led que es de 9 W cada uno, además de las caídas de tensión por cableado que puede ascender hasta un 114.2W de potencia aproximadamente, lo que implica el consumo de energía eléctrica de 1A, y calculando en tiempo de funcionamiento con las baterías de 4Ah, da como resultado un total de 3.77 horas de iluminación a carga plena, es decir de todas las bombillas led encendidas. Por su parte el tiempo de funcionamiento puede ascender conforme se reduce la carga, o disminuir el tiempo este al aumentar la carga un ejemplo está en conectar un cargador de laptop de 65W a 19V DC que consume 3.42A DC lo que resulta a un funcionamiento del mismo, en un periodo de 1.16 horas.
- Como consecuencia de la instalación del generador eólico se demostró que, mediante los materiales reciclados utilizados, el costo total que comprende este arreglo es muy reducido en comparación con el costo de materiales prefabricados, de acuerdo con los valores que se determinó, que estos fueron de \$122.35 ante una suma total de \$792 respectivamente. Lo que demuestra que solo el 15.44% costaría con partes recicladas V.S. \$792 lo que cuesta implementar este proyecto con partes compradas.

4.1.2 Recomendaciones

- Es conveniente resaltar la importancia del uso de elementos de seguridad EPP (Equipo de protección personal), ya que esto previene posibles accidentes con las herramientas que se utiliza en las diferentes instalaciones realizadas.
- En adelante se recomienda tomar mucha precaución al momento de desmontar en partes un motor eléctrico, ya que el bobinado al sufrir un golpe puede perder su aislamiento y por consiguiente quedar en cortocircuito y disfuncional.
- Además, se recomienda aislar cualquier cable energizado o sin energizar, ya que al encontrarse a la intemperie puede producir cortocircuito o causar un accidente por contacto hacia alguna parte del cuerpo.
- Así mismo se recomienda utilizar un tensor de cadena para la transmisión mecánica, debido a que la cadena debe estar tensada constantemente para evitar posibles fallos ante fuerte vientos.
- Sobre la base del aislamiento correcto de los conductores de corriente alterna, entre la fase y el neutro se recomienda que ambos deben estar separados por una distancia entre si al momento de empatarlos con algún otro cable para evitar que a futuro tenga algún tipo de rozamiento y cortocircuito por desgaste.
- Cabe mencionar que si se pretende hacer un acople con una UPS de más potencia (W) a un circuito con diferentes cargas (ya no solo iluminación), se debe tomar muy en cuenta la potencia total global (carga instalada + carga demandada) del circuito en la cual va a ser instalado, además del factor de incidencia de los dispositivos eléctricos, ya que dependiendo de la capacidad, de las baterías, potencia entregada por el generador y potencia de trabajo de los dispositivos controladores es necesario una readecuación para mayor demanda

Glosario

- **EPP:** Equipo de protección personal (Guantes, ropa de protección. Gafas, zapatos, casco, mascarilla y protección auditiva).
- **AC:** Corriente alterna.
- **DC:** Corriente continua.
- **Convertidor BOOST:** Convertidor de potencia tipo elevador de tensión.
- **Inversor:** La función de esta es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje de corriente alterna, generalmente a 50Hz o 60Hz a 110-120V
- **Aspa:** Plancha que gira alrededor de un eje.
- **Chumacera:** Es un rodamiento montado que se utiliza para dar apoyo a un eje de rotación
- **Rodamiento:** Consta de dos cilindros concéntricos entre los que va colocado un juego de rodillos o bolas que pueden girar libremente
- **Alerón:** (para dirección del viento): Pieza saliente de la chapa de ciertos automóviles, sirve para realizar diferentes maniobras.
- **Eslabón:** Pieza con forma de anillo que está enlazada con otras formando una cadena
- **Puente rectificador:** Es un circuito que se usa cuando se necesita convertir la corriente alterna (CA) en corriente continua (DC) (Boylestad, 2019).
- **Potencia real:** Es la energía realmente usada por una carga, la cual se mide en watts.
- **Potencia aparente:** Es la suma de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes (Hart, 2017).
- **Potencia eléctrica:** Es la proporción de corriente eléctrica que se transfiere en un circuito eléctrico por unidad de tiempo.

- **Bornera:** Se utiliza para derivar la energía producida por una pila hacia dispositivos como baterías, motores o u otros aparatos eléctricos.
- **Transformador:** Es una máquina estática de corriente alterna que permite variar alguna función de la corriente como el voltaje o la intensidad, manteniendo la frecuencia y la potencia, en el caso de un transformador ideal (Floyd, 2017).
- **Disyuntor:** Es un elemento que interrumpe de manera automática la corriente eléctrica cuando supera una cierta intensidad (NEC, 2018).

Bibliografía

- Aguilar, J. G. (2017). Acondicionamiento de un inversor, mediante una propuesta de sistema audiovisual auxiliar para comunidades indígenas. México: Tesis.
- Barbesi, J. (3 de enero de 2018). Reparación de UPS o fuentes de alimentación ininterrumpida [Video] You Tube. *Jhonatan Barbesi*. Obtenido de https://youtu.be/k_W41i3cP_I
- Boylestad, R. L. (2019). *Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos*. México: PEARSON.
- Bravo, M. (2019). Estudio y diseño de un inversor para cocinas de inducción utilizando un solo interruptor GaN. Obtenido de https://upcommons.ups.edu/bitstream/handle/2117/173599/TFM_MARCO_BRAVO.pdf
- Carta, J. A., Calero Pérez, R., & Colmenar Santo, A. (2018). *Centrales de energías renovables Generación eléctrica con energías renovables*. MADRID: PEARSON, UNED.
- Chapman, S. J. (2017). *MÁQUINAS ELÉCTRICAS*. México: McGrawHill.
- Cuartielles, D. (noviembre de 2021). *CC.ARDUINO*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/about>
- Del angel Hernández, a., & Angel Hernández , A. (2020). Concideraciones sobre instalaciones eólicas. 4, 5.
- Española, R. A. (2021). *Real Academia Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/automatizaci%C3%B3n>
- Floyd, T. L. (2017). *PRINCIPIOS DE CIRCUITOS ELÉCTRICO*. México: PEARSON.
- Gonzalez Baldera, Y., Rico Arrellano, G., & Tapia Olvera, R. (2019). Integración de Sistemas eólicos en Redes Eléctricas de Distribución. 30, 20.
- Hart, D. W. (2017). *ELECTRÓNICA DE POTENCIA*. ESPAÑA: PEARSON EDUCACIÓN, S. A.
- Hernández, D., Tovar Becerra, G. A., Moreno Vega, M., & Llorente Conde, M. H. (2017). Construcción de un Generador Eólico con material Reciclable para la generacioón de energia el+étrica a escala local. 10.
- Jorge R. Osio, W. J. (2020). *Sistemas digitales basados en microcontroladores*. La Plata: UNLP.
- José Antonio Carta González, R. C.-A. (2019). Centrales de energías renovables. En R. C.-A. José A. C. González, *Generación eléctrica con energías renovable* (págs. 334-340). Madrid España: PEARSON EDUCACIÓN S.A.
- Manrique Latorre, F. E., & Sosa Mora, D. E. (2018). Análisis y diseño de los Coinvertidores DC/DC básicos: el reductor, el elevador y el reductor-elevador. *Concideraciones de Tension, Corriente y potencia de cada elemento que componen Los Conversores*.

- Mentalidad de Ingeniería. (12 de 11 de 2020). Inversor de Corriente Explicado, Video. España. Obtenido de <https://youtu.be/BFdPmdNgJm4>
- OMRON ELECTRONICS LLC. (2007). *Botones de Presión, Interruptores de Selección y Luces Piloto*. Obtenido de OMRON : webddigital.com/fabricantes/omron/pdf/pulsadores/A16_Brochure_Esp.pdf
- Pastor , j., & Revenga, P. (Octubre de 2013). *Introducción al protocolo I2C*. Obtenido de Curso de sensores en plataforma Arduino: http://asimov.depeca.uah.es/robotica/file.php/66/Curso/Transparencias/ITA2013_4.2_BusI2C_V2.pdf
- Quintana, J. E., J., Céspedes , J. E., & Torres, A. P. (2020). Caracterización de generador de Inducción para un generador eólico de media y baja potencia. *Facultad de Ingeniería*, 29. 54, 2.
- Ramírez, D. (2011). *Electrocomponentes SA*. Obtenido de Fuentes de alimentación : http://www.sase.com.ar/2011/files/2010/11/SASE2011-Fuentes_de_alimentacion.pdf
- Rapallini, J. M. (2018). ENERGIA EOLICA. *INSTITUTO ARGENTINO DE LA ENERGIA "GENERAL MOSCONI"*, 4, 5, 18.
- Rivera, J. M., & Pozos, C. A. (2017). DISEÑO DE UN RECTIFICADOR TRIFÁSICO CON CONVERTIDOR REDUCTOR.
- Rodríguez, D. N., León, F. A., Gil, F. A., Alvarez, j. E., & Borja, D. E. (2019). PLANTAS FOTOVOLTAICAS DIDÁCTICAS, PROCESOS DE APRENDIZAJE EN UN PANORAMA EMERGENTE DE ENERGÍAS RENOVABLES. *Encuentro Internacional de de educación en Ingeniería*.

ANEXOS