



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MINI SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A
TRAVÉS DE ENERGÍA EÓLICA COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del título de Ingenieros
Electromecánicos

AUTORES:

Chicaiza Flores Jairo Javier

Valenzuela Pallasco María Belén

TUTOR:

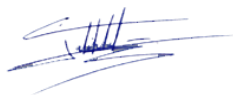
Ing. Paredes Anchatipán Alex Darwin

LA MANÁ-ECUADOR
MARZO-2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

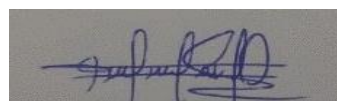
Yo: Chicaiza Flores Jairo Javier, Valenzuela Pallasco María Belén, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MINI SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A TRAVÉS DE ENERGÍA EÓLICA COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE”. Siendo el M.Sc. Paredes Anchatipán Alex Darwin, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Chicaiza Flores Jairo Javier

C.I:1727494229



Valenzuela Pallasco María Belén

C.I: 050423909-6

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el título: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MINI SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A TRAVÉS DE ENERGÍA EÓLICA COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE” de Chicaiza Flores Jairo Javier, Valenzuela Pallasco María Belén, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aporte científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal de validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, marzo del 2022



Firmado electrónicamente por:
**ALEX DARWIN
PAREDES
ANCHATIPAN**

Paredes Anchatipán Alex Darwin

C.I: 0503614935

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA por cuanto el postulante Chicaiza Flores Jairo Javier, Valenzuela Pallasco María Belén con el título de proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MINI SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A TRAVÉS DE ENERGÍA EÓLICA COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

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

La Maná, marzo del 2022

Para constancia firman:



Firmado electrónicamente por:
**PACO JOVANNI
VASQUEZ
CARRERA**

MSc Paco Jovanni Vásquez Carrera
C.I 0501758767
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

MSc. William Armando Hidalgo Osorio
C.I: 0502657885
LECTOR 2 (MIEMBRO)

MSc. Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo
C.I: 1803547320
LECTOR 3 (SECRETARIO)

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios todo poderoso por darme las fuerzas necesarias en los momentos que más lo necesite y permitirme estar siempre a su lado toda mi vida bendiciéndome cada logro

Doy gracias a mi madre por darme la vida, por ser una gran mujer que estuvo siempre conmigo apoyándome en mis mestas y a mi padre por sus buenos consejos que me han servido para ser una gran persona con ética y moral

También agradezco a la universidad técnica de Cotopaxi extensión la maná por brindarme su acogida en la cual pude fortalecer mis conocimientos

Jairo

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme la vida, para poder culminar esta etapa de mi vida estudiantil, a mis padres José Alejandro y Aidé Teresa por forjarme con principios y valores y formarme como una mujer de bien.

A mi hermano José Enrique por estar apoyándome en todo momento incondicionalmente.

A mi hijo Alejandro por ser el motor que me impulsa a seguir adelante y ser mejor persona en el ámbito profesional como personal.

A mi familia en general por el apoyo constante y por creer en mí para culminar esta etapa de mi vida

Belén

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mi Dios por acompañarme a cada lugar que voy cuidándome y dándome fuerza para seguir en adelante

A mis padres Juan Chicaiza y Mary Flores quienes a lo largo de la trayectoria han velado por mi bienestar y educación siendo el pilar en todo momento, gracias a su esfuerzo me dieron una oportunidad para tener una carrera profesional de superación, brindándome toda la paciencia y amor que un hijo puede desear, gracias por ser el motor de mi vida, por creer en mi

Jairo

DEDICATORIA

Le quiero dedicar esta tesis a DIOS a mi ángel del cielo que siempre está en mi corazón y vivirá en el siempre mi papá José Alejandro.

A mi madre Aidé Teresa por ser padre y madre en este año y a pesar de todo nunca dejarnos solos con su apoyo incondicional.

A mi hijo Alejandro por ser la motivación de mi día a día para poder ser la mejor madre y persona sobre todo su ejemplo a seguir

Belén

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS – CIYA

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MINI SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A TRAVÉS DE ENERGÍA EÓLICA COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE”.

Autoras:

Chicaiza Flores Jairo Javier

Valenzuela Pallasco María Belén

RESUMEN

Ecuador es un país que cuenta con varias energías limpias como: la hidráulica, fotovoltaica, eólica y biomasa para la producción de electricidad, pero en la actualidad el que lidera es la hidroeléctrica para la provisión a nivel nacional, este método de producir electricidad es el más común y mayormente utilizado en todo el territorio ecuatoriano. Al poder realizar un análisis del crecimiento de la población y el asentamiento de extranjeros en las zonas rurales lo cual están alejadas del Sistema Nacional Interconectado (SNI) es el encargado de distribuir y comercializar la energía eléctrica a todo el país, se puede decir que este servicio no suele llegar a cubrir todos estos sectores. Esto nos lleva a investigar y diseñar nuevas alternativas para la generación de electricidad, promoviendo de esta manera la mejora de las energías renovables o energías limpias para la producción de electricidad, un claro ejemplo de los recursos naturales que posee el Ecuador para la generación eléctrica es la energía eólica que podemos observar en el parque eólico Villonaco. Esta iniciativa no ha sido investigada ni estudiada en su totalidad debido al factor económico que obstaculizan la implantación de estos sistemas. En el presente proyecto de investigación se propone el uso de esta energía renovable o energía limpia para el uso de un banco de pruebas que será de ayuda para el aprendizaje en esta área, para la elaboración de un alcance demostrativo del proyecto previamente se realizó estudios e investigaciones de campo acerca de la conducta del viento y los materiales a utilizar en el lugar a implementar del mini sistema dando como resultado el correcto dimensionamiento de los componentes que forman el mini aerogenerador, su rendimiento así como también el módulo de pruebas para del mini sistema.

Palabras clave: energías limpias, mini aerogenerador, eólico, energías renovables.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

LA MANÁ EXTENSION

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES - CIYA

TITLE: “IMPLEMENTATION OF A MINI POWER GENERATION SYSTEM USING WIND ENERGY AS A RENEWABLE ENERGY SOURCE.”

Author:

Chicaiza Flores Jairo Javier

Valenzuela Pallasco María Belén

ABSTRACT

Ecuador is a country that has several clean energies such as hydro, photovoltaic, wind, and biomass for the production of electricity. Currently, the hydroelectric heads for the provision at a national level, this method of producing electricity is the most common and used throughout the Ecuadorian territory. An analysis of population growth and the settlement of foreigners in rural areas are far from the National Interconnected System (SNI) is responsible for distributing and marketing electricity to the whole country. It can indicate that this service does not usually reach to cover all these sectors. It helps us to investigate and design new alternatives for the generation of electricity, thus promoting the improvement of renewable energies or clean energies for the production of electricity, a clear example of the natural resources that Ecuador has for electricity generation is the wind energy that we can observe in the Villonaco wind farm. This initiative could not be investigated or studied due to the economic factor that obstructs the implementation of these systems in this research, we propose the use of this renewable energy or clean energy for the use of a test bench that will help learners in this area, for the development of a demonstrative scope of the project we previously conducted studies and field research on the wind behavior and materials to be used in the place to implement the mini system resulting in the correct sizing of the components that make up the mini wind turbine, its performance as well as the test module for the mini system.

Keywords: clean energies, mini wind turbine, wind power, renewable energies.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MINI SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A TRAVÉS DE ENERGÍA EÓLICA COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE”**

presentado por: **Chicaiza Flores Jairo Javier y Valenzuela Pallasco María Belén**, egresado de la Carrera de: **Ingeniería en electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la ingeniería y aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

La Maná, abril del 2022

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**WENDY ELIZABETH
NUÑEZ MOREIRA**

MG. Wendy Núñez Moreira

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0925025041**

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AGRADECIMIENTO.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xi
Mg. Wendy Núñez Moreira.....	xi
ÍNDICE GENERAL	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. RESUMEN DEL PROYECTO	2
4. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
Justificación del Proyecto.....	3
5. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
Beneficiarios Directos	3
Beneficiarios Indirectos.....	3
6. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
Planteamiento del problema	4
Delimitación del problema	4
7. OBJETIVOS.....	5
Objetivo General.....	5

Objetivos específicos	5
8. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS.....	5
9. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
9.1. ENERGÍAS RENOVABLES	6
9.1.1. Energía Solar	7
9.1.2. Energía Hidráulica.....	7
9.1.3. Energía Eólica.....	7
9.1.4. Ventajas Energía Eólica.....	10
9.1.5. Desventajas Energía Eólica	10
9.2. PRINCIPIO DEL VIENTO	10
9.2.1. Características del Viento.....	11
9.2.2. Fuerza del viento	11
9.2.3. Tipos de vientos.....	12
9.2.4. Tipos de Vientos en las Regiones del Ecuador.	13
9.2.4.1. Relación Potencia Mecánica - Velocidad del Viento	14
9.2.5. Propiedades del viento.....	15
9.2.6. Densidad del aire, Presión y Temperatura.....	15
9.2.7. Turbinas eólicas	17
9.3. SENSORES PARA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DEL VIENTO	18
9.3.1. Anemómetro	18
9.4. AEROGENERADOR.....	19
9.4.1. Rendimiento de un aerogenerador.....	20
9.4.2. Tipos de aerogeneradores	20
9.4.3. Clasificación de las instalaciones eléctricas eólicas	21
9.5. COMPONENTES DE UN AEROGENERADOR	22
9.5.1. Sistema de captación	22

9.5.2.	Sistemas de generación eléctrica	25
9.5.3.	Banco de baterías.....	26
9.5.4.	Regulador de Carga	28
9.5.5.	Inversor.....	28
9.5.6.	Dimensionamiento de los conductores	28
9.5.7.	Sistema de orientación y control de frenado	30
9.5.8.	Sistema de regulación y control.....	30
9.5.9.	Sistema de soporte	31
9.5.10.	Cimentación	35
9.6.	FUERZAS SOBRE LAS PALAS.....	35
9.6.1.	Potencia del aerogenerador.....	36
9.6.2.	Sistema eólico residencial con carga de baterías.....	36
9.7.	BANCOS DE PRUEBAS DE AEROGENERADORES	37
9.7.1.	Banco de pruebas a grandes escalas	37
9.7.2.	Banco de pruebas a bajas escalas	37
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	38
10.1.	TIPOS DE INVESTIGACIÓN	38
10.1.1.	Investigación.....	39
10.1.2.	PREGUNTA CIENTÍFICA.....	39
11.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	39
11.1.	Determinación de los recursos eólicos locales	40
11.1.1.	Medición de la velocidad del viento	41
11.2.	DISEÑO DEL MINI AEROGENERADOR.....	41
11.3.	DIMENSIONAMIENTO DEL MINI AEROGENERADOR.....	41
11.4.	SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MINI AEROGENERADOR	42
11.4.1.	Hélices	42

11.5.	ENSAMBLAJE DEL MIMI SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA	47
11.5.1.	Requisitos de ensamblaje	47
11.5.2.	Descripción del mini aerogenerador a ensamblar	48
11.5.3.	Descripción de Anclajes, lazos y cables de sujeción	48
11.5.4.	Conexión de las líneas de transmisión con los colectores de corriente	51
11.6.	ANÁLISIS DEL FLUJO DEL VIENTO SOBRE LAS HÉLICES	52
11.7.	TORRE.....	54
11.7.1.	Dimensiones de la Torre	55
11.7.2.	Análisis de la Torre	55
11.8.	SISTEMA ELÉCTRICO.....	58
11.8.1.	Generador Eólico	58
11.8.2.	Interpretación de la curva de potencia del generador	58
11.8.3.	Análisis del dimensionamiento del sistema de carga y descarga de las baterías 58	
11.8.4.	Análisis del dimensionamiento del inversor	59
11.8.5.	Análisis del dimensionamiento del controlador.....	60
11.8.6.	Análisis del dimensionamiento de los conductores	60
11.9.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODULO DE PRUEBAS PARA UN MINI SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA	61
11.9.1.	Lineamiento a seguir para la construcción del módulo de pruebas	61
12.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	69
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
	Conclusiones:	73
	Recomendaciones:	73
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS – según las Normas APA.....	74
15.	ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Circulación del viento en América Latina.....	8
Figura 2.	Parque Eólico Villonaco.....	8
Figura 3.	Dirección de los vientos del planeta Tierra.....	11
Figura 4.	vientos alisos	12
Figura 5.	vientos catabáticos.....	12
Figura 6.	Interacción del rotor con el flujo de aire	14
Figura 7.	Aerogenerador Gamesa	17
Figura 8.	anemómetro de rotación tipo copela.	18
Figura 9.	Esquema de torre anemométrica, anemómetro, veleta y brazos	19
Figura 10.	aerogenerador de eje horizontal.....	21
Figura 11.	aerogenerador de eje vertical	21
Figura 12.	Partes constitutivas de una instalación eólica de pequeña potencia	22
Figura 13.	rotor de un aerogenerador visto desde el interior	23
Figura 14.	aerogenerador de 6 palas	24
Figura 15.	esquema de generación eléctrica con un generador asíncrono	25
Figura 16.	Esquema de generadores síncronos con convertidores AC/DC/AC operando a velocidad de giro variable conectados a la red.	26
Figura 17.	orientacion por veleta	30
Figura 18.	El esquema presenta el subsistema de control y regulación tiene la misión incrementar la captación de energía cinética del viento, mejorar la potencia eléctrica generada y garantizar un funcionamiento seguro de la máquina.	31
Figura 19.	Tipos de torres	32
Figura 20.	fuerzas actuantes sobre el ala Sustentación (A), Resistencia (E), Resultante (D) 35	
Figura 21.	Coeficientes de potencia en función de la velocidad Relativa de punta para varios aerogeneradores.	36

Figura 22.	Sistema eólico residencial con carga	37
Figura 23.	Componentes del banco experimental de pruebas.....	38
Figura 24.	Localizacion a implementar.....	38
Figura 25.	dirección dominante del viento.....	40
Figura 26.	Velocidades del viento.....	41
Figura 27.	diseño del mini aerogenerador.....	41
Figura 28.	Dimensiones del aerogenerador de 800W	43
Figura 29.	diseño de la hélice.....	46
Figura 30.	diseño de las hélices	46
Figura 31.	descripción de anclajes, lazos y cables de sujeción.....	49
Figura 32.	descomposición de la turbina eólica	51
Figura 33.	análisis del flujo del viento sobre las hélices.....	53
Figura 34.	Análisis Estático- Tensiones.....	53
Figura 35.	torre y su ensamblaje	54
Figura 36.	Análisis estático Estructural Aereognerador-Tensiones-Tensiones1	56
Figura 37.	Análisis estático Estructural Aereognerador-Desplazamientos-Desplazamientos1 56	56
Figura 38.	Análisis estático Estructural Aereognerador-Deformaciones unitarias- Deformaciones unitarias1	57
Figura 39.	Interpretacion de la curva de potecia del generador	58
Figura 40.	Diseño del proyecto	61
Figura 41.	Diseño de las conexiones al módulo	62
Figura 42.	Diseño de la estructura	62
Figura 43.	Diagrama de bloque del funcionamiento del mini aerogenerador en el modulo	63
Figura 44.	montaje del vinil en la plancha de mdf.....	63
Figura 45.	Montaje de equipos y elementos en el tablero de MDF	64

Figura 46.	Conexión y cableado interno de los equipos y elementos del módulo de pruebas	64
Figura 47.	Breaker o interruptor automático.....	65
Figura 48.	Powe analizar C.C	65
Figura 49.	Voltímetro amperímetro vatímetro Ac 80-260V 0 – 100 A Display.....	66
Figura 50.	RPM analógico	66
Figura 51.	Luz piloto 12 V.....	66
Figura 52.	Luz piloto 110 V.....	67
Figura 53.	Toma corriente 110 V	67
Figura 54.	Mini interruptor de barco.....	68
Figura 55.	Bornera	68
Figura 56.	Conector hembra y macho.....	68
Figura 57.	Terminal plano o lengüeta	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos	5
Tabla 2.	Comparación del impacto ambiental de	7
Tabla 3.	MW Instalados en America Latina.....	9
Tabla 4.	Tipos de vientos en las regiones del Ecuador	13
Tabla 5.	caídas de tensión de los conductores entre componentes.....	29
Tabla 6.	Cálculos Generales del Viento	42
Tabla 7.	características técnicas del mini aerogenerador	43
Tabla 8.	requisitos técnicos del mini aerogenerador	49
Tabla 9.	Propiedades estáticas volumétricas de las hélices.....	53
Tabla 10.	Análisis Estático- Tensiones.....	54
Tabla 11.	dimensiones de la Torre.....	55
Tabla 12.	Análisis estático Estructural Aereognerador-Tensiones-Tensiones1	56
Tabla 13.	Análisis estático Estructural Aereognerador-Desplazamientos-Desplazamientos1 57	
Tabla 14.	Análisis estático Estructural Aereognerador-Deformaciones unitarias- Deformaciones unitarias1	57
Tabla 15.	Gastos directos.....	69
Tabla 16.	Gastos Indirectos	71
Tabla 17.	Mano de Obra	72
Tabla 18.	Total presupuesto.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Mediciones de la velocidad de viento tomadas en el sector Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Mana.....	76
Anexo 2.	Análisis completo del viento en cada una de las hélices	80
Anexo 3.	Análisis completo de la torre	82
Anexo 4.	Adquisición de los equipos.....	83
Anexo 5.	Ensamblaje de la torre	83
Anexo 6.	Instalación de la base de la torre.....	84
Anexo 7.	Levantamiento de la torre con el mini aerogenerador instalado.....	85
Anexo 8.	Diseño y ensamblaje del módulo.....	86
Anexo 9.	Informe práctico	87
Anexo 10.	Datos del estudiante.....	91

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Implementación de un mini Sistema de Generación Eléctrica a través de Energía Eólica, como fuente de Energía Renovable”

Fecha de inicio:	octubre del 2021
Fecha de finalización:	marzo del 2022
Lugar de ejecución:	Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná
Unidad académica que auspicia:	Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas CIYA
Carrera que auspicia:	Ingeniería Electromecánica
Proyecto de investigación vinculado:	
Equipo de trabajo:	
Tutor del Proyecto:	M.Sc. Ing. Paredes Anchatipán Alex Darwin
Postulantes:	Chicaiza Flores Jairo Javier Valenzuela Pallasco María Belén
Área de conocimiento:	Ingeniería, Industria y Construcción
Línea de investigación:	Energías Alternativas y Renovables, eficiencia energética y protección ambiental
Sub líneas de investigación de la carrera:	Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.
Núcleo Disciplinar:	

2. INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país que cuenta con varias energías limpias como: la hidráulica, fotovoltaica, eólica y biomasa para la producción de electricidad, pero en la actualidad, la que lidera es la hidroeléctrica para la provisión a nivel nacional, este método de producir electricidad es el más común y mayormente utilizado en todo el territorio ecuatorial. Al realizar un análisis del crecimiento de la población y el asentamiento en las zonas rurales, las cuales se encuentran alejadas del Sistema Nacional Interconectado (SNI), ente encargado de distribuir y comercializar la energía eléctrica a todo el país, se evidencia la falta de cobertura a todos estos sectores. Bajo este antecedente, es imperativo investigar y diseñar nuevas alternativas para la generación de electricidad, promoviendo el uso de las energías renovables o energías limpias para la producción de electricidad; un claro modelo de los recursos naturales que posee el Ecuador para la generación eléctrica es la energía eólica, como ejemplo, se tiene el parque eólico Villonaco ubicado en la ciudad de Loja con una potencia nominal de 1.5 MW. Este método de generación no ha sido investigado a profundidad en el país, en parte por la carencia de material didáctico destinado para este fin.

Es por ello, que se presenta la propuesta tecnológica definida como la implementación de un mini sistema de generación eléctrica a través de energía eólica, como fuente de energía renovable, el cual tendrá como principal objetivo el aprendizaje teórico-práctico por parte de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

3. RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad profundizar los conocimientos teóricos adquiridos en las cátedras de energías renovables mediante la práctica, así como, incentivar la investigación e implementación de sistemas de generación eléctrica renovable, como caso particular, la energía eólica. En base a lo expuesto, el módulo está conformado por las siguientes etapas: análisis de potencial eólico, sistema aerogenerador, estructura mecánica, sistema eléctrico.

El análisis de potencial eólico se basa en la medición del flujo del viento en la locación a ser implementado, es decir, la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, en base a los datos obtenidos se determina la correcta ubicación y altura del sistema eólico, el cual consta de la turbina de generación, las hélices y la veleta de dirección, a continuación, se diseña la

estructura metálica de la torre en base al análisis de cargas del sistema aerogenerador montado en la misma.

El sistema eléctrico está compuesto por el regulador de carga, dispositivo encargado de transformar la energía generada a un valor constante, seguido del sistema de acumulación, conformado por dos baterías, mismas que alimentan a un sistema de inversión para obtener corriente alterna como etapa final.

4. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Justificación del Proyecto

En el Ecuador se ha visto un aumento de fuentes de energías renovables, una de ellas es la eólica, adicionalmente, existe una carencia de material didáctico en la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná para afianzar los conocimientos adquiridos en las aulas, por tal motivo, se ha propuesto realizar un mini sistema de generación eólico, como una de las opciones de energías limpias y amigables con el medio ambiente, para así incentivar a los estudiantes de la carrera a investigar e implementar sistemas de generación eléctrica basado en energía eólica, aportando al cambio energético del país hacia un desarrollo autosustentable.

El trabajo de investigación desarrollado por el grupo investigador, es de aporte científico tecnológico, ya que el módulo de generación eólica abarca las etapas de generación, acumulación y distribución de energía, permitiendo el desarrollo de prácticas y proyectos de investigación basados en este recurso renovable.

5. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos del proyecto son los estudiantes de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, al poder fortalecer sus conocimientos teóricos con la práctica, lo cual beneficiara su perfil profesional, así como, la resolución de problemas basados en energías renovables y sustentables.

Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos del proyecto es la sociedad, al observar la implementación de un mini sistema de generación eléctrica a través de energía eólica en La Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, van a indagar más sobre las diferentes energías limpias, por

medio de un módulo disponible, el cual refleja la energía acumulada y así podrán implementar en los lugares de difícil acceso a la red eléctrica.

Las personas que se dedican al estudio de energías renovables, con la implementación del mini sistema de generación eléctrica a través de energía eólica puedan acercarse al laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná a realizar pruebas del funcionamiento del aerogenerador.

6. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Planteamiento del problema

Inexistencia de un módulo didáctico para la visualización de la eficiencia del mini aerogenerador, en las diferentes direcciones del viento, para la asignatura de energías renovables de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

Las energías renovables especialmente la energía eólica forma parte de una solución hacia una matriz eléctrica mucho más limpia, por ende, es importante generar espacios donde se discuta nuevas perspectivas para las futuras generaciones, incentivando a la investigación y al avance tecnológico en el área de generación sustentable, para ello es imperativo contar con los recursos educativos dedicados a la formación de los próximos profesionales en este ámbito, entre ellos el disponer de equipos dedicados a la práctica, para así, asegurar una formación de calidad y proveer de recursos para la investigación, es así, que surge la necesidad de implementar un mini sistema de generación eléctrica como fuente de energía renovable para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

Delimitación del problema

El presente proyecto de investigación pretende implementar un módulo con los siguientes elementos: aerogenerador, inversor, controlador, baterías, el cual va a generar una potencia máxima de 30 Watts, suficiente para alimentar una luz led o incandescente, a la vez se podrá hacer las respectivas mediciones en cada etapa del proceso, donde se podrá observar como la corriente continua se transforma a corriente alterna y esto lo podremos verificar con el módulo de medición, el cual nos va a dar datos exactos del voltaje (V), intensidad (I) y velocidad (RPM).

7. OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar un mini sistema de generación eléctrica a través de energía eólica como fuente de energía renovable utilizando una turbina de eje horizontal para la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

Objetivos específicos

- Determinar el potencial de generación eólica para la selección de los componentes eléctricos y electromecánicos de acuerdo al flujo del viento.
- Diseñar el sistema eléctrico y mecánico para un sistema de generación eólica de eje horizontal.
- Implementar el mini sistema de generación eléctrica a través de energía eólica.
- Validar el funcionamiento del módulo mediante pruebas de generación eléctrica en el módulo implementado.

8. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS.

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos

Objetivos	Actividades	Resultados de las actividades	Descripción (técnicas e instrumentos)
Determinar el potencial de generación eólica para la selección de los componentes eléctricos y electromecánicos de acuerdo al flujo del viento.	Medición del flujo del viento con un anemómetro durante cuatro meses octubre, noviembre, diciembre y enero, 19 mediciones a cada hora.	Tabla de valores de flujo del viento vs tiempo. Lista de materiales de acuerdo al flujo del viento.	Observación sistemática Medición Cálculo analítico Hoja de registro
Diseñar el sistema eléctrico y mecánico para un sistema de	Obtención de la carga mecánica, consumo eléctrico de los aparatos que van	Diseño mecánico de la estructura para el aerogenerador.	Cálculo Simulación CAD Planos

generación eólica de eje horizontal.	a ser conectados al módulo.	Esquema eléctrico del sistema de aerogeneración.	
Implementar el mini sistema de generación eléctrica a través de energía eólica	Ensamblaje del sistema eólico con cada uno de los componentes adquiridos.	Prototipo funcional del sistema de generación eólica.	Planos eléctricos Planos estructurales
Validar el funcionamiento del módulo mediante pruebas de generación eléctrica en el módulo implementado.	Medición del tiempo de carga de las baterías. Medición del tiempo de descarga de las baterías a plena carga.	Hoja de registro de voltaje vs tiempo de carga. Hoja de registro de voltaje vs tiempo de descarga.	Observación Hoja de registro

Fuente: (Chicaiza&Valenzuela,2022)

9. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.

9.1. ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables o energías limpias como incluso se les puede llamar son aquellas que generan continuamente y son inagotables a escala humana como tenemos la del sol, la eólica, la hidráulica, la biomasa y la geotérmica, las energías limpias son fuentes de suministro que respetan la animación de la atmósfera produciendo energías alternativas (Montalvo Iván 2011).

Son fuentes de alimentación que respetan el medio ambiente, lo que no significa que no causen impactos negativos en el medio ambiente, pero estos son infinitamente inferiores si los comparamos con los impactos ambientales de las energías comunes como los combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón; intensidad básica que daña el ecosistema e incluso son la colectividad de los tiempos reversibles según la enseñanza sobre los impactos ambientales de la consecución de la electricidad, el parche ambiental es el engendramiento de electricidad de las energías limpias es 31 veces principal al de las energías sostenibles estos datos según la Tabla 2 sobre la comparación del impacto ambiental de las diferentes formas de

producir electricidad y las emisiones de contaminantes para todo el ciclo de combustible. En toneladas por GWh producido (Montalvo Iván, 2011).

Tabla 2. Comparación del impacto ambiental de las diferentes formas de producir electricidad

FUENTE	CO ₂	NOX	SO ₂	PARTÍCULAS SÓLIDAS EN SUSPENSIÓN	CO	HIDROCARBUROS	RESIDUOS NUCLEARES	TOTAL
Carbón	1.058,20	2,986	2,971	1,626	0,267	0,102	-	1.066,10
Gas Natural	824	0,251	0,336	1,176	TR	TR	-	825,8
Nuclear	8,6	0,034	0,029	0,003	0,018	0,001	6,641	12,3
Fotovoltaica	5,9	0,008	0,023	0,017	0,003	0,002	-	5,9
Biomasa	0	0,614	0,154	0,512	11,361	0,768	-	13,4
Geotérmica	56,8	TR	TR	TR	TR	TR	-	56,8
Eólica	7,4	TR	TR	TR	TR	TR	-	7,4
Solar térmica	3,6	TR	TR	TR	TR	TR	-	3,6
Hidráulica	6,6	TR	TR	TR	TR	TR	-	6,6

Fuente:(Merino Luis, 2007).

9.1.1. Energía Solar

La energía solar es la fuente de energía más extendida en un amplio rango de latitudes, con tasas de incidencia máximas (zonas ecuatoriales) y mínimas (regiones polares); es una energía muy dispersa que puede alcanzar valores máximos de mil vatios por metro cuadrado y varía según la época del año; puede ser almacenada y transformada en calor y electricidad, utilizada por sus efectos en materiales con propiedades ópticas y eléctricas; es una de las energías limpias que se ofrecen para el estudio de las energías renovables (García Octavio, 2017).

9.1.2. Energía Hidráulica

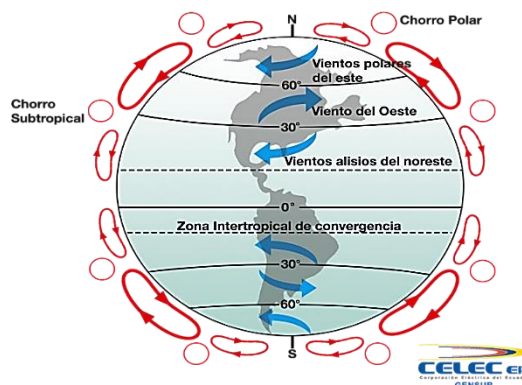
La energía hidroeléctrica tiene su origen en el ciclo del agua que genera el sol al evaporar las aguas de los mares, lagos y ríos esta agua cae en forma de lluvia y nieve sobre la tierra y vuelve a donde se reinicia el ciclo, se obtiene de la energía potencial a los saltos de agua y la diferencia de altura entre dos puntos del curso de un río. Las centrales hidroeléctricas transforman en energía eléctrica el movimiento de las turbinas que se genera por la precipitación de una masa de agua entre dos puntos a diferente altura y por tanto a gran velocidad (Montalvo Iván 2011).

9.1.3. Energía Eólica

Es la energía cuyo origen proviene del movimiento de las masas de aire, es decir, del viento, los vientos se generan por el calentamiento no uniforme de la superficie terrestre por la radiación solar. Entre 1 y 2% la energía del sol se convierte en viento, durante el día las masas

de aire sobre la tierra se calientan y se elevan por la falta de densidad y el aire más frío sobre el agua, océanos, mares y lagos cambia para ocupar su lugar, el resultado son los vientos que podemos observar en la figura 1.(CELEC EP 2021).

Figura 1. Circulación del viento en América Latina



Fuente:(CELEC EP 2021).

Es la energía que se obtiene del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que se transmuta en otras formas útiles para las actividades humanas, según los estudiantes de tesis de la Universidad Nacional de Loja (Muños Marlon, 2013).

Actualmente, la energía eólica se utiliza principalmente para generar electricidad a partir de turbinas eólicas, que es una forma de obtener energía limpia sin dañar el medio ambiente. A finales de 2011, la capacidad mundial de turbinas eólicas era de 238 GW. En el Ecuador continental, el primer parque eólico de altura es el de Villonaco, ubicado en la provincia de Loja, a 4 km de su capital, precisamente entre los cantones de Loja y Catamayo, su construcción se realizó en la cima del cerro Villonaco a una altura de 2. 720 metros sobre el nivel del mar, como se muestra en la figura 2 (Muños Marlon, 2013).

Figura 2. Parque Eólico Villonaco



Fuente: (CELEC EP 2021).

En Ecuador, la energía eólica se está aprovechando en la isla San Cristóbal con una capacidad de 2,4 MW y en la provincia de Loja, en el cerro Villonaco, con una potencia instalada de 16.5 MW (que contempla 11 aerogeneradores), además está en construcción un proyecto en la isla Baltra con una capacidad de 2.25 MW. El equivalente de la energía proporcionada por estos proyectos puede abastecer los hogares de 150 mil ecuatorianos (Duchi Victor, 2015)

La tabla 3 muestra el número total de parques eólicos instalados en América Latina a finales de 2010 y el aumento hasta 2021, como fuente de energía inagotable y respetuosa con el medio ambiente.

Tabla 3. MW Instalados en America Latina

País	Capacidad Total en 2010 (MW)	Capacidad Total en 2011 (MW)	Capacidad Total en 2012 (MW)	Capacidad Total en 2013 (MW)	Capacidad Total en 2014 (MW)
Brasil	930	1429	2507	3466,1	5961,6
México	512	929	1348	1992	836
Chile	170	190	190	335	529,4
Uruguay	30,5	40,5	55,7	59,3	271
Argentina	54	129,2	140,9	217,1	198
Costa Rica	123	148,2	148,2	148,2	186
Nicaragua	63	63	102	141,6	152
Honduras	0	70	102	102	148
Perú	0,7	0,7	0,7	0,7	125
Puerto Rico	0	0	125	125	85,3
Rep. Dominicana	0,2	33,6	33,6	85,3	30
Venezuela	0	0	30	30	19,5
Colombia	19,5	19,5	19,5	19,5	19
Ecuador	2,5	2,5	2,5	19	13,5
Guayana	13,5	13,5	13,5	13,5	11,7

Cuba	11,7	11,7	11,7	11,7	12.2
Bolivia	0,1	0.1	0,1	0,1	0,1

Fuente: (Aguilar Roddy, 2017).

9.1.4. Ventajas Energía Eólica

Las importantes ventajas de la energía eólica según la autora de la tesis (Espitia Carolina, 2014).

- No emite gases contaminantes, efluentes líquidos, residuos sólidos, ni utiliza agua; es una de las energías más limpias que se pueden encontrar en el planeta.
- Sujeta muestras de CO₂.
- No se tiene la necesidad de contaminar el medio ambiente.
- Economiza combustibles, transforma la provisión y comprime la obediencia energética.

9.1.5. Desventajas Energía Eólica

Algunas de las desventajas en el sistema de energía eólica son según la tesista (Espitia Carolina, 2014).

- El viento es fortuito y versátil, tanto en ligereza como en trayectoria por lo cual se debe primero tener un estudio de flujos de los vientos.
- Tiene una marca ambiental sobre la fauna, en particular sobre las aves lo cual se puede estrellar en las aspas de los aerogeneradores.

9.2.PRINCIPIO DEL VIENTO

Por viento entendemos cualquier masa de aire en movimiento con respecto a la superficie terrestre, resultante del calentamiento no uniforme de la superficie terrestre, siendo la fuente de energía eólica, o, mejor dicho, el mecanismo energético que, en forma de energía cinética, transporta el aire en movimiento. La madre Tierra toma una gran suma de energía oriunda del Sol que en partes propicias logra llegar a ser del orden de 2000 kW/m² anuales; el 2% ella se convierte en energía eólica idónea de facilitar una potencia del orden de 1017 kW esto según la tesis del tesista los elementos primordiales del viento son (Alvear Mario, 2012).

- a) Medio geográfico.
- b) Rasgos climáticos.
- c) Colocación topográfica.
- d) Anomalías del terreno.

- e) Montículo sobre el nivel del suelo siendo su estudio de gran calidad a la hora de atacar el diseño de un dispositivo que sea idóneo de rendir la energía que contiene el viento.

9.2.1. Características del Viento

El aire es una corriente, representación indirecta de la energía solar. Esta corriente de las masas de aire se ocasiona por un calentamiento disímil del área terrestre, que, junto a la rotación de la tierra, profesen entonces los patrones globales de circulación. Concurren tres dispositivos del viento que decretan su energía utilizable, estos son según el autor (Muños Marlon, 2013).

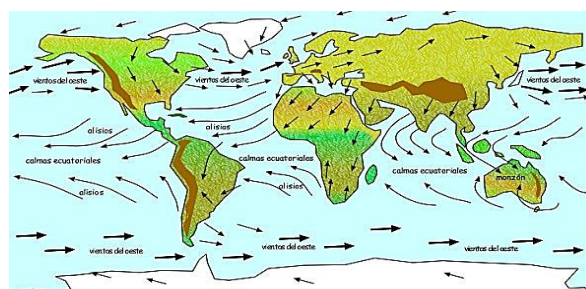
- La ligereza o impulso del viento.
- El lugar del viento.
- En mínimo valor, la densidad del viento.

9.2.2. Fuerza del viento

Los vientos tienen su origen en la diferencia de temperatura y presión que se produce cuando el aire caliente por encima de la zona ecuatorial se desplaza hacia los trópicos donde se encuentra el aire más frío, esto puede ocurrir cuando el aire llega desde latitudes de 30 grados centígrados a los trópicos esto se detiene debido al movimiento de la tierra más exactamente a la aceleración de Coriolis y esto crea diferencias de presión que aceleran el aire en la atmósfera y lo hacen descender a la superficie creando vientos (Montalvo Iván, 2011).

Estos fenómenos meteorológicos ocurren a 11 km por encima de la superficie terrestre, en la tropósfera y se dice que los vientos son globales, la dirección del viento en diferentes latitudes de la tierra se puede ver en la figura 3 esto es para el estudio del aerogenerador, el interés principal es la superficie de los vientos que se producen debido a la rugosidad de la superficie terrestre hasta 100 metros sobre el nivel del mar, según la tesis realizada por (Montalvo Iván, 2011).

Figura 3. Dirección de los vientos del planeta Tierra



Fuente: (GEOGRAFÍA 2021).

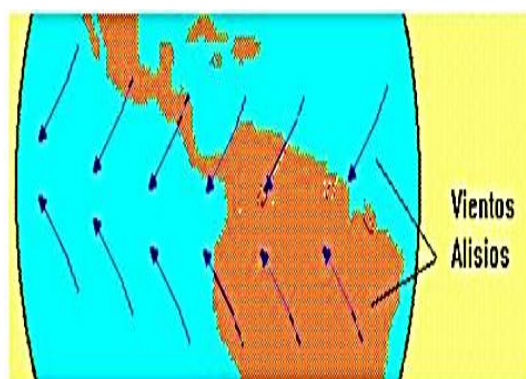
9.2.3. Tipos de vientos

En Ecuador al existir geográficamente el cinturón ecuatorial o mitad del mundo tiene desiguales las trayectorias lo cual se encuentra bajo la acción de los vientos alisios del Noreste y Sureste los cuales confluyen en esta zona esto según la tesis realizada por (Alvear Mario, 2012).

9.2.3.1. Vientos Alisos

Son vientos constantes que emanan de los anticiclones subtropicales hacia las regiones ecuatoriales; se forman en el anticiclón atlántico con las grandes masas de agua fría procedentes del Polo Norte; soplan todo el año y tienen un alto techo sobre casi todo el planeta durante el año lo cual podemos observar en la figura 4 (Alvear Mario, 2012).

Figura 4. Vientos alisos



Fuente: (Alvear Mario, 2012).

9.2.3.2. Vientos Catabáticos y Anabáticos

El viento Catabático se produce por el descenso de aire fresco desde las regiones altas a las bajas, en forma de brisas, a través de las laderas y valles, en este tipo de viento tiene poca relación con las isobaras, ya que se rige principalmente por la dirección de los valles por donde desciende según la tesis presentada por el alumno que se puede ver en la figura 5 (Alvear, Mario 2012).

Figura 5. Vientos catabáticos



Fuente: (Alvear Mario, 2012).

“El viento Anabático, es el que presenta una componente vertical ascendente, siendo el término opuesto a catabático esto según la tesis presentada por el estudiante”(Alvear Mario, 2012).

9.2.4. Tipos de Vientos en las Regiones del Ecuador.

Los ejemplos de vientos según la región del Ecuador la podemos observar en la tabla 4:

Tabla 4. Tipos de vientos en las regiones del Ecuador

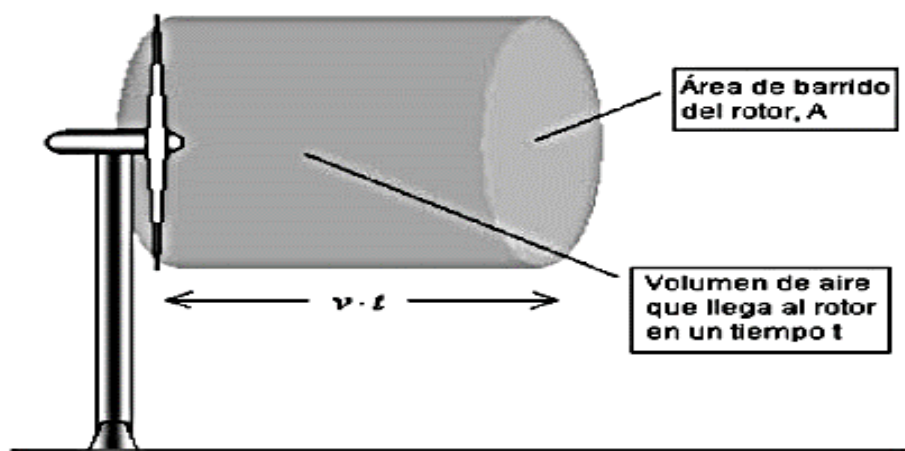
TIPOS	CARACTERÍSTICAS
Región Litoral o Costera	<ul style="list-style-type: none"> • Climas: seco, tropical sabana, tropical semi húmedo. • Temperaturas máximas y mínimas diferentes hasta los 0°. • Superficies bajas y planas, con colinas montañosas y pequeñas. • La ligereza de la brisa es baja, lo que no demuestra hacer una transformación para lograr energía eólica y considerarle rentable o explotable.
Región Interandina o Sierra	<ul style="list-style-type: none"> • Climas: meso tónico húmedo, meso tónico semihúmedo, clima seco, frío Andino (2.500 hasta los 4.700 m. s. n. m.). • Calenturas entre los 10° C y 15° C. • Brisas de derrame, de cerros y cañón.
Región Oriente o Amazónica	<ul style="list-style-type: none"> • Climas: tropical húmedo, vegetación abundante, posee mínimas prominencias, las cuales son poco marcadas. • Corriente es casi nulo.
Región Insular o Archipiélago de Galápagos	<ul style="list-style-type: none"> • Clima: suficiente seco en sus costas, clima de sabana en su región central, en donde prevalecen los vientos de mar y tierra, habiendo una ligereza de corriente suficientemente admisible lo cual nos admite el beneficio de energía eólica en esta región del país

Fuente: (Chicaiza &Valenzuela, 2022)

9.2.4.1. Relación Potencia Mecánica - Velocidad del Viento

El funcionamiento de un aerogenerador empieza cuando este atrae la energía cinética del viento por medio del rotor y las aspas, para luego transformar esta energía cinética en energía eléctrica, el autor comenta que la suma de energía transportada al rotor por el viento depende de la densidad del aire ρ , del área de barrido del rotor A , y de la rapidez del viento. Para derivar la formula conveniente: Considere la figura 6 sucesiva en que una cierta aglomeración llamada masa m de aire cruza las palas de rotor en un tiempo t (Endara Luis 2011).

Figura 6. Interacción del rotor con el flujo de aire



Fuente:(Endara Luis, 2011).

La energía cinética de la masa de aire m que se mueve a una velocidad v corresponde a la expresión según la tesis estudiada:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (\text{ecuación 1})$$

Si el volumen de aire en movimiento es V y tiene una densidad, su masa será: $m = \rho V$ por lo que su energía cinética será:

$$E_c = \frac{1}{2}\rho Vv^2 \quad (\text{ecuación 2})$$

La suma de corriente que alcanzará al rotor de un aerogenerador en un tiempo t dependerá del área de barrido del rotor A y de la ligereza o velocidad del viento.(Endara Luis 2011).

El volumen del viento que alcanza al rotor será:

$$V = Avt \quad (\text{ecuación3})$$

La energía cinética que contribuye el viento al rotor en un tiempo t será:

$$E_c = \frac{1}{2} \rho A V t V \quad (\text{ecuación 4})$$

$$E_c = \frac{1}{2} \rho A t v^2 \quad (\text{ecuación 5})$$

Y la potencia contribuida al rotor será:

$$E_c = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (\text{ecuación 6})$$

A es el área del rotor como que $2 A = r$, y r es el radio del rotor, esto es la longitud del aspa.

Cabe destacar que el análisis corresponde a turbinas eólicas del tipo hélice de eje horizontal, el cual es el que va a ser usado en el proyecto y en la mayoría de los casos. (Endara Luis, 2011).

9.2.5. Propiedades del viento

Toda sustancia susceptible de ser destilada se denomina fluido. Cada fluido tiene ciertas características que lo clasifican y determinan el procedimiento a seguir todo esto se debe tomar en cuenta al momento de escoger el aerogenerador al ser instalado ya sea en el lugar que sea (Alvear Mario, 2012).

9.2.6. Densidad del aire, Presión y Temperatura

La fuerza que supone un aerogenerador proviene del aire, cuanto más pesado es el aire, mayor es la fuerza que puede generar, el aire cambia de densidad según la temperatura y de presión según la relación (Montalvo Iván 2011).

$$\rho = \frac{P}{RT} \quad (\text{ecuación 7})$$

Donde:

ρ = Densidad del aire en kg/m²

R = Constante del gas = 8,31 (JK-1 mol-1) = (J kg-1 K-1)

T = Temperatura absoluta en °K

P = Presión en Pascal (Pa)

En las zonas cálidas el aire es más caliente pero la presión es mayor, en las zonas altas ocurre lo contrario, la presión atmosférica a nivel del mar es de 1.013,25 hecto Pascal (hPa), lo cual podemos observar en la ecuación 7 (Montalvo Iván, 2011).

Variación de la densidad y la temperatura con la altura sobre el nivel del mar Hm según relaciones empíricas: (Montalvo Iván, 2011).

Densidad:

$$\rho = \rho_0 - 1.194 \times 10^{-4} \times H_m [\text{Kg}/\text{m}^3] \quad (\text{ecuación 8})$$

Temperatura:

$$T = 15.5 - \frac{19.83}{3.048} \times H_m [^\circ\text{C}] \quad (\text{ecuación 9})$$

Donde:

Hm = Altura sobre el nivel del mar en metros.

p0 = Densidad del aire a nivel del mar = 1,225kg/m³

p = Densidad del aire a la altura Hm en kg/m³

T = Temperatura a la altura Hm en °C

9.1.1.1. Potencia del viento

Considerando una masa de aire m de superficie A y densidad p que se mueve a una velocidad v. la masa de aire por unidad de tiempo es $m/t = p \cdot A \cdot v$ y si la energía viene dada por su energía cinética $E_c = \frac{1}{2} (m \cdot v^2)$ Sustituyendo m en la E_c tenemos en la ecuación 10 (Montalvo Iván 2011).

$$E_c = \frac{1}{2} (\rho A v v^2) \quad (\text{ecuación 10})$$

La Potencia = Energía sobre el tiempo, $P = E_c / t$, entonces la potencia total extraíble de la corriente es: (Montalvo Iván 2011).

$$P_v = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (\text{ecuación 11})$$

Donde:

Pv = Potencia extraíble del viento en W

p = Densidad del aire en kg/m³

A = Área en m²

v = Velocidad del viento en m/s

Otro concepto importante es la velocidad potencial del viento, que se define como la velocidad del viento que se observaría sobre un terreno abierto completamente plano, normalmente

especificado a 10 metros sobre el suelo. La velocidad potencial del viento es esencialmente una escala de magnitud media. Para su definición no depende de las características locales de rugosidad, a través del perfil para terreno abierto y plano, esta velocidad se relaciona con la velocidad del viento a 60 y 100 metros sobre el suelo. Esta es la magnitud que generalmente se muestra en las cartas de viento, al ser una magnitud de escala media, es bastante constante en distancias razonables (unos pocos kilómetros en horizontal) (Muños Marlon, 2013).

Para encontrar la velocidad real del viento (no potencial) en un lugar concreto, es necesario aplicar correlaciones a la velocidad potencial del viento, que dependerá de las características de rugosidad del lugar lo cual tenemos en la ecuación 12 (Muños Marlon 2013).

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{h_1}{h_2} \quad \alpha \quad (\text{ecuación 12})$$

Siendo:

V1: La velocidad del viento a la altura h1.

V2: La velocidad del viento a la altura h2.

El coeficiente " α " es un parámetro que depende de la topografía del terreno y de las condiciones climáticas y se conoce como coeficiente de rugosidad, generalmente este parámetro se calcula a partir de las mediciones del viento lo cual deben ser medidos correctamente para su eficiencia según el autor (Muños Marlon 2013).

9.2.7. Turbinas eólicas

Un aerogenerador, como el de la figura 7, transforma la energía cinética del viento en energía mecánica (mediante una hélice y un eje) y, finalmente, en energía eléctrica (mediante un generador eléctrico conectado al eje). en: micro, pequeña, mediana, grande y extra grande (Sánchez Juan, 2015).

Figura 7. Aerogenerador Gamesa



Fuente: (Sánchez Juan, 2015).

9.3. SENSORES PARA MEDICIÓN DE VELOCIDAD DEL VIENTO

Son dispositivos que detectan o registran manifestaciones de la velocidad del viento, reciben una señal o estímulo y responden con una señal eléctrica; son dispositivos pasivos en el sentido de que requieren una fuente externa de excitación para entregar las lecturas de medición. Para obtener mediciones de alta precisión, necesarias para los sistemas meteorológicos, es fundamental que los sensores sean lo más precisos posible; considerando para su elección las necesidades requeridas incluyendo las condiciones regionales, climáticas y topográficas de su ubicación, esto también se puede medir en la brisa del mar aunque haya poco viento (Muños Marlon, 2013).

9.3.1. Anemómetro

Se trata de una antigua cuadrilla meteorológica para la predicción del tiempo, especialmente para contar la velocidad del viento, en la que se utiliza básicamente una de las tres propiedades del viento:(Muños Marlon, 2013).

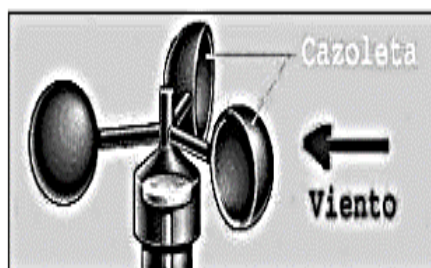
- Su zona de influencia cinética que determina la letra de las copas del aparato.
- Su obstrucción dinámica.
- Su dificultad al enfriarse

Lo cual podemos encontrar varios tipos de anemómetros como:

9.3.1.1. Anemómetro de rotación:

Está equipado con copas o hélices fijadas en un eje central, cuya rotación es proporcional a la velocidad del viento; son las más utilizadas por su simplicidad y precisión suficiente para la mayoría de las necesidades de medición, así como por la relativa facilidad de permitir la medición de distancias, existen muchos diseños de hélices, pero la más común es la hélice con copa, porque no se necesita ningún mecanismo para dirigir la hélice hacia el viento y su construcción puede ser robusta para soportar altas velocidades de viento, como se puede ver en la figura 8 :(Muños Marlon, 2013).

Figura 8. Anemómetro de rotación tipo copela.



Fuente: (Muños Marlon, 2013).

9.3.1.2. Anemómetro de empuje

Consisten en una esfera hueca y ligera o una hoja, cuya posición con respecto a un punto de suspensión varía con la fuerza del viento, que se mide en un dial esto según nos comenta el autor en uno de sus escritos (Muños Marlon, 2013).

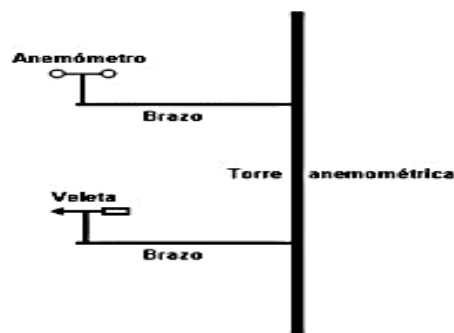
9.3.1.3. Anemómetro de presión hidrodinámica

Cuando el viento choca con una superficie produce una presión adicional que depende de esta velocidad, si esta presión se capta correctamente y se lleva a un instrumento de medida tendremos un anemómetro de presión (Muños Marlon, 2013).

9.3.1.4. Normativa para la medición del viento

Para que un anemómetro, apropiadamente graduado en un túnel de corriente, de seguras saneamientos de precisión en 10 s cálculos de campo, es obligatorio tener en cuenta una serie de consideraciones que se describen a continuación: La torre de medición debe estar debidamente señalizada para evitar accidentes. La figura 9 nos muestra un esquema de la torre anemométrica, con el anemómetro, la veleta y los pertinentes apéndices que los aguantan (Mayorga Alex, 2015)

Figura 9. Esquema de torre anemométrica, anemómetro, veleta y brazos



Fuente:(Mayorga Alex, 2015).

9.4. AEROGENERADOR

Los aerogeneradores, llamados generadores de electricidad, que consisten en una turbina eólica adaptada a un alternador o a una dinamo, ayudan a proteger el ecosistema de la contaminación, así como de la contaminación del agua, Si se explota una central eléctrica de carbón, la actuación de un gran aerogenerador supone inocular en el medio ambiente toneladas de dióxido de carbono, moléculas en suspensión y nubes oscuras, según la tesis del autor (Duchi Víctor, 2015).

9.4.1. Rendimiento de un aerogenerador

En los aerogeneradores que operan en isla, es decir, que no están conectados a una red eléctrica, llamémoslo como un parque eólico vinculado en su mayoría por el rotor, los rodamientos, los engranajes, los cables, las baterías, las palas y otros dispositivos eléctricos o mecánicos, sea η_1 , η_2, \dots, η_3 los rendimientos de los diferentes componentes de esta partición alimentados por el rotor de ganancia η_w , la validación a la partición posterior será la herramienta de validación P de todo el sitio eólico (Aguilar Roddy, 2017).

$$P = 0.37 \cdot \eta \cdot F \cdot v^3 \quad [w] \quad (\text{ecuación 13})$$

Siendo:

$$\eta = \eta_w \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \dots \eta_n \quad (\text{ecuación 14})$$

Donde:

P= Potencia útil

η = Rendimiento

F=Superficie de análisis

v= Velocidad del aire

Sea η_1 , η_2, \dots, η_3 los rendimientos de los diferentes componentes de esta rodaja alimentada por el rotor de beneficio η_w , la subsistencia a la última rodaja será el aparato de subsistencia P de todo el espacio eólico según el autor:(Aguilar Roddy, 2017).

$$c_p = 0.5926 \cdot \eta \quad (\text{ecuación 15})$$

9.4.2. Tipos de aerogeneradores

1.1.1.1. Los aerogeneradores de eje horizontal

También llamados HAWT (aerogeneradores de eje ancho), son aquellos en los que el eje del aerogenerador es paralelo al suelo. Es las ciencias aplicadas que se ha hecho cargo, por su eficacia y confabulación y por la cabida de acomodarse a desiguales potencias, sin embargo necesitan un dispositivo de contorno para evitar cambios bruscos en la gestión del flujo de aire como podemos percibir en la figura 10 (Mayorga Alex, 2015).

Figura 10. Aerogenerador de eje horizontal

Fuente: (Mayorga Alex 2015).

9.4.2.1. Los aerogeneradores de eje vertical

Son aquellos en los que el eje de rotación de los regimientos es perpendicular al suelo. Tienen la característica de adaptarse a cualquier manejo de la brisa y por eso se les llama penemons (todos los vientos). No necesitan dispositivos de orientación; funcionan por la disconformidad del calador entre las dos mitades del alimento expuestas a la brisa. Dentro de esta jerarquía de aerogeneradores podemos situar los modelos Savonius, Darrieus, Darrieus individual H o Giromill, que se muestran en la figura 11 (Mayorga Alex, 2015).

Figura 11. Aerogenerador de eje vertical

Fuente: (Mayorga Alex 2015).

9.4.3. Clasificación de las instalaciones eléctricas eólicas

9.4.3.1. Aerogeneradores conectados a la red eléctrica.

En la elevación individual de configuración, el énfasis generado por el aerogenerador se vierte a la red eléctrica, por lo que estos deben elevar una corriente alterna a la frecuencia de la red. En orden a la acometividad de estos, hay dos grandes divisiones según el autor (Mayorga Alex, 2015).

- **De potencia media y de abono:** son aerogeneradores que van desde varios kilovatios (kW) hasta megavatios (MW), y la conexión a la red eléctrica implica que deben cumplir una serie de requisitos para estar conectados a la red los cuales deben ser capaces de reconocer.
- **De pequeña potencia:** Son aerogeneradores que no puedan ser capaz de tener una estabilidad de la red eléctrica.

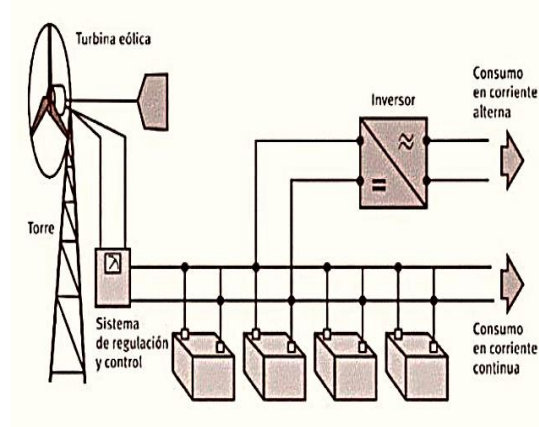
9.4.3.2. Aerogeneradores aislados

Son máquinas sin conexión a la red, que suelen alimentar una vivienda aislada o pequeños grupos de ellas, y suelen residir en lugares donde los equipos para transportar el suministro eléctrico. Para instalar pequeños aerogeneradores en sistemas aislados no se necesitan estudios de viento, imprescindibles en el caso de los aerogeneradores conectados a la red; bastan las exploraciones in situ, el análisis de las pruebas ecológicas y las extrapolaciones de las estaciones de referencia cercanas para la instalación de un pequeño sistema, necesarias para determinar la ubicación de un parque eólico son mucho más elevadas que los costes totales de un pequeño sistema (Mayorga Alex, 2015).

9.5. COMPONENTES DE UN AEROGENERADOR

Los fragmentos constitutivos de un micro aerogenerador se muestran en la figura 12 y se narra a continuación:

Figura 12. Partes constitutivas de una instalación eólica de pequeña potencia



Fuente: (Mayorga Alex 2015).

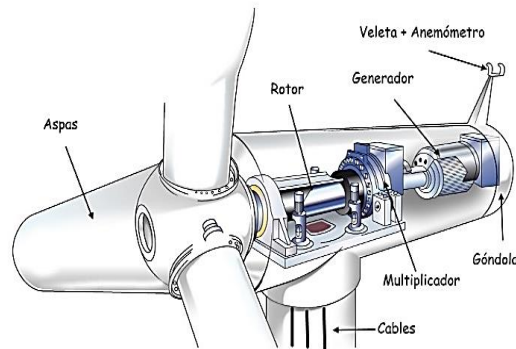
9.5.1. Sistema de captación

9.5.1.1. La turbina eólica o Rotor

El rotor suele considerarse el subsistema más importante, tanto desde el punto de vista de los costes de explotación como de fabricación según el autor (Guerrón Gonzalo, 2014), también

llamado rotor, es el elemento encargado de captar la energía cinética del aire. y transformarla en electricidad gracias al generador situado en el cuerpo del aerogenerador. El aerogenerador puede ser de eje vertical o de eje horizontal, según la investigación realizada por el autor (Mayorga Alex, 2015).

Figura 13. Rotor de un aerogenerador visto desde el interior



Fuente: (Guerrón Gonzalo, 2014).

Los componentes más significativos del rotor son:

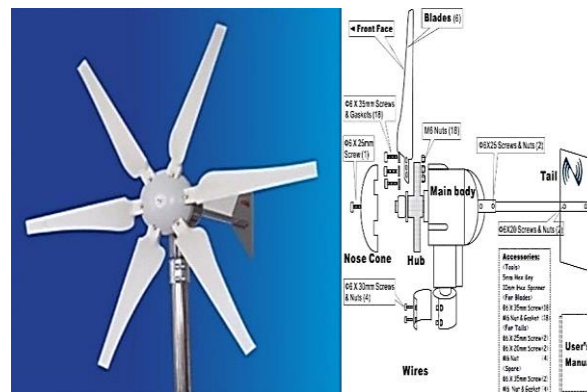
9.5.1.2.Las palas

Son dispositivos que convierten la potencia de la corriente de la brisa en el par necesario para generar una potencia útil para que gire el rotor del aerogenerador a instalar ya sea de alta o baja potencia esto según el autor (Guerrón Gonzalo, 2014).

Turbinas de dos palas: En comparación con un rotor de tres palas, es posible reducir el coste de la hélice en un cierto porcentaje; sin embargo, debido a las fuerzas dinámicas fluctuantes que surgen con esta configuración, se requieren medidas especiales para mitigar este estado de carga, lo que en última instancia aumenta el coste total de la máquina (Mayorga Alex, 2015).

Turbinas con más de 3 palas: La característica fundamental de esta configuración es el mayor silencio de funcionamiento con respecto a las anteriores, por otra parte, en las hélices tripala, ya que sus velocidades de giro son relativamente bajas, también lo son las de la punta de la espada. Esto conjetura una gran superioridad en relación a las hélices monopalas y bipalas por la disminución de sonido que ello sobrelleva. Esta propiedad se ve reforzada si la turbina se utiliza para suministrar electricidad a puntos aislados, donde generalmente la máquina debe situarse cerca de la población y hay que minimizar las molestias introducidas en el hábitat natural, como puede verse en la figura 14 (Mayorga Alex, 2015).

Figura 14. Aerogenerador de 6 palas



Fuente: (Mayorga Alex, 2015).

La potencia de los rotores de mayor tecnología no suele superar el 70% o el 80% la potencia máxima calculada con la fórmula de Betz, que es la potencia del rotor en un aerogenerador esto según las investigaciones dadas por el autor: (Guerrón Gonzalo, 2014).

$$Pr = C_p \left(\frac{1}{2} \rho A v \right) = C_p \rho \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) v_1^3 \quad (W) \quad (\text{ecuación 16})$$

Donde:

C_p= Coeficiente de potencia del rotor

p= densidad del aire

D= Diámetro del círculo de barrido de las palas

v= Velocidad del viento

9.5.1.3. Bujes

El buje o cilindro del generador eólico aerodinámico es el dispositivo que enlaza las palas al árbol en si el más importante, tienen tres tipos básicos de bujes que se emplean en los generadores de eje horizontal que comúnmente se utiliza según el autor (Guerrón Gonzalo, 2014).

- Bujes rigurosos.
- Bujes balanceantes nombrados en ingles teetering.
- Bujes para palas o hélices acopladas.

9.5.1.4. Subsistema de transición mecánica

Los aerogeneradores están formados por todas las partes giratorias de la turbina, que incluyen el eje de baja velocidad, como los acoplamientos, el freno, la carcasa del multiplicador de potencia y el eje de alta velocidad según el autor (Guerrón Gonzalo, 2014).

9.5.2. Sistemas de generación eléctrica

El sistema eléctrico de un aerogenerador aerodinámico contiene que todos los punto de conexión que entran en el proceso de transformación de la energía mecánica en energía eléctrica para el funcionamiento del aerogenerador que es la base fundamental del sistema eólico esto según el autor (Guerrón Gonzalo, 2014).

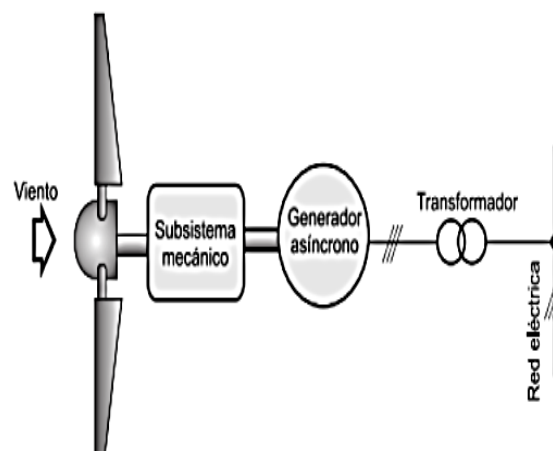
9.5.2.1. Generadores asíncronos

Los motores asíncronos son aparatos rotativos de oleada inestable sin recaudador, el campo inductor es generado por una corriente alterna, normalmente situada en el estator y el inducido en el rotor, la ligereza de giro n de este ejemplo de generadores está atada al sincronismo n_s de la llamada pala s según el autor (Guerrón Gonzalo, 2014).

$$s = \frac{n - n_s}{n_s} \quad (\text{ecuación 17})$$

El generador asíncrono debe tomar energía de la red para crear el campo de excitación del estator. Esta energía, alimentando una bobina, consumirá corriente desfasada respecto a la tensión, en energía relativa, veremos entonces en figura15 que se refiere a un esquema de la producción de electricidad con un generador asíncrono. (Guerrón Gonzalo, 2014).

Figura 15. Esquema de generación eléctrica con un generador asíncrono



Fuente: (Guerrón Gonzalo, 2014).

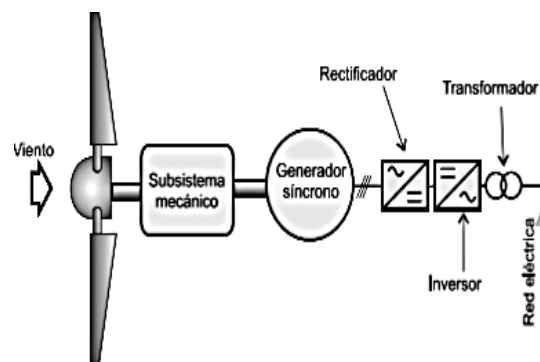
9.5.2.2. Generadores síncronos

El generador síncrono del aerogenerador se acomoda primariamente de una parte móvil o el mecanismo del rotor del mismo y una parte fija llamada estator aerodinámico. La iniciación de maniobra de un productor síncrono se fundamenta en la ley de Faraday, para establecer una tirantez inductiva en el estator es preciso establecer un campo magnético en el mecanismo del rotor del estator o del circuito de campo, sustentando el mecanismo del rotor con una batería, este campo magnético o atractivo provocará una tirantez en el bobinado del inducido así provocando, por lo que tendremos una corriente alterna transitando por él. La velocidad de sincronismo en RPM que vendría a ser la velocidad de giro del rotor está relacionada con el número de pares o e hélices que se coloca en la turbina o número de polos p de la maquina y con la frecuencia de 60 hz que recorre la corriente eléctrica f en Hz según la ecuación: (Guerrón Gonzalo, 2014).

$$n_s = \frac{60f}{p} \quad (\text{ecuación 18})$$

Los generadores síncronos operan a velocidades de giro constante y conectados directamente a la red lo cual se indica en la figura 16 que nos muestra un esquema de generación síncrona con convertidores AC/DC/AC. (Guerrón Gonzalo, 2014).

Figura 16. Esquema de generadores síncronos con convertidores AC/DC/AC operando a velocidad de giro variable conectados a la red.



Fuente: (Guerrón Gonzalo, 2014).

9.5.3. Banco de baterías

Se denomina batería, o pila eléctrica, acumulador eléctrico o escuetamente batería que se utiliza para acumular o almacenar la energía producida por el aerogenerador, su función es almacenar la energía producida por el aerogenerador, además de suministrar la energía almacenada a la carga (consumidor) si marcha con una corriente continua esto según el autor (Mayorga Alex, 2015).

Los tipos de baterías más comunes son las baterías de plomo-ácido (similares a las baterías de los automóviles) que consisten en placas de plomo empapadas en una solución de ácido sulfúrico con agua, cada placa consiste en un electrodo positivo llamado también ánodo +, y un electrodo negativo llamado también cátodo -, y electrolitos que acceden que los iones se agiten entre los electrodos o barras ionizadas (Mayorga Alex, 2015).

- Cabida en amperios horas, Ah
- Eficacia de carga.
- Auto descarga.
- Hondura de descarga.

Para una instalación correctamente aislada, la capacidad nominal de la batería suele elegirse de forma que suministre de tres a ocho veces la energía consumida por la carga durante un día o un ciclo de uso, es decir, el número de días que puede funcionar en ausencia total de energía (Mayorga Alex, 2015).

A partir de todos los datos utilizaremos las sucesivas ecuaciones

$$n_B = 100\% - Kb \quad (\text{ecuación 19})$$

$$Q_M = \frac{ET}{n_B} \left[\frac{Wh}{dia} \right] \quad (\text{ecuación 20})$$

$$C_{DA} = \frac{QM}{V} \left[\frac{Ah}{dia} \right] \quad (\text{ecuación 21})$$

$$C_{TB} = \frac{CDA * DA}{PdD} [Ah] \quad (\text{ecuación 22})$$

$$N_B = \frac{CTB}{CB_{USAR}} \quad (\text{ecuación 23})$$

Donde:

Kb = Coeficiente de perdidas debidas al rendimiento del acumulador.

N_B = Rendimiento de la batería

Q_M = Energía habitual de acumulación requerida $\left[\frac{Wh}{dia} \right]$

C_{DA} = Capacidad diaria de acumulación $\left[\frac{Ah}{dia} \right]$

C_{TB} = La capacidad de la batería [Ah]

N_B = Número de baterías

(Calvopiña Juan 2016)

9.5.4. Regulador de Carga

Son dispositivos electrónicos que controlan el proceso de carga de los acumuladores de los aerogeneradores, protegiendo las baterías, también pueden controlar la descarga si hay usuarios eléctricos de corriente continua. Su función principal es comprobar que no hay sobrecarga o sobre descarga, avisando con una alarma sonora o visual.(Mayorga Alex, 2015).

Para deducir el valor de la corriente del controlador I_R , para lo cual se solicita o se requiere la corriente de cortocircuito de cada hélice y el número de vueltas del rotor N mediante las siguientes ecuaciones:

$$I_R = I_{SC} * N [A] \quad (\text{ecuación 24})$$

$$I_R = 1,25 \left[\frac{P_N * N}{V} \right] \quad (\text{ecuación 25})$$

Donde:

I_{sc} = corriente de cortocircuito (Amperios)

V = voltaje nominal del sistema eólico (Voltios)

9.5.5. Inversor

El funcionamiento de los inversores consiste en transformar la tensión de entrada que sería corriente continua transformada en corriente alterna con una frecuencia en Hz y la extensión deseada por el usuario. Los inversores se manejan con una gran diversidad de dispositivos conectores, desde pequeñas o mínimas fuentes de energía, como un canuto, hasta aplicaciones industriales para el control de alta potencia. Los inversores igualmente se manejan para transformar la corriente continua CC creada por el mini aerogenerador que a la vez está conectado a las baterías para el respectivo almacenamiento en corriente alterna CA y de esta manera poder ser administrada al módulo con su respectivo consumo. (Calvopiña Juan, 2016)

La potencia nominal del inversor $P_{inversor}$ es igual a la potencia P_{TAC} de la carga instalada en AC más un 25%

$$P_{inversor} = 1,25 * P_{TAC} (Watt) \quad (\text{ecuación 26})$$

9.5.6. Dimensionamiento de los conductores

La longitud de los conductores entre los componentes del sistema debe realizarse lo más corta posible para minimizar las caídas de voltaje. Debe cumplir los valores de la tabla

Tabla 5. Caídas de tensión de los conductores entre componentes

COMPONENTES	% DE CAÍDA
Generador Controlador	< 3%
Baterías Controlador	<1%
Controlador Cargas	<5%

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2252/1/CD-2992.pdf>.

Para deducir el calibre del conductor, sea en mm² o AWG se esgrimirá la fórmula de caída de voltaje

$$\Delta V = R * L * I \quad (\text{ecuación 27})$$

Donde

ΔV = Caída de voltaje entre los extremos de los conductores

R = Resistencia del conductor en [Ω /m]

L = longitud entre componentes en [m]

I = corriente [A]

Se elige el calibre del conductor en pie a la corriente que anda por él.

$$I_{INVERTOR} = \left[\frac{P \text{ carga AC}}{V \text{ Bateria}} \right] \quad (\text{ecuacion 28})$$

$$I_{\text{carga AC}} = \left[\frac{P \text{ carga AC}}{V \text{ AC}} \right] \quad (\text{ecuacion 29})$$

Donde

P carga AC = potencia de carga AC (vatios)

V Bateria = voltaje nominal de la batería (voltios)

V AC = voltaje de la carga AC (voltios)

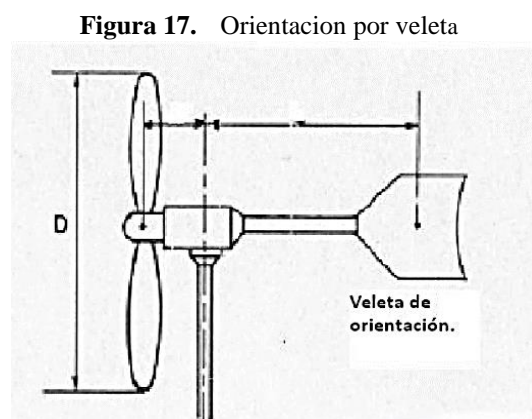
9.5.7. Sistema de orientación y control de frenado

9.5.7.1. Sistema de orientación

Uno de los principales problemas de los pequeños sistemas de conversión de energía eólica es la necesidad de orientarlos de forma que el viento incida en el rotor de forma perpendicular para obtener la máxima potencia al incidir sobre la mayor parte posible de la masa de aire en movimiento y así obtener la mayor energía cinética posible. Para ello, existen diferentes sistemas que permiten orientar la máquina, por ejemplo (Mayorga Alex, 2015).

- Una cola o paleta, que es un método muy eficaz, especialmente en máquinas pequeñas, como se muestra en la figura.
- Un sistema de revolución maniobrado por mecanismos complementarios de un servomotor vigilado electrónicamente.
- Un método de revolución completo a la conicidad entregada a las palas o hélices en su habilidad y acoplamiento en el balde del rotor.

Se puede observar en la figura 17:



9.5.8. Sistema de regulación y control

Los conectores de regulación e inspección de potencia manejados en los aerogeneradores se pueden catalogar en dos tipos: (Mayorga Alex, 2015).

9.5.8.1. Activos

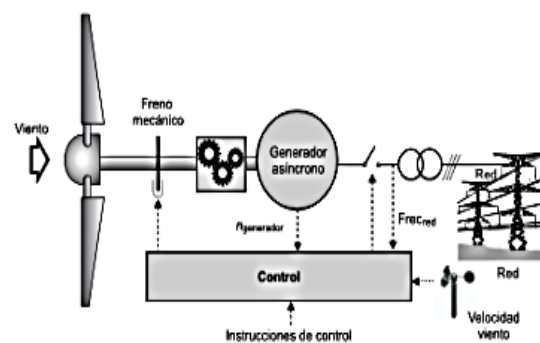
Proceden a actuar directamente con respecto a la variación del paso de las palas o hélices que deben ir girando y solicitan o requieren de dispositivos o mecanismos complementarios o auxiliares de mayor precio, por lo que se concuerdan o ajustan mejor a grandes aerogeneradores aerodinámicos. (Mayorga Alex, 2015).

9.5.8.2. Pasivos

Estos proceden actuar de manera evasiva o indirecta adquiriendo o sacando a la turbina afuera del frente de viento o flujo de corriente en sobre velocidades, manejando dispositivos o mecanismos diversos que se diferencian de entre ellos en su beneficio o rendimiento como costos, calidad de regulación y estabilidad; su manejo se adopta de mejor manera a pequeños aerogeneradores. (Mayorga Alex 2015).

A disposición que la ligereza del viento acrecienta el rotor gira más de prisa o mucho más rápido y la potencia que se ocasiona también crece; a una misma velocidad (nominal), el rotor o mecanismo gira a las revoluciones RPM precisas para que la máquina o dispositivo suministre su potencia nominal y a partir de este momento que gira el aerogenerador y no puede concordar a las fluctuaciones considerablemente breves sí así lo podemos observar en la figura 18 (Mayorga Alex,2015).

Figura 18. El esquema presenta el subsistema de control y regulación tiene la misión incrementar la captación de energía cinética del viento, mejorar la potencia eléctrica generada y garantizar un funcionamiento seguro de la máquina.



Fuente:(Guerrón Gonzalo 2014).

9.5.9. Sistema de soporte

9.5.9.1.Góndola

Consiste en la estructura o soporte de acero sobre el que se montan la mayoría de los diferentes subsistemas del aerogenerador y la carcasa de diseño aerodinámico que los protege de los agentes atmosféricos (Guerrón Gonzalo, 2014).

El armazón es el elemento fundamental del aerogenerador, situado en la parte superior de la torre, que contiene los componentes eléctricos y mecánicos, un anemómetro que es para medir el flujo del viento y una veleta conectados a los equipos de mando del aerogenerador, así como los ventiladores que es para asegurar el enfriamiento del motor, están fabricados en láminas Torre (Guerrón Gonzalo, 2014).

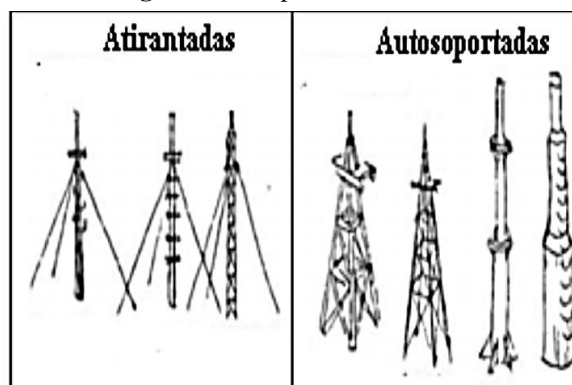
Es el elemento que se encarga de subir el rotor de la máquina al nivel del suelo. La altura mínima de la torre está supeditada al diámetro del rotor del subconjunto de succión y la altura máxima al costo y la dificultad de la implementación (Guerrón Gonzalo, 2014).

9.5.9.2. Tipos de torres

Hay varios modelos de torres para escoger, al menos para las turbinas eólicas de uso doméstico o pequeñas, y para las medianas y grandes, también pueden ser ajustadas a la altura óptima de la instalación (Orozco Juan 2013)

Las torres eólicas pequeñas vienen básicamente en dos estilos, acero trefilado e independientes. Los primeros son muy sencillos de fabricar e instalar, pero dependen en gran medida de que el tensor no se rompa por pérdida de resistencia del sistema y pueda causar daños estructurales, Las torres auto-soportadas son las más complicadas y costosas, pero la probabilidad de riesgo de caída es mínima. La figura 19 nos presenta varios ejemplos de torres atirantadas y auto-soportadas (Orozco Juan 2013).

Figura 19. Tipos de torres



Fuente: (Orozco Juan 2013).

9.5.9.3. Torres auto soportadas (freestanding)

Estas torres están diseñadas para soportar cualquier carga, pero a medida que aumenta el tamaño de la turbina, también aumenta el peso y el costo de la torre, al igual que la altura. Los componentes pueden volverse demasiado pesados, difíciles de mover y más caros. debe incorporar una cantidad significativa de hormigón y metal para contrarrestar las fuerzas ejercidas por el viento, lo que hace que la torre y la instalación sean rentables. Básicamente, existen dos estilos de torres independientes, monopolos (postes) y torres de celosía (Orozco Juan, 2013).

9.5.9.4.Torres atirantadas (guyed)

Las torres atirantadas son las torres más elegidas para aerogeneradores pequeños. Ofrecen buena seguridad contra el estrés, costo, facilidad de instalación y apariencia. Desafortunadamente, ocupan más espacio que las torres independientes y sufren daños significativos cuando falla el cable y la torre pierde la plomada (Orozco Juan, 2013).

Las torres con tirantes constan de un mástil, tirantes y anclajes. El propio fuste está hecho de acero enrejado, tubo pesado o tubo de diámetro fino. (Orozco Juan, 2013).

9.5.9.5.Consideraciones para la selección de un soporte

A veces las condiciones del lugar o del lugar limitan la elección de una torre, por ejemplo, en un espacio reducido puede no ser posible instalar una torre atirantada y, por lo tanto, la elección se limitará a las torres independientes, la opción definitiva se debe establecer por una evaluación de la importancia del coste, la estética y la posibilidad de la instalación (Orozco Juan, 2013).

También se debe considerar el peso de la persona que sube a la torre para dar servicio a la turbina, a menos que la torre sea inclinable, junto con otras consideraciones. Para turbinas medianas las torres están diseñadas específicamente para esa turbina, mientras que para turbinas con más de 2 m² de área de barrido estas deben ser incluidas en el diseño de acuerdo con IEC 614002 (Orozco Juan, 2013).

9.5.9.6.Altura

A medida que la industria eólica ha ido madurando, y también los usuarios, se ha vuelto importante seleccionar la altura adecuada. En los años 70, era aceptable la instalación de cualquier aerogenerador. Las torres de las turbinas utilizadas en las Grandes Llanuras en los años 30 nunca fueron muy altas. Los terrenos planos y abiertos no requerían más de 60 pies (Orozco Juan, 2013).

9.5.9.7.Resistencia al Pandeo

Junto a la altura, otro criterio muy importante para la elección de las torres es la capacidad de soportar las fuerzas que actúan con vientos fuertes. Las torres se clasifican por las fuerzas de empuje que pueden soportar para no deformarse, en los Estados Unidos, los fabricantes están calificados para diseñar sistemas que resistan vientos de 54 m/s (120 mph), sistemas de control como cambiar el paso de las palas o frenar el rotor en un caso dado (Orozco Juan, 2013).

Para turbinas pequeñas en torres altas, la magnitud de los vientos fuertes aumenta considerablemente las cargas de empuje que debe soportar la torre. Todas las torres se doblan

y balancean con el viento, incluso las torres monopólicas independientes que soportan grandes turbinas. fuertes, las oscilaciones en la parte superior de una torre alta pueden ser de tal magnitud que dan la impresión de un barco moviéndose de lado a lado (Orozco Juan, 2013).

9.5.9.8.Espacio

Las torres arriostradas ocupan más espacio que las torres independientes. Normalmente esto no es un problema cuando existe una restricción en este sentido, las torres arriostradas se pueden adaptar en espacios pequeños tensando la torre a una distancia menor que la definida por los parámetros de instalación, para eso es necesario contactar al fabricante para definir cuantos niveles de tensores serán necesarios, para mantener la seguridad con el pequeño radio de acción, si por el contrario se respetan los límites de tensión del eje forzado, es necesario utilizar una torre autoportante (Orozco Juan, 2013).

Las localizaciones con mucho tráfico, tanto vehicular como peatonal, pueden ser una desventaja a la hora de elegir una torre atirantada. Muchas torres atirantadas han sido derribadas por los conductores de tractores en los ranchos. En algunos casos, se producen desplazamientos no esperados. Para evitar esta tragedia, los cables deben colocarse fuera de las zonas de trabajo, así como señalizados o marcados para que puedan ser observados (Orozco Juan 2013).

9.5.9.9. Facilidad de instalación

Las torres deben ser fáciles de instalar. Busque una torre económica que pueda hacer el trabajo que desea, pero si la instalación requiere demasiado esfuerzo, puede aumentar significativamente el costo. Si las secciones de la torre son demasiado largas y requieren una grúa u otro equipo para maniobrarlas, necesitará personal capacitado con el equipo. Paga menos por el envío y la manipulación cuando las secciones se pueden mover con facilidad (Orozco Juan, 2013).

Al considerar cuál de las pequeñas torres eólicas instalar, está viendo qué turbina se montará en la parte superior de la torre. El adaptador de la torre, a veces denominado ramal de la torre, debe instalarse entre la torre y la turbina. Debe instalarse entre la torre y la turbina. considere cómo asegurarse de que la torre esté a plomo cuando se instale, es decir, la torre esté completamente vertical; si esto no sucede, la turbina no funcionará libremente y puede causar concentraciones de tensión en la base del soporte (Orozco Juan, 2013).

9.5.9.10. Soportes Utilizados en Pequeños Aerogeneradores Comerciales

Como se ha comentado por el autor en los anteriores capítulos, hay una amplia gama de apoyos empleados para los mini aerogeneradores, con sus respectivas ventajas e inconvenientes, que

deben ser tenidos en cuenta a la hora de elegir el tipo de torre para un mini aerogenerador, información a través de catálogos y folletos. fabricantes, sobre los componentes de los pequeños aerogeneradores comerciales de menos de 2 kW, obteniendo los siguientes datos para 110 modelos de 61 fabricantes, entre ellos (Orozco Juan ,2013).

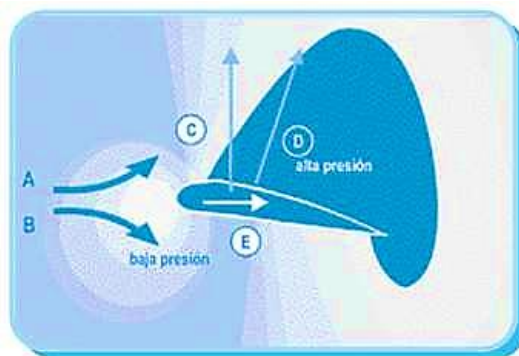
9.5.10. Cimentación

La cimentación de hormigón armado cuyo tamaño depende de las características del suelo, del tamaño del aerogenerador y de las condiciones mecánicas producidas por el régimen de viento de la zona de instalación (Guerrón Gonzalo, 2014).

9.6. FUERZAS SOBRE LAS PALAS

El funcionamiento de las palas o hélices de un aerogenerador puede asemejarse al de las alas o hélices de un avión. Esta ala funciona como un objeto que resiste el flujo de aire que la atraviesa, lo que provoca un cambio de velocidad y presión. El hecho de que el diseño del ala tenga una forma tal que la zona inferior del ala sea menor que la superior permite que la diferencia de presión resultante haga que el objeto se eleve. El efecto hace que se generen dos tipos de fuerzas: una fuerza de arrastre en la misma dirección que la del movimiento eólico y una fuerza de sustentación en sentido perpendicular a la del viento, permitiendo la formación de una componente resultante de la suma vectorial de las fuerzas anteriores, como se ve en la figura. 20 (Montalvo Iván 2011).

Figura 20. Fuerzas actuantes sobre el ala Sustentación (A), Resistencia (E), Resultante (D)



Fuente: (Montalvo Iván 2011).

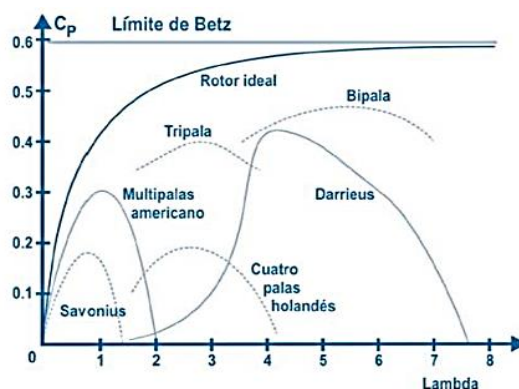
El principio que produce el movimiento de rotación de un aerogenerador se basa en la fuerza de sustentación que existe en el rotor, dicha fuerza está dirigida vectorialmente hacia arriba, y dado que las palas están conectadas mecánicamente al rotor, la fuerza de sustentación aplicada a las palas del aspas, luego el rotor hace que las aspas se muevan y el rotor gire (Montalvo Iván 2011).

9.6.1. Potencia del aerogenerador

Como se ha comentado anteriormente, la potencia del aerogenerador depende de la potencia útil del viento, de ahí un coeficiente de potencia C_p cuyo valor ideal, para un aprovechamiento óptimo del aerogenerador, debe estar próximo a 0,59. Pero para obtener este valor óptimo de C_p y comparar el aprovechamiento del viento por diferentes aerogeneradores, se necesita otro coeficiente denominado "relación de velocidad punta (λ)" que se obtiene de la relación entre la velocidad tangencial y la punta del aerogenerador y la velocidad del viento incidente descardamente.(Montalvo Iván, 2011).

La figura 21 muestra la curva de eficiencia de los diferentes tipos de aerogeneradores, frente a la curva idónea en relación a los valores correspondientes del coeficiente de potencia C_p y la relación entre la velocidad punta λ (Montalvo Iván, 2011).

Figura 21. Coeficientes de potencia en función de la velocidad Relativa de punta para varios aerogeneradores.



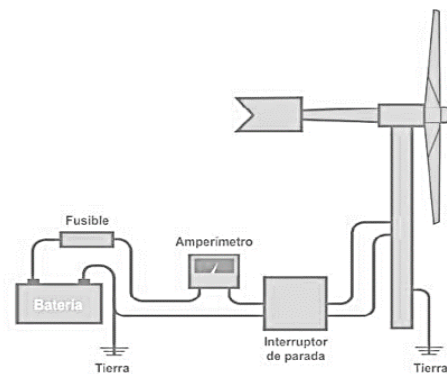
Fuente: (Montalvo Iván 2011).

9.6.2. Sistema eólico residencial con carga de baterías

Como puede verse, la turbina eólica requiere una mínima potencia de aire de incidencia que produzca el par motor de inicio en el rotor (engranado) y así iniciar el proceso de generación de electricidad, una vez iniciado el proceso, y como puede verse en la fórmula de la energía eólica, la potencia de la turbina eólica comienza a crecer en proporción directa a la velocidad cúbica del viento incidente, hasta que esta potencia se estabiliza en su valor nominal; es decir, el valor nominal de la potencia del generador (Montalvo Iván, 2011).

Cuando existe un exceso de producción de energía por aumento de la velocidad del viento respecto a la velocidad nominal que soporta el sistema, es posible adaptar un regulador de carga para proteger el sistema; Además, también está muy extendido el uso de fusibles como protección. A continuación se muestra un esquema sencillo de un sistema de aerogenerador, como se puede observar en la Figura 22 (Montalvo Iván, 2011).

Figura 22. Sistema eólico residencial con carga



Fuente: (Montalvo Iván 2011).

9.7. BANCOS DE PRUEBAS DE AEROGENERADORES

9.7.1. Banco de pruebas a grandes escalas

En España existe un Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), que cuenta con el laboratorio más tecnológico del mundo para el ensayo de aerogeneradores, el Laboratorio de Ensayos de Aerogeneradores (LEA), que ensaya desde componentes de aerogeneradores hasta aerogeneradores completos. LEA ocupa una superficie de 30.000 metros cuadrados en Sangüesa, España en este laboratorio es posible realizar ensayos en aerogeneradores hasta una longitud nominal de 100 metros, estos ensayos están regulados por normas internacionales (Clavería Gabriel, 2016)

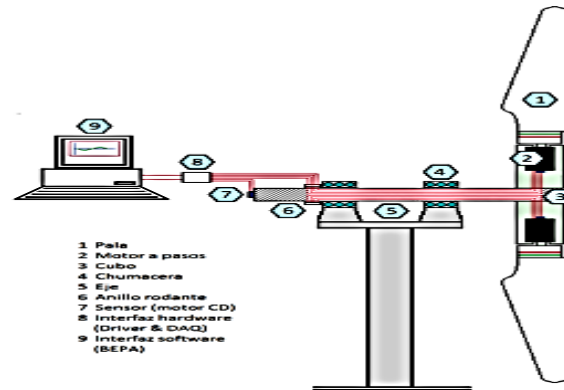
9.7.2. Banco de pruebas a bajas escalas

Los bancos de pruebas a pequeña escala se utilizan para analizar temas de investigación y demostrar la producción de electricidad con un aerogenerador. Se utilizan, generalmente turbinas eólicas de poca potencia, así como túneles eólicos, y ventiladores y elementos eléctricos. La empresa DIKOIN, un banco de ensayos para aerogeneradores y turbinas eólicas de pequeña potencia de un diámetro de 600 mm como máximo, utiliza un sistema de software que proporciona, entre otras cosas, curvas características de la velocidad del viento (Clavería Gabriel, 2016).

El subconjunto mecánico consta de un eje (a baja velocidad) soportado en la base por dos cojinetes tipo pivote, el buje va ensamblado al eje, al cual se fija el grupo de tres palas, como un aerogenerador, este banco puede clasificarse como microturbina, por lo que en este proyecto no se considera la existencia de un multiplicador. En lo que corresponde al subsistema de control de supervisión, los mecanismos de paso de pala, los actuadores eléctricos (motores paso

a paso con resolución de), sensores ópticos para el posicionamiento inicial de motores paso a paso, sensores para medir la velocidad del rotor y del viento. (Hernández Miguel 2021).

Figura 23. Componentes del banco experimental de pruebas



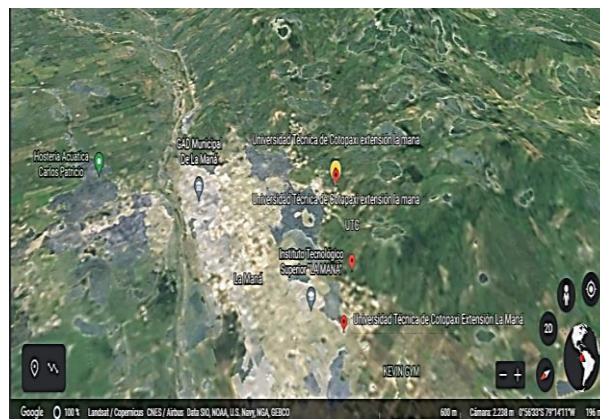
Fuente: (Hernández Miguel 2021).

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Localización

Mediante la aplicación Google Earth se pudo obtener la localización exacta en donde se va a implementar la propuesta tecnológica lo cual nos lanzó los siguientes parámetros: 196 metros sobre el nivel del mar las coordenadas son: 0°56'33"S 79°14'11"W. Estas coordenadas corresponden a una ubicación en el cantón la Maná, Provincia de Cotopaxi.

Figura 24. Localización a implementar



Fuente : (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

10.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación de campo. - Con el fin de realizar el estudio, mediante la toma de datos, para la implementación del sistema de generación eólica pequeña para las respectivas pruebas en el módulo de la "UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ"

Aplicada. – Aportando soluciones factibles para el problema planteado

Documental. – Para la elaboración de este trabajo de investigación será necesario el uso de la información, el criterio de los diversos autores, la recopilación de artículos, libros, folletos, referencias de personal técnico calificado, el Internet, serán necesarios para sustentar esta investigación.

10.1.1. Investigación

La observación. - Con esta técnica observamos que al implementar una mini central eólica, fortaleceremos el conocimiento de las energías renovables a los estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica al obtener un equipo totalmente eficiente.

Medición: La investigación se realizará con instrumentos de medición meteorológicos para su desarrollo, esto nos permitirá tener un diagnóstico real para saber por dónde iniciar el proceso de análisis e implementación, para así partir de una serie de valores que nos indiquen velocidad y dirección. Estos valores nos ayudarán a dimensionar el sistema como parte del proceso de implementación del proyecto.

Hipótesis del proyecto

El estudio del potencial eólico para la implantación de un sistema de mini aerogeneración de eje horizontal de baja velocidad de viento en la "UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ" permite generar energía eléctrica para alimentar el módulo didáctico que presenta los resultados y mediciones del aerogenerador.

10.1.2. PREGUNTA CIENTÍFICA.

¿La implementación de un sistema de generación eléctrica, mediante el uso de energías alternativas (eólica), permitirá la generación de energía eléctrica para hacer las respectivas pruebas en el módulo?

11. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

En este capítulo se exteriorizará todos los resultados obtenidos de los componentes, herramientas y software a utilizar en el sistema de generación de energía eólica (aerogenerador), el cual tendrá en cuenta los parámetros y puntos críticos en este caso si es necesario en el diseño de la torre, y para la ejecución de cálculos relacionados que estén realmente correlacionados con los datos obtenidos, mientras que los resultados serán de gran utilidad para poder determinar los elementos o partes del sistema de generación eólica con el fin de obtener

resultados correctos y precisos. gracias a un banco que asegura que su funcionamiento de forma segura contribuye a la ejecución de la propuesta tecnológica.

11.1. Determinacion de los recursos eólicos locales

Para la elaboración de la medición del viento se investigó que puede ser más didáctico, eficiente y fácil de utilizar como es el Excel, es un programa de libre acceso totalmente gratuito lo cual nos permite representar la rosa de los vientos.

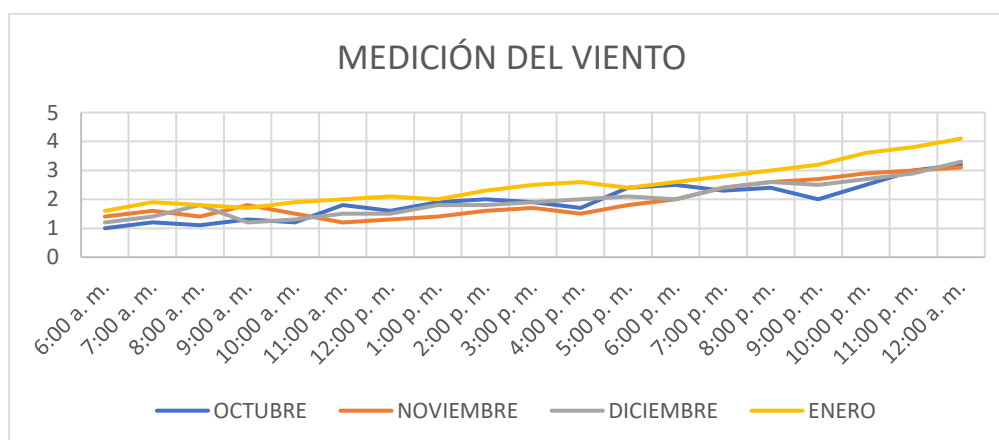
Primeramente, antes de empezar con el análisis gráfico, se debe tomar en cuenta el número total de horas en lo que se ha tomado una muestra y el porcentaje de los vientos suaves.

En la siguiente figura 25 se utiliza para observar la distribución de la velocidad del viento y la dirección en el lugar en el que se realiza la medición y ahí podemos responder las preguntas que siempre nos hacemos de donde viene el viento y con que intensidad.

En resumen, el gráfico de la figura 25 nos permite conocer cuál es la dirección dominante desde el punto que sopla el viento con cual quiera de las magnitudes posibles y con qué repetición a ocurrido.

Mediante una muestra y pruebas de viento con un medidor de flujo como el anemómetro, se ejecutó durante 4 meses desde el mes de octubre 25, noviembre, diciembre hasta enero 31 calculando cada hora desde las 6am hasta las 12am con 18h diarias por 99 días con un total de 1881 las cuales en el mes de noviembre se registró mayor flujo de viento en la zona, en la Universidad Técnica de Cotopaxi lo cual nos dieron las especificaciones ideales para el diseño de nuestro aerogenerador.

Figura 25. Dirección dominante del viento



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

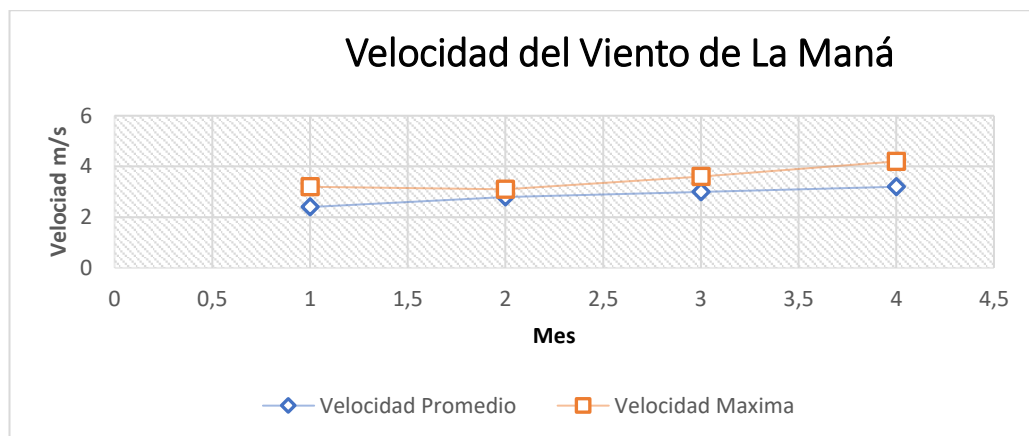
11.1.1. Medición de la velocidad del viento

Mediante una investigación de campo, por el método de observación realizados por un periodo de 4 meses en el lugar de implementación se pudo obtener la medición del flujo del viento la misma que se realizó con un anemómetro digital de marca HoldPeak, lo cual a continuación se presenta un gráfico de barras donde podemos ver los valores de velocidad máxima y mínima dados en m/s correspondientes a los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero.

11.2. DISEÑO DEL MINI AEROGENERADOR

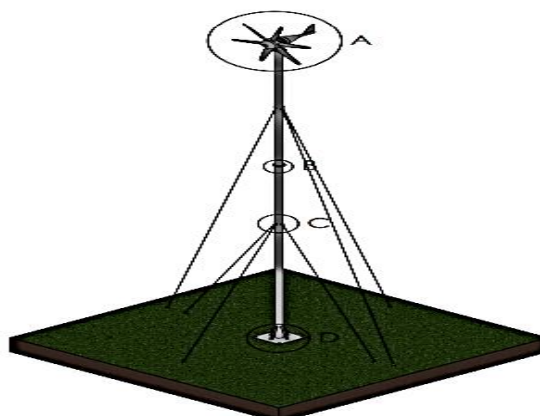
El diseño y ensamblaje de nuestro mini sistema de generación eólica se realizó mediante en el software CAD denominado SolidWorks como podemos observar en la figura 26:

Figura 26. Velocidades del viento



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Figura 27. Diseño del mini aerogenerador



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.3. DIMENSIONAMIENTO DEL MINI AEROGENERADOR

El diseño del mini sistema de generación eólica según las especificaciones del fabricante tenemos la siguiente tabla 6 de los valores obtenidos mediante el cálculo de los parámetros

generales del viento ya que son importantes para dimensionamiento de los componentes del mini aerogenerador.

Ley exponencial de Hellmann

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{h}{h_0}\right)^\alpha$$

$$\frac{v}{5.5} = \left(\frac{10}{2}\right)^{0.2}$$

$$v = 7.59m/s$$

Área de barrido del rotor

$$A = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

$$A = \pi \times \frac{4^2}{4}$$

$$A = 12.56cm$$

$$A = 1.25m^2$$

Potencia útil

$$P_{util\ max} = \frac{8\rho Av^3}{27}$$

$$P_{util\ max} = \frac{8(1.2259)(1.25m^2)(7.59)^3}{27}$$

$$P_{util\ max} = 5360.2W$$

Tabla 6. Cálculos Generales del Viento

Ley exponencial de Hellmann	$v = 7.59m/s$
Área de barrido del rotor	$A = 1.25m^2$
Potencia útil	Potencia útil max = 5360.2W

Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.4. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MINI AEROGENERADOR

11.4.1. Hélices

Según el fabricante de nuestro mini sistema de generación eólica el diseño de las hélices se establece sólo hay un modelo basado para los diferentes aerogeneradores comerciales

establecidos bajo la norma ISO 9001 que es referente a las normas de calidad que debe tener cada empresa para la fabricación de sus equipos.

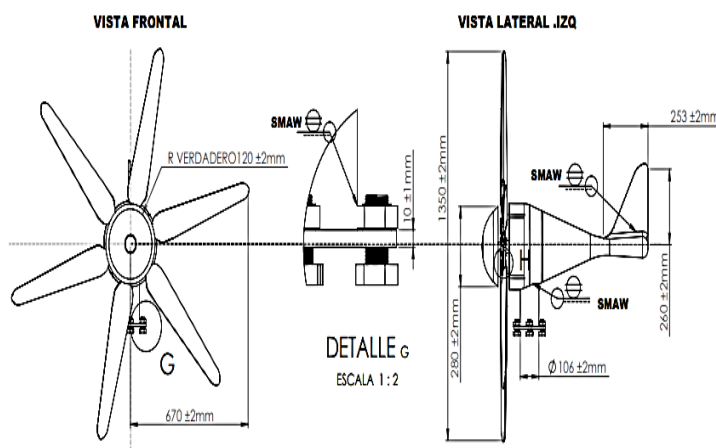
Según la marca SMARAAD de manera general posee los siguientes datos de fabricación:

El generador de la turbina eólica es de 6 hojas de energía libre de 800W y 12V de alta eficiencia ya sea esta para una granja o como en este caso para un banco de pruebas controlada libre de energía de 6 cuchillas tienen un generador de turbina eólica.

Este mini sistema de generación eólica dispone de una potencia de 800W, estos mini sistemas de generación eólica son pequeños y fáciles de instalar lo cual son recomendables por su alta eficiencia.

11.4.1.1. Dimensiones del aerogenerador de 800W

Figura 28. Dimensiones del aerogenerador de 800W



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.4.1.2. Características técnicas del mini aerogenerador

A continuación, se muestra la ficha técnica del mini aerogenerador seleccionado para la implementación y que sirva como un banco de pruebas para los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná.

Lo cual indica los datos generales para su ensamblaje implementación.

Tabla 7. Características técnicas del mini aerogenerador

Marca	SMARAAD
Tipo	Generador Eólico
Aplicación	Producción Eléctrica
Potencia Nominal	800W

Potencia Máxima	850W
Longitud de la hoja	580mm
Voltaje nominal	12-24V
Velocidad del viento inicial	1.3 m/s
Velocidad del viento nominal	13m/s
Color de la superficie	Blanco
Numero de aspas	6
Material de las hélices	Fibra de Nailon Reforzada
Tipo de Generador	Generador Sincrónico AC de imán permanente trifásico
Material magnético	NdFeB
Caja del Generador	Fundación de aleación de aluminio
Régimen de Control	Electromagnético
Protección contra exceso de velocidad	Freno electromagnético
Temperatura de encargo	-40+-80°C
Protección de sobrecarga	Freno electromagnético y la unidad de descarga
Material de la Carcaza	Nailon de aluminio
Lubricación	Grasa lubricante
Vida de diseño	20 años

Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Mediante el análisis de nuestro proyecto utilizamos el método experimental lo cual realizamos ensayos con diferentes tipos de hélices de fabricación casera y de material reciclado que nos ofrecía el medio y así poder establecer una adecuada longitud para el diseño de las hélices del mini aerogenerador, iniciando con una longitud de 25cm obtenido como resultado una velocidad o flujo del viento de 7 a 8 m/s para inicial la rotación, después se aumentó la longitud a más de la mitad de la hélice llegando a 58cm así obteniendo como resultado final una velocidad del viento máxima de 2.5m/s para iniciar la rotación de las 6 hélices, por lo que se

llegó a la conclusión que la longitud de las hélices deben ser de 58cm es la adecuada para iniciar la generación eléctrica de nuestro mini aerogenerador que servirá como un banco de pruebas para que realicen prácticas de funcionamiento los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad técnica de Cotopaxi extensión La Maná.

Según el fabricante para el diseño de las hélices se utilizó el material fibra de nailon reforzada este material puede soportar altas temperaturas como bajas temperaturas como podemos observar en la tabla 7 lo cual para las altas temperaturas que presenta en el cantón La Mana es idónea para su correcto funcionamiento lo cual tiene 20 años de vida.

11.4.1.3. Números de hélices

Para determinar el número de Hélices para el adecuado funcionamiento del mini aerogenerador, ya que es importante aprovechar el viento un porcentaje máximo.

El número de las elipses se basa en la velocidad específica por lo que realizando el respectivo calculo tenemos lo siguiente:

Velocidad angular:

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$\omega = \frac{7.59m/s}{0.69m}$$

$$\omega = 11 \frac{rad}{s} \text{ condiciones de trabajo}$$

$$\omega = \frac{10 m/s}{0.69m}$$

$$\omega = 14.49 \frac{rad}{s} \text{ condiciones maximas}$$

Velocidad específica:

$$\lambda = \frac{\omega \times r}{v}$$

$$\lambda = \frac{14.49 \times 0.69}{10}$$

$$\lambda = 1.957$$

Numero de hélices

$$n = \frac{4\pi}{\lambda}$$

$$n = \frac{4\pi}{1.957}$$

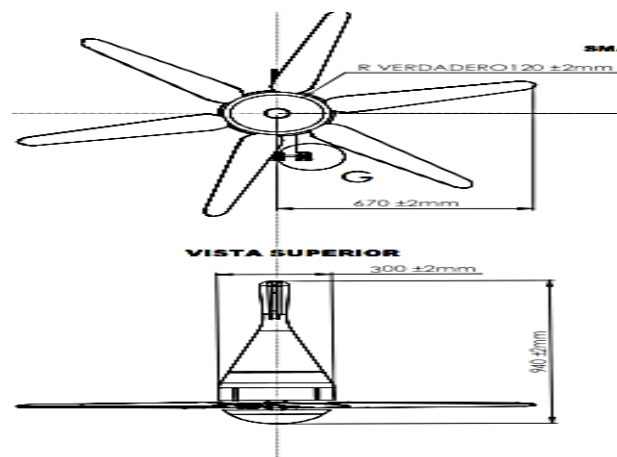
$$n = 6.3$$

Figura 29. Diseño de la hélice



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Figura 30. Diseño de las hélices



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.4.1.4. Características del mini aerogenerador

Según la línea del fabricante del mini sistema de generación eólica son las siguientes:

- A través de monitoreo de alta potencia, control de microprocesador inteligente, regulación eficiente de corriente y voltaje.
- El comienzo del viento es de baja velocidad, es de alta potencia eólica, tamaño pequeño, apariencia hermosa, vibración de funcionamiento pequeña.

- La puesta a punto de diseño sencillo, la instalación conveniente de los equipos, el mantenimiento y la reparación.
- La cubierta está fabricada de una aleación de aluminio fundido a presión con doble cojinete de apoyo, la habilidad anti-tifón que es más fuerte, la operación es segura y fiable.
- Las hélices de la rueda eólica están fabricadas en fibra de nylon, con un diseño estructural y aerodinámico optimizado y un alto factor de utilización de la energía eólica, lo que se traduce en una mayor generación de energía anual.
- El generador utiliza un alternador de rodamientos magnéticos con un diseño patentado.
- Resulta ideal para el sector del turismo y es famoso por la carga de baterías para embarcaciones, cenadores y cabañas. Ensamblaje del mini sistema de generación eólica

11.5. ENSAMBLAJE DEL MIMI SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA

11.5.1. Requisitos de ensamblaje

- Antes del montaje del generador eólico o en el proceso de mantenimiento, por favor sea asegúrese de leer primero el manual del usuario
- Por favor, no instale las turbinas de viento en días lluviosos o cuando la escala de viento esté en el nivel 3 o superior.
- Después de abrir el paquete, se recomienda cortocircuitar los tres cables del viento turbinas (las partes de cobre expuestas deben atornillarse).
- Antes de la instalación de la turbina eólica, se debe preparar la conexión a tierra de rayos. Usted puede organizar las instalaciones de acuerdo con las normas nacionales, o puede organizarlas de acuerdo con el entorno local y las condiciones del suelo.
- Al ensamblar el aerogenerador, todas las piezas deben sujetarse con sujetadores.
- Antes de la conexión entre la brida de la turbina eólica y la brida de la torre, por favor conecte los tres cables de la turbina eólica a los tres cables de la torre en consecuencia. Al usar el método de bisagra, cada par de cables debe tener una longitud no inferior a 30 mm y se envuelve con cinta de tela de acetato para tres capas, luego se envuelve con vidrio hilado tubo de pintura. Con este método, conecte los tres pares de cables (atención: la unión de los cables no puede soportar el peso de los cables de la torre directamente, por lo que los cables 100 mm hacia abajo desde la junta debe envolverse con cinta adhesiva y luego rellenarse en la tubería de acero. Después eso, la brida de la turbina eólica y la brida de la torre se pueden conectar.

- Antes de levantar las turbinas eólicas, el extremo (que debe conectarse con el controlador) del cable de la torre debe cortarse la capa aislante durante aproximadamente 10 mm. A continuación, atornille el tres cables expuestos (cortocircuito) juntos.
- Durante la instalación, está prohibido girar las palas del rotor aproximadamente (los extremos de cables de turbinas eólicas o los cables de torres están cortocircuitados en este momento), Solo que después de instalación y el examen ha terminado y la seguridad del equipo de montaje está garantizado, se permite desmontar cables cortocircuitados y luego conectarse con controlador y batería antes de correr.

11.5.2. Descripción del mini aerogenerador a ensamblar

- La baja velocidad de arranque; alta utilización de energía eólica; aspecto hermoso; baja vibración.
- Diseño de tamaño humano, facilidad de instalación, mantenimiento y reparación.
- Hélices moldeadas por inyección precisas junto con un perfil aerodinámico y un diseño estructural optimizados, las palas tienen las siguientes ventajas: Alto aprovechamiento de la energía eólica que contribuye a la producción anual de energía.
- Los generadores, que adoptan un alternador de rotor de imanes permanentes patentado, con una especie de diseño de estator, reducen efectivamente el par de arrastre, mientras hacen que las turbinas eólicas coincidan bastante bien con los generadores y aumenten la confiabilidad.

11.5.3. Descripción de Anclajes, lazos y cables de sujeción

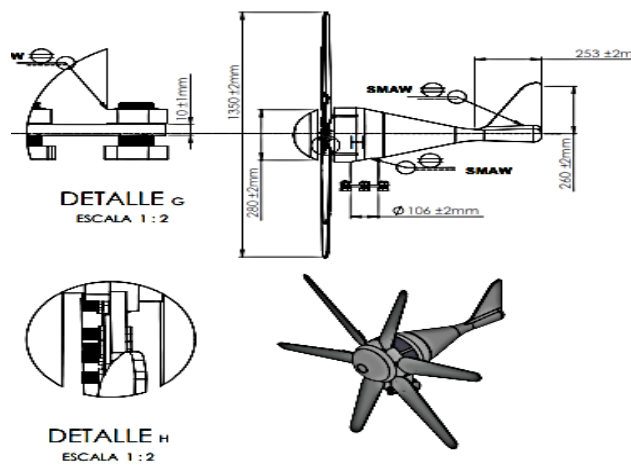
- se sugiere que su base de brida se instale en una torre de tipo barril de hierro cuyo diámetro exterior sea 48 mm y el grosor es de 4,5 mm.
- Se sugiere elegir la longitud de la tubería de hierro en función de las escalas de viento locales y geográficas ambiente.
- La fabricación y el tamaño de la torre superior se muestran en la figura 2. Su requisito: sólido soldadura; sin fugas en la zona de soldadura; el terminal de tierra debe soldarse a 20 cm de distancia del suelo (claramente visible). Se conectará al dispositivo de conexión a tierra de rayos.
- Consulte el estándar nacional, el estándar europeo o el estándar americano de este manual para organizar el dispositivo de conexión a tierra.

- La torre y sus accesorios se pueden proporcionar individualmente de acuerdo con sus requisitos

11.5.3.1. Requisitos técnicos

- Pernos tipo L para cuatro hilos de alambre galvanizado; los tornillos deben ser 60 más altos de la superficie de tierra mezclada.
- El motor C25 se puede utilizar para tierra mixta.
- Las piezas metálicas deben estar bajo tratamiento de anticorrosión y a prueba de herrumbre figura 31 Fabricación de anclajes de tierra (3 juegos).

Figura 31. Descripción de anclajes, lazos y cables de sujeción



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

A continuación, presentaremos una tabla de todos los materiales a utilizar para el respectivo ensamblaje e implantación tomando en cuenta todos los parámetros antes indicados en el manual del fabricante del mini aerogenerador:

Tabla 8. Requisitos técnicos del mini aerogenerador

Serie	Elemento	Cantidad	Observación
1	Generador de viento	1	
2	Centro	1	
3	Carenado	1	
4	Hélices	3/5/6	Opcional

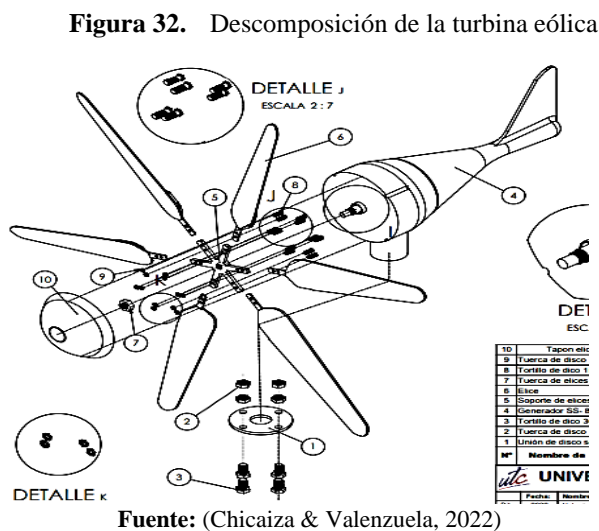
5	Contratuera en el eje (M16)	1	
6	Perno para las hélices (M6*40)	6/10/12	Opcional
7	Tuerca de fijación para la hélice (M6)	6/10/12	Opcional
8	Perno de la brida (M12*55)	4	
9	Perno de la brida	4	
10	Arandelas planas	8	
11	Arandelas elásticas	4	
12	Brida	1	Opcional
13	Perno de la hélice (M6*40)	1	Opcional
14	Tuerca de fijación para la hélice (M6)	2	Opcional
15	Llave en L	1	Opcional
16	Llave hexagonal	1	Opcional
17	Controlador	1	
18	Inversor	1	
19	Baterías	1	
20	Torre	1	

Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Mediante el método de investigación, análisis y práctico llegamos al objetivo deseado de poder ensamblar el mini sistema de generación eólica o aerogenerador tomando en cuenta la NORMA ISO 9001 de la calidad, tomando en cuenta todos los lineamientos que el fabricante nos a pudo mediante un manual de ensamblaje y así respetando todas las características técnicas del mismo lo cual a continuación presentamos en la figura 32 la descomposición de la turbina eólica

La descomposición de la turbina eólica:

marco del cuerpo, base de brida, soporte de acero (torre), eje, hub, hoja, tuerca anti-holgura, carenado, perno, lavadora plana, arandela elástica, tuerca; tornillo de acero inoxidable, anti-holgura.



11.5.4. Conexión de las líneas de transmisión con los colectores de corriente

Según la línea del fabricante para una correcta conexión de las líneas de transmisión con los colectores de corriente son los siguientes:

- Evite los días de lluvia intensa para la primera puesta en servicio. Debe darse prioridad a los días con brisa suave o viento fuerte (velocidad del viento: 5~13m/s).
- Conecte correctamente el polo positivo y negativo de la batería al polo positivo y negativo inversor de control de poste (inversor de control especialmente para híbrido solar eólico) (el terminal solar es para uso de repuesto).
- El circuito de carga conectado a la toma en la parte posterior del inversor de control a través de fusibles, interruptores, enchufes.
- Conecte las tres líneas de transmisión de corriente de la turbina eólica a los tres terminales en la parte posterior del inversor de control. consulte los manuales del inversor de control para obtener información detallada instrucción.

- Selección de batería generalmente se prefiere batería de plomo-ácido, 100w -. Turbina eólica de 300W Batería de 100AH-200AH opcional, generador de viento de 300W-600W, batería de 200 ~ 400AH opcional, los límites superior e inferior de la tensión de carga controlados por el inversor. Viento turbina con carga flotante a batería, la corriente flotante se ve afectada por la batería condición.
- El controlador debe colocarse en un lugar seco y bien ventilado, a prueba de humedad y polvo, la carcasa del inversor debe mantenerse conectada a tierra y a más de 1,5 metros de distancia de las baterías para evitar la contaminación por gases ácidos.
- la batería debe colocarse en un lugar seco y ventilado, fresco en verano, cálido en invierno, en tal ambiente, la batería se puede mantener mejor

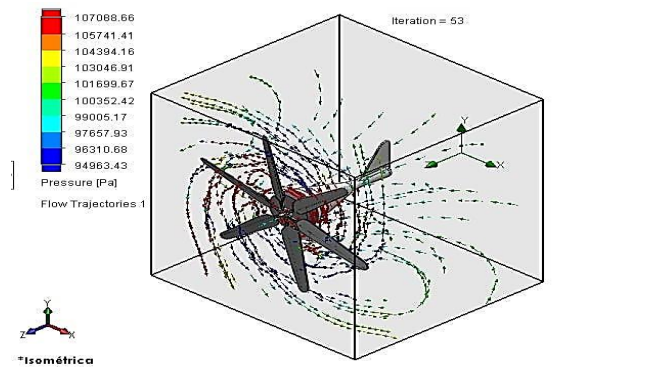
Una vez tomando en cuenta todos los parámetros correctos bajo el manual del fabricante para el correcto ensamblaje del mini sistema de generación eólica lo cual va a ser implantado en el bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, como así también la correcta conexión de las líneas de transmisión con los colectores de corriente.

11.6. ANÁLISIS DEL FLUJO DEL VIENTO SOBRE LAS HÉLICES

En la figura 33 se puede observar el flujo del viento sobre las hélices del mini aerogenerador, lo cual nos permite visualizar el desplazamiento de la velocidad del viento en cada una de las hélices en total las 6, provocando así un rompimiento de la inercia y consecutivamente la transformación de la energía cinética en energía mecánica a la vez se puede observar que el viento una vez que realiza el trabajo de generar el movimiento a las hélices tiende a salir del área del barrido por todos lados así formando un mínimo remolino entre sí para luego desplazarse nuevamente al ambiente, mientras que ese porcentaje mínimo que no ingreso al área de giro continuo su camino de manera normal.

Se puede observar de mejor manera el comportamiento del viento puramente sobre el área del giro de las hélices, la dirección adecuada para generar el movimiento entre las 6 aspas o hélices y consiguiente a ello su dirección de evaluación hacia el ambiente.

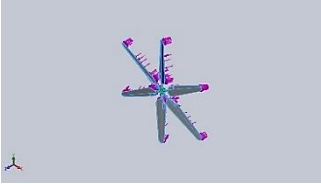
Figura 33. Análisis del flujo del viento sobre las hélices



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

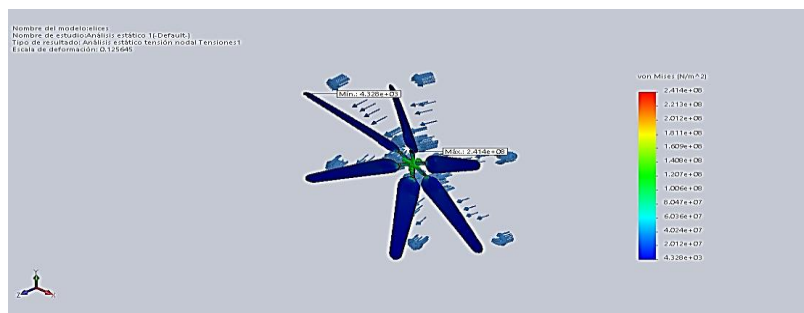
A continuación, presentamos la presente tabla de las propiedades volumétricas estáticas de las hélices referente a la velocidad del viento del mini sistema de generación eólica lo cual por normas del fabricante gira 360° lo cual permite aprovechar al máximo el flujo del viento es una de las ventajas que posee nuestro mini sistema.

Tabla 9. Propiedades estáticas volumétricas de las hélices

Nombre del documento o referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
	Solido	<p>Masa:2.07283 kg</p> <p>Volumen:0.00193723 m³</p> <p>Densidad:1070 kg/m³</p> <p>Peso:20.3137 N</p>

Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Figura 34. Análisis Estático- Tensiones



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Tabla 10. Análisis Estático- Tensiones

Nombre	Tipo	Mínimo	Máximo
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	4.328e+03 N/m ² Nodo: 9549	2.414e+08 N/m ² Nodo: 7258

Fuente: Realizado por los autores

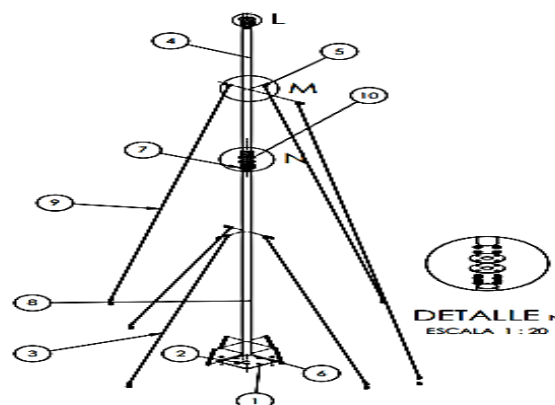
11.7. TORRE

La torre del mini sistema de generación eólica está construida con los siguientes materiales los cuales utilizaremos en el estudio es un acero de ingeniería AISI 347 debido a que este material es de fácil adquisición y a la vez es un acero muy económico siendo un metal que se utiliza con mayor frecuencia para la construcción de elementos de máquinas.

Para evitar que se produzca vibraciones sobre la base y en si en la torre ya que esta pueda tenderse a inclinarse hacia los costados se aseguró con 6 tensores los cuales tan divididos en 2 tramos ya que la estructura está elaborada de dos partes unidas a 2 bridas, lo cual los 6 tensores se elaboraron bajo las normas ASTM A-475, INEN 2599 lo cual esta norma trabaja para hilos de aceros galvanizados esta permite que sea resistente a cualquier soporte como en nuestro caso para la estructura de la base de la torre del mini aerogenerador.

Los cuales van sujetados a con mordazas del mismo materias de acero de ingeniería AISI 347, teniendo como resultado final una altura idónea de la torre para el aprovechamiento del potencial eólico en la zona donde está prevista la implementación, el soporte de la torre de nuestro nini sistema fue sujeta con pernos tornillo de 2 pulgadas de longitud con cabezas hexagonales seleccionados de los catálogos del fabricante del mini aerogenerador 8 en total a una base del mismo material acero inoxidable lo cual podemos observar en la figura 35.

Figura 35. Torre y su ensamblaje



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.7.1. Dimensiones de la Torre

En la tabla 11 nos indica las dimensiones de la torre y sus medidas de la cual está diseñada:

Tabla 11. dimensiones de la Torre

N°	Nombre de la pieza	Material	Cantidad
1	Plancha de acero 5mm de grosor	AISI 347 acero	1
2	Tuerca de sujeción 30mm	AISI 347 acero	4
3	Cable de acero soporte mediano	AISI 347 acero	1
4	Tubo de 2 pulgadas y acero AISI 347 de 4000 mm de largo	AISI 347 acero	1
5	Cable de tensión Gancho de acero AISI 347 10 x 10 mm	AISI 347 acero	6
6	Angulo de metal 20x20mm y 400mm de largo	AISI 347 acero	4
7	Tuerca de sujeción de estructuras de 30mm	AISI 347 acero	8
9	Tubo de 2 pulgadas de 6000mm de largo	AISI 347 acero	1
10	Unión bridas de 300mm de diámetro y 10mm de grosor	AISI 347 acero	4

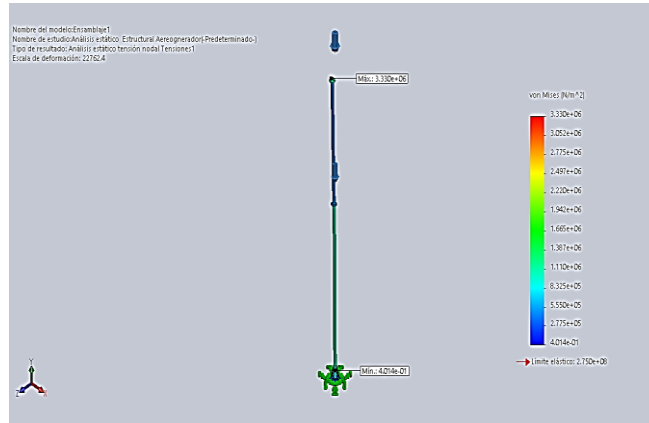
Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.7.2. Análisis de la Torre

En la figura 36 se puede observar la fuerza que ejerce en la base de la torre sobre el mini aerogenerador, lo cual nos permite observar el punto de fuerza lo cual es mínima en la unión de los dos tubos lo cual no va a existir muchas vibraciones al momento del desplazamiento de la velocidad del viento en cada una de las hélices en total las 6, provocando así un rompimiento de la inercia y consecutivamente la transformación de la energía cinética en energía mecánica a la vez se puede observar que el viento una vez que realiza el trabajo de generar el movimiento a las hélices tiende a salir del área del barrido por todos lados así formando un mínimo remolino entre sí para luego desplazarse nuevamente al ambiente, mientras que ese porcentaje mínimo que no ingreso al área de giro continuo su camino de manera normal.

Lo cual el diseño de la torre es apta para el soporte del mini sistema de generación eólica lo cual tiende a soportar más de 500kg de masa el peso total de la torre es de: masa 181. 712 kg con un volumen de $0.022714m^3$ y una densidad de $8000 \frac{Kg}{m^3}$ y un peso de 1780.78N.

Figura 36. Análisis estático Estructural Aereognerador-Tensiones-Tensiones1



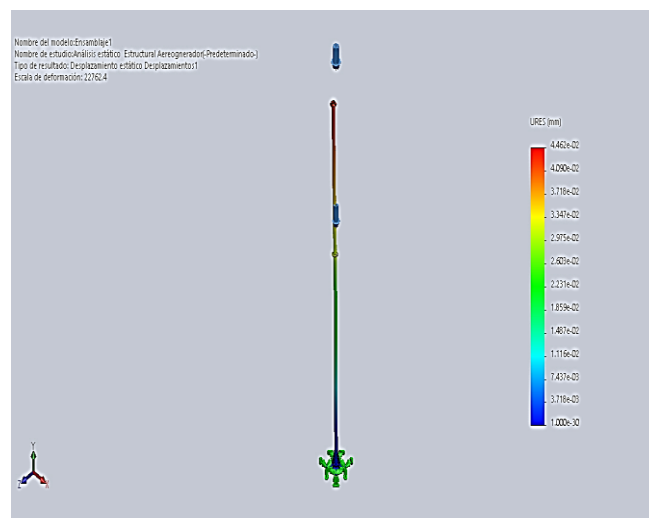
Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Tabla 12. Análisis estático Estructural Aereognerador-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	4.014e-01 N/m ² Nodo: 8705	3.330e+06 N/m ² Nodo: 41862

Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Figura 37. Análisis estático Estructural Aereognerador-Desplazamientos-Desplazamientos1



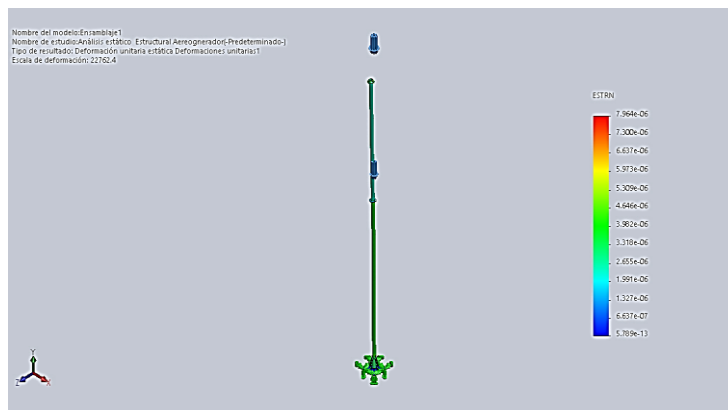
Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Tabla 13. Análisis estático Estructural Aereogenerador-Desplazamientos-Desplazamientos I

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos I	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 8626	4.462e-02 mm Nodo: 10036

Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Figura 38. Análisis estático Estructural Aereogenerador-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias I



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Tabla 14. Análisis estático Estructural Aereogenerador-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias I

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias I	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	5.789e-13 Elemento: 34180	7.964e-06 Elemento: 17346

Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

El esfuerzo que tiene la torre a la capacidad que tiene internamente a un elemento estructural para resistir las fuerzas internas distribuidas en un área donde el esfuerzo que ejerce la torre es igual tomando en cuenta a que el esfuerzo es el punto de torcion ejercido en la torre.

$$T = F \times d$$

$$T = 1000N \times 1.25m$$

$$T = 921.953 \text{ lb} \cdot \text{ft}$$

11.8. SISTEMA ELÉCTRICO

11.8.1. Gerenerador Eólico

El siguiente elemento es seleccionado en el catálogo del fabricante del mini sistema eólica en función de la potencia con respecto a la teoría del mini aerogenerador con la velocidad de giro. El generador es de la marca SMARAAD de 12-24 V con una potencia de 800W.

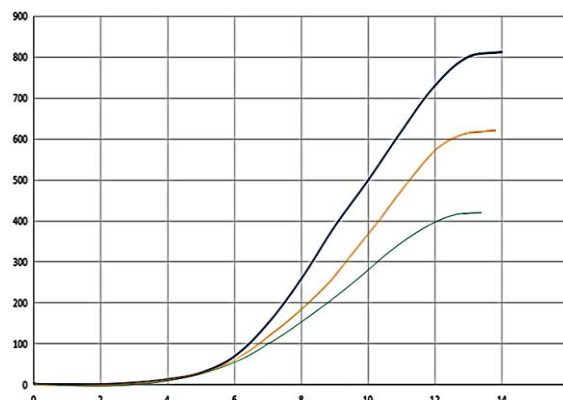
Para poder obtener los valores de la potencia en el mini sistema de generación eólica se apreció posibles pérdidas en todos los elementos que conforma el sistema de mini generación eólica para lo cual realizamos una investigación en fuentes bibliográficas sobre las pérdidas de potencia que pueden afectar directamente al rendimiento del mini sistema.

11.8.2. Interpretación de la curva de potencia del generador

En la figura 39 podemos visualizar la curva de potencia resultante del generador tomando en cuenta la potencia establecida del generador en función de la velocidad del viento, para poder determinar la potencia requerida del mini generador se procedió a analizar las perdidas que existen en el mini sistema de generación eólica y al momento de la operación con la potencia de entrada que vendría a ser la potencia disponible del viento.

Bajo estos parámetros se obtuvo los siguientes resultados, se puede observar que la potencia va de la siguiente manera creciente, esto quiere decir mientras sube la velocidad del viento también sube la potencia respectivamente hasta alcanzar un máximo de 788.10W con una velocidad máxima del viento de 9m/s como se muestra en la figura.

Figura 39. Interpretacion de la curva de potecia del generador



Fuente : (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.8.3. Analisis del dimensionamiento del sistema de carga y descarga de las baterias

Para el respectivo dimensionamiento de las baterías nos enfocaremos en los siguientes cálculos

Se calculó el rendimiento de la batería

$$C_{bateria}(Wh) = Energia * FSB$$

$$C_{bateria}(Wh) = 800 (Wh)$$

Carga de batería (Ah)

$$C_{bateria}(Ah) = \frac{C_{bateria}(Wh)}{V_{bateria}}$$

$$Q_M = \frac{800}{12}$$

$$Q_M = 66.66 (Ah)$$

La capacidad de carga de batería necesaria

$$C_{bateria\ necesaria} = \frac{C_{bateria\ (Ah)}}{PD_{MAZ}}$$

$$C_{DA} = \frac{66.66}{0.6}$$

$$C_{DA} = 11.11$$

Numero de baterías

$$n_{bateria} = \frac{C_{bateria\ necesarias}}{C_{bateria}}$$

$$n_{bateria} = \frac{11.11}{64}$$

$$n_{bateria} = 1.73$$

$$n_{bateria} = 2\ baterias$$

Total, de carga de baterías

$$T_{carga\ bateria} = \frac{C_{bateria\ necesarias}}{I_{generador}}$$

$$T_{carga\ bateria} = 27.77\ h$$

11.8.4. Análisis del dimensionamiento del inversor

En este caso utilizaremos la ecuación 26 y la potencia total AC calculada

$$P_{inversor} = 1,25 * P_{TAC} (Watt)$$

$$P_{inversor} = 1,25 * 308 (Watt)$$

$$P_{inversor} = 385 \text{ (Watt)}$$

Entonces se deberá utilizar un inversor de 800 Watts como mínimo

11.8.5. Análisis del dimensionamiento del controlador

Para dimensionar el controlador se utilizará la ecuación 25:

$$I_R = 1,25 \left[\frac{P_N * N}{V} \right]$$

$$I_R = 1,25 \left[\frac{100 * 1}{12} \right]$$

$$I_R = 10.42$$

Se utilizará un controlador de 15 Amp.

11.8.6. Análisis del dimensionamiento de los conductores

Para obtener un conductor correcto y adecuado se requiere la distancia entre cada uno de los componentes

La corriente del regulador, se usará en la conexión del mini aerogenerador – regulador

$$I_R = 10.42$$

Entonces se debe utilizar un cable flexible de un calibre AWG número 12 proyectado a una caída de tensión.

La conexión de la batería – Inversor, se considera la corriente requerida por $I_{inversor}$ mediante la ecuación 28.

$$I_{INVERSOR} = \left[\frac{P \text{ carga AC}}{V \text{ Bateria}} \right]$$

$$I_{INVERSOR} = \left[\frac{250}{12} \right]$$

$$I_{INVERSOR} = 20.83 \text{ A}$$

Entonces se debe utilizar un cable flexible AWG número 12 proyectando una caída de tensión

La conexión inversora – breaker de carga AC, se considera la corriente requerida por la carga AC, aplicando la ecuación 29.

$$I_{carga AC} = \left[\frac{P \text{ carga AC}}{V AC} \right]$$

$$I_{carga AC} = \left[\frac{250}{110} \right]$$

$$I_{carga\ AC} = 2.27\ A$$

Entonces se debe utilizar un cable flexible AWG número 12 proyectado a una caída de tensión.

11.9. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODULO DE PRUEBAS PARA UN MINI SISTEMA DE GENERACIÓN EÓLICA

11.9.1. Lineamiento a seguir para la construcción del módulo de pruebas

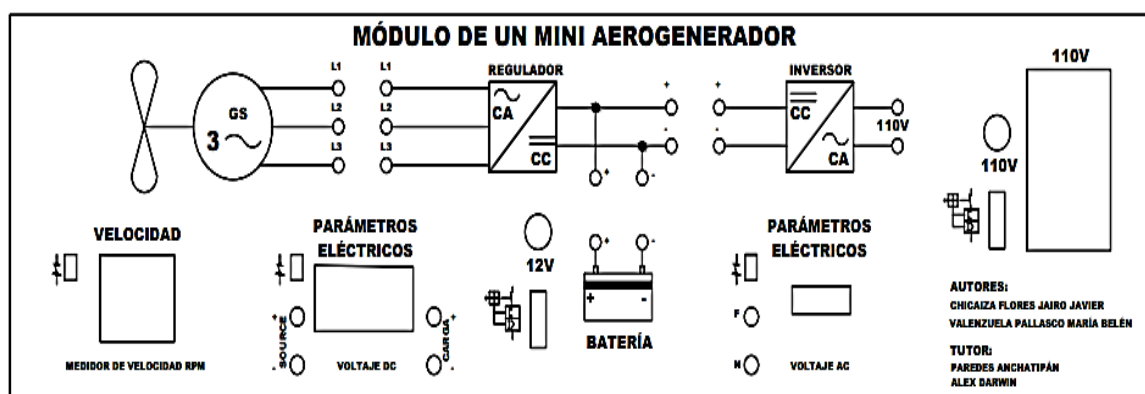
Pasos a realizar que se va a utilizar en la construcción del módulo de pruebas para comprobar el funcionamiento de la generación de energía eléctrica del mini aerogenerador es la siguiente.

11.9.1.1. Diseño del módulo

Se realizará el diseño en el software CAD (Computer Aided Design) con las siguientes medidas que son de (80 cm de largo x 24,4 cm de ancho) que es la medida de la plancha MDF, se trabajará para que tenga simetría cada componente de medición y realizar las respectivas conexiones de pruebas lo cual se podrá ver en el diseño que estará impregnado en el tablero. Tomar las medidas de cada componente a instalar en el tablero tales como: Breakers, Power analizar cc, Display Ac, Luz piloto, conector, banana hembra, RPM Analógico, toma corriente, mini interruptor de barco.

Se escogerá el cable color rojo para la fase (Ac) y positivo de (cc), y el cable color negro para el neutro (Ac) y negativo (cc), además se utilizará el cable color negro para la salida de la corriente trifásica del mini aerogenerador.

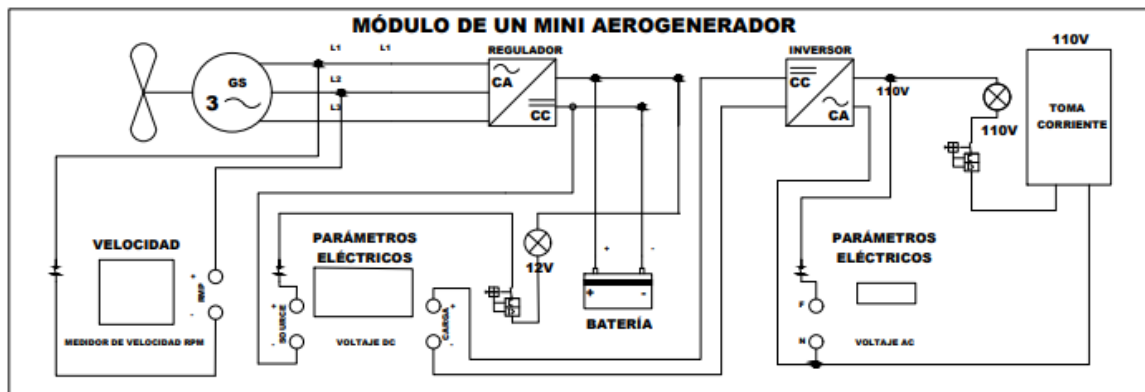
Figura 40. Diseño del proyecto



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

En la figura 43 se puede observar la conexión interna del módulo del mini sistema de generación eólico lo cual se puede constatar el diseño y las conexiones respectivas en el módulo.

Figura 41. Diseño de las conexiones al módulo

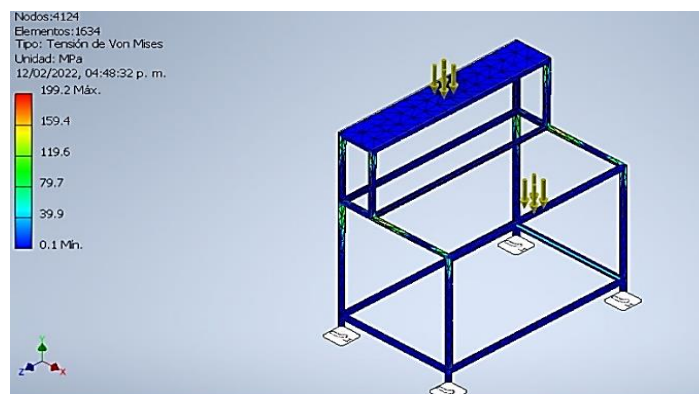


Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.9.1.2. Diseño de la estructura

La estructura metálica en primer lugar fue diseñada en el programa autodesk inventor el que indicara el peso máximo que puede soportar para la impregnación de los componentes.

Figura 42. Diseño de la estructura



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

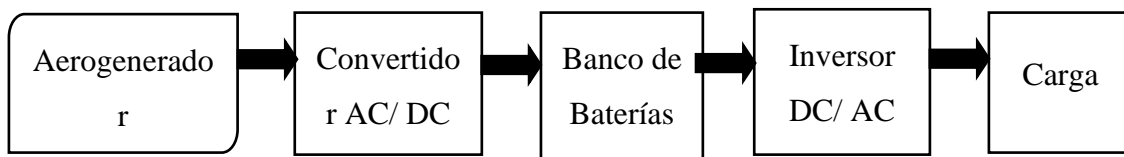
el material a utilizar es acero, galvanizado a una presión máxima de 0.041 como se puede ver en la tabla

11.9.1.3. Diagrama de bloque del funcionamiento del mini aerogenerador en el módulo

De acuerdo al diagrama de bloques el módulo va a tener entradas y salidas para la medición de voltaje y corriente.

Las mediciones variaran según el punto de medición dando referencia a la transformación de corriente alterna a corriente continua o viceversa.

Figura 43. Diagrama de bloque del funcionamiento del mini aerogenerador en el modulo



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.9.1.4. Construcción de la estructura metálica

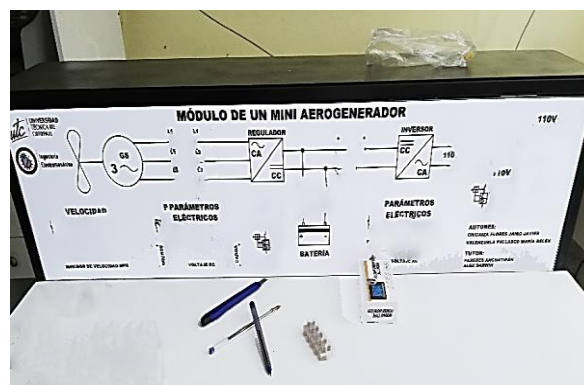
Para la realización de la estructura se utilizará un tubo perfilado de hierro galvanizado de 20 mm x 20 mm de espesor, se lo construirá de forma robusta para equilibrar el peso de los componentes que estarán en la plancha de MDF de 20 mm de ancho.

La estructura de MDF estará sujeta con tornillos al tubo perfilado de tal manera que se hará las respectivas perforaciones en el MDF para la impregnación de los componentes.

11.9.1.5. Montaje del vinil en la plancha de mdf

El proceso de fijación de vinil en el MDF, se empieza por mantener limpio el sitio de trabajo, libre de residuos evitando deformaciones, para la respectiva aplicación del vinil se realizará en húmedo que es el método recomendado para la impregnación del adhesivo en grandes superficies esparciendo agua con jabón. Luego con una espátula se excluyera las burbujas de agua quedando liso el vinil.

Figura 44. Montaje del vinil en la plancha de mdf



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.9.1.6. Montaje de equipos y elementos al tablero de MDF

La estructura de MDF estará sujeta con tornillos al tubo perfilado de tal manera que se hará las respectivas perforaciones en el MDF para la impregnación de los componentes.

Se utilizará las herramientas necesarias para la colocación de cada elemento según el diagrama y su correcto funcionamiento fijando los elementos en el MDF con las respectivas medidas de seguridad.

Figura 45. Montaje de equipos y elementos en el tablero de MDF



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.9.1.7. Conexión y cableado interno de los equipos y elementos del módulo de pruebas

Las conexiones y derivaciones de conductores se realizarán por medio de borneras y en las uniones se soldará para una conductividad eléctrica estable y segura. Se utilizará conectores banana hembra para conectar los equipos y elementos para su respectivo funcionamiento.

Se utilizará cable AWG flexible #14, 16, terminales, funda espiral.

Figura 46. Conexión y cableado interno de los equipos y elementos del módulo de pruebas



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.9.1.8. Descripción de cada equipo y elemento que conforma el módulo de pruebas

A continuación, se presentará todos los elementos a utilizar en el módulo para tomar las respectivas medidas de energía que genera el aerogenerador:

11.9.1.9. Breaker o interruptor automático

Es un dispositivo de seguridad esencial, importante en cualquier casa, edificio o industria. Su funcionamiento es activarse cuando excede la corriente (corto circuito) protegiendo los aparatos eléctricos.

El parámetro más importante es que se lo puede encontrar de 4 Amp a 64 Amp para corriente alterna.

Figura 47. Breaker o interruptor automático



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.9.1.10. Power analyzer C.C

Instrumento de medición que dará a conocer un voltaje de 0 a 60V, una corriente de 0 a 150 AMP y una energía de 0-6554W, Este dispositivo acumula lecturas de carga (Ah) Amperio hora y energía (Wh) hasta que se reinicia o se apaga, además este medidor captura y almacena los amperios pico Ap, la potencia pico Wp y el voltaje mínimo Vm durante la operación.

Figura 48. Power analizar C.C



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022).

11.9.1.11. Voltímetro amperímetro vatímetro Ac 80-260V 0-100A Display

Instrumento de medición dará a conocer el voltaje de 80 a 260 VAC, una potencia nominal de 100 A/ 2200 W, una frecuencia de funcionamiento de 45-65 Hz y una precisión de medición de 1,0 grados.

Figura 49. Voltímetro amperímetro vatímetro Ac 80-260V 0 – 100 A Display



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022).

11.9.1.12. Tacómetro analógico

Dispositivo que se utiliza para medir las revoluciones por minuto del rotor utilizada para expresar la velocidad de rotación de un objeto en este caso se observara la velocidad del aerogenerador.

Figura 50. RPM analógico



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022).

11.9.1.13. Luz piloto 12 V

Es un indicador óptico que demuestra la presencia de energía el cual nos servirá para verificar que se está realizando una correcta instalación y que tiene corriente continua el tablero.

Figura 51. Luz piloto 12 V



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022).

11.9.1.14. Luz piloto 110 V

Es un indicador óptico que demuestra el paso de corriente alterna el cual alimentara una pantalla led para verificar la generación de energía que proporciona el mini aerogenerador.

Figura 52. Luz piloto 110 V

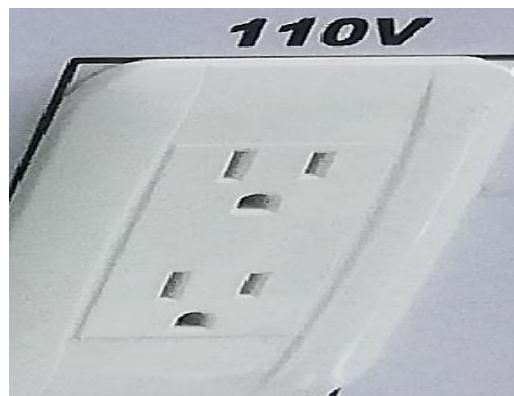


Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022).

11.9.1.15. Toma corriente 110V

Aparatos eléctricos provistos de contactos hembra cuya función es la alimentación de equipos eléctricos a través de una conexión eléctrica según su modo de conexión, por ejemplo: una batidora, un horno microondas. etc. (Sandoya Unamuno, 2018)

Figura 53. Toma corriente 110 V



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022).

11.9.1.16. Mini interruptor de barco

Dispositivo de conmutación y protección eléctrica de baja tensión que sirve para permitir el paso manual de corriente a determinados componentes, en este caso servirá para activar la pantalla RPM, DC y AC (Sandoya Unamuno, 2018).

Figura 54. Mini interruptor de barco

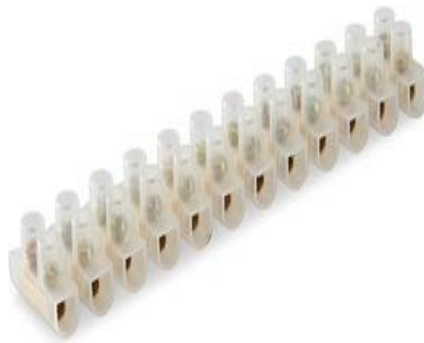


Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022).

11.9.1.17. Bornera

Conector eléctrico en el que se aprisiona una pieza metálica por medio de un tornillo para el respectivo funcionamiento asegurando las respectivas conexiones del aerogenerador hasta toma corriente obtenida seguridad de los equipos y estabilidad

Figura 55. Bornera



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022).

11.9.1.18. Conector banana macho y hembra

Son conectores eléctricos que se utiliza para hacer las respetivas pruebas mediante ciertas conexiones lo cual nos indicara el funcionamiento del mini aerogenerador.

Figura 56. Conector hembra y macho



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

11.9.1.19. Terminal plano o lengüeta

Se utiliza para conectar y desconectar ciertos componentes que quedaran de forma permanente para salvaguardar cualquier tipo de accidente eléctrico y facilitando el mantenimiento del módulo.

Figura 57. Terminal plano o lengüeta



Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En las siguientes tablas 15, 16,17 y 18 se detalla todos los costos de materiales y suministro que se requiere para la implementación del mini sistema eólico cabe mencionar que todos los materiales fueron adquiridos de manera directa, por ende, los costos son reales utilizados en el proceso de construcción de las diferentes etapas del sistema lo cual tenemos gastos directos gastos indirectos y mano de obra.

Tabla 15. Gastos directos

GASTOS DIRECTOS				
Descripción	Cantidad	Unidad	Valor por unidad	Valor total
Turbina eólica de 800W 12v	1	U	800.00	800.00
Controlador eólico 30Ah	1	U	110.00	110.00
Inversor 1500w/3000w	1	U	360.00	350.00

Banco de baterías 100Ah	2	U	65.00	130.00
Tubo de 2 pulgadas con base 10 porte de cimentación perforado de 6 metros	1	U	70.00	70.00
Tubo de 2 pulgadas galvanizado con extremos bridas de 4 metros	1	U	40.00	40.00
Base de cimentación con soportes de 4 m extremos de 50x50	1	U	40.00	40.00
Base de 50x50 con 8 pernos	1	U	30.00	30.00
Terminal Hembra #12	30	U	3.00	3.00
Breaker de 4A	1	U	5.25	5.25
Cable flexible #16 20m	1	U	5.40	5.40
Tairas de 10 cm	1	U	1.40	1.40
Breaker domae 6A	1	U	6.35	6.35
Luz piloto led verde 12-450V	2	U	2.20	2.20
Modulo medidor de ca de 110v	1	U	56.00	56.00
Modulo medidor de cc de 12v	1	U	30.00	30.00

Módulo de medidor analógico de RPM	1	U	13.00	13.00
1toma corriente para 110v	1	U	1.10	1.10
Cable gemelo 30m	1	U	10.00	10.00
Impresión en vinil (90x24)	1	U	8.00	8.00
Mesa módulo de 1mx1m	1	U	160.00	160.00
borneras hembras	20	U	10.00	10.00
PLUS machos	20	U	5.00	5.00
Mdf base para la mesa	1	U	1.80	1.80
Cable flexible #16 30m	1	U	8.10	8.10
Taípe	2	U	1.20	1.20
Bornera flexibles	1	U	0.25	0.25
qq de cemento	1	U	8.00	8.00
TOTAL				1,906.05

Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Tabla 16. Gastos Indirectos

GASTOS INDIRECTOS				
Descripción	Cantidad	Unidad	Valor por unidad	Valor total
Trasporte	2	U	150.00	150.00

Imprevistos	1	U	20.00	20.00
TOTAL				170.00

Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Tabla 17. Mano de Obra

MANO DE OBRA				
Rubro	Cantidad	Unidad	Valor por unidad	Valor total
Tornero trabajo de bridas	3	Horas	18.00	18.00
Albañil	1	Hora	10.00	10.00
Mano de obra	1	Mes	400.00	400.00
TOTAL				590.00

Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Tabla 18. Total presupuesto

TOTAL PRESUPUESTO				
Descripción	Cantidad	Unidad	Valor por unidad	Valor total
GASTOS DIRECTOS				1,906.05
GASTOS INDIRECTOS				170.00
MANO DE OBRA				590.00
TOTAL				2,666.05

Fuente: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Mediante la adquisición de datos obtenidos con el anemómetro, se obtuvo un nivel promedio de viento que el mínimo es de 2.4 m/s y el máximo llega a 4.2 m/s durante un tiempo de 4 meses los mismos que mediante el análisis se estableció como valores aceptables para la generación eléctrica.
- Se concluye que en base a la simulación realizada en SolidWorks se pudo establecer la característica de la torre para una altura de 10 metros sobre el nivel del suelo, misma que es apta para captar la energía del viento, ya que no interfiere con estructuras aledañas en el área de implementación.
- Mediante los cálculos realizados se pudo obtener el número de hélices correctas 6 para la implementación del mini sistema de generación eléctrica, en base a la simulación en SolidWorks se pudo establecer la fuerza del viento en las hélices.
- El módulo servirá como apoyo pedagógico para los respectivos estudios de la energía renovable en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, Carrera de Electromecánica.

Recomendaciones:

- Es necesario realizar la recopilación de datos técnicos con los respectivos instrumentos de medición adecuados para así poder dimensionar de forma efectiva los equipos a implementar.
- Es necesario contar con planos de instalación ya sea para la torre y conexiones del módulo, para lo cual, es necesario contar con el equipo y herramientas facilitando la preparación, ensamble e instalación del mini aerogenerador que aprovechará en su totalidad el recurso eólico para el funcionamiento del módulo.
- Es fundamental ubicar el lugar de emplazamiento donde se instalarán los equipos para así poder determinar qué tipo de torre es la indicada en dicho sector, para lo cual, se debe recolectar la mayor cantidad de datos de la velocidad viento a la vez se debe realizar su respectivo mantenimiento una vez al mes desde que nuestro sistema híbrido este totalmente en funcionamiento constante.
- Es recomendable realizar un mantenimiento preventivo al módulo para tener precisión en la medición de energía que se genera mientras entran en funcionamiento los elementos eléctricos.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS – SEGÚN LAS NORMAS APA

- Aguilar Roddy. 2017. «Banco De Pruebas Didáctico Para Sistema De Energía Eólico». Trabajo De Graduación Previo A La Obtención Del Título De Ingeniero Electrónico, Universidad Del Azuay, Cuenca.
- Alvear Mario. 2012. «Diseño De Un Generador Eólico Tipo Savonius De Uso Doméstico De 200 W.» Tesis Previa A La Obtención Del Título De Ingeniero Mecánico, Universidad Politécnica Salesiana Facultad De Ingeniería, Quito.
- Barragán. 2014. «Generación Eólica En Ecuador: Análisis Del Entorno Y Perspectivas De Desarrollo». 2014, enero 31, 58-66.
- Calvopiña Juan. 2016. «“Análisis Del Potencial Eólico Y Solar Para La Implementación De Un Sistema Híbrido De Generación Eléctrica De Carga Unifamiliar De 800w En La Comunidad De Uñacallo - Pansache Provincia De Cotopaxi En El Periodo 2016”».
- Celec Ep. 2021. «¿Qué Es La Energía Eólica?»
- Clavería Gabriel. 2016. «“Diseño, Construcción Y Prueba De Funcionamiento De Un Sistema De Ensayos De Turbinas Eólicas De Baja Potencia”». Trabajo De Titulación Para Optar Al Título De: Ingeniero Civil Mecánico, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso-Chile.
- Cortés Simón. 2017. «Energías Renovables En Colombia: Una Aproximación Desde La Economía». 2017, diciembre, 389.
- Duchi Victor. 2015. «Diseño E Implementación De Un Sistema De Aero Generación De Flujo Turbulento Para La Obtención De Energía Eléctrica Para Una Vivienda En El Sector De Pasachi, El Morro, Cantón Latacunga, Provincia De Cotopaxi, Periodo Académico 2014-2015». Tesis De Grado Previa Obtención Del Título De: Ingeniero Electromecánico, Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga.
- Endara Luis. 2011. «“Construcción De Un Generador Eólico De Bajas Revoluciones Por Minuto Para Una Vivienda Rural, Ubicada En El Sector De Pansachí El Morro Perteneciente A La Parroquia Mulaló Del Cantón Latacunga Provincia De Cotopaxi”». Tesis De Grado Para Optar Al Título De Ingeniero Electromecánico., Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga.
- Espitia Carolina. 2014. «Diseño Y Construcción De Un Mini Aerogenerador De Eje Vertical». Programa De Ingeniería En Mecatrónica, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C.
- García Octavio. 2017. Aplicaciones Térmicas De La Energía Solar En Los Sectores Residencial, Servicios E Industrial. México: Biblioteca Nacional De México.
- Geografía. 2021. «Los Vientos».
- Guerrón Gonzalo. 2014. «Iner».

- Hernández Miguel. 2021. «Banco De Pruebas Experimental Para Esquemas De Control Por Cambio Del Ángulo De Paso En Aerogeneradores». Mar. 2021.
- Mayorga Alex. 2015. «Caracterización De Pequeños Sistemas Conversores De Energía Eólica Pertinentes Para Provisión De Electricidad En La Parroquia García Moreno, Provincia De Tungurahua, Año 2013. Diseño De Un Aerogenerador De Baja Potencia Para Producción Nacional.» Programa De Maestría En Gestión De Energías, Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga.
- Merino Luis. 2007. Energías Renovables. Vol. 1. España: Iberdrola.
- Montalvo Iván, Cabezas José. 2011. «Diseño De Prototipo De Aerogenerador Con Almacenamiento De Energía Monitoreado Por Un Sistema Scada». Universidad San Francisco De Quito, Quito.
- Muños Marlon. 2013. «“Diseño E Implementación De Un Sistema De Generación Eléctrica Con Un Aerogenerador Para La Vivienda Rural Sostenible De Interés Social Del Aeirnr.”» Universidad Nacional De Loja, Loja.
- Orozco Juan. 2013. «Soportes Para Pequeños Aerogeneradores: Método De Selección». 2013, 10.
- Sánchez Juan. 2015. «Diseño De Un Banco De Pruebas Para El Estudio De Generadores Eólicos». En Opción Al Grado De Maestría En Ingeniería Aeronáutica Con Orientación En Dinámica De Vuelo, Universidad Autónoma De Nuevo León Facultad De Ingeniería Mecánica Y Eléctrica, San Nicolás De Los Garza, Nuevo León,.
- Sandoya Unamuno Adrian David, Chica Martinez Leonel, Ordoñez Raul Gustavo, Y Arias Zambrano Lorena Jenny. 2018. «Nec Norma Ecuatoriana De Construcción (Instalaciones Eléctricas)».

15. ANEXOS

**Anexo 1. Mediciones de la velocidad de viento tomadas en el sector Universidad
Técnica de Cotopaxi Extensión la Mana**

Anexo N° 1	Velocidad del viento referente al mes de octubre 2021		1/1
FECHA	VELOCIDAD MINIMA DEL VIENTO (M/S)	VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO (M/S)	
01/10/2021	0.5	1.2	
02/10/2021	0.8	1.8	
03/10/2021	0.6	2	
04/10/2021	0.7	2.1	
05/10/2021	1	2.6	
08/10/2021	1.2	2.8	
09/10/2021	0.9	3	
10/10/2021	0.5	2.9	
11/10/2021	1.2	3	
12/10/2021	0.9	3.2	
15/10/2021	0.8	3	
16/10/2021	0.9	3.3	
17/10/2021	1	2.9	
18/10/2021	1.2	2.8	
19/10/2021	1.1	3	
22/10/2021	0.6	3.1	
23/10/2021	0.8	3	
24/10/2021	0.6	3.1	
25/10/2021	1	3.2	
26/10/2021	1	2.9	
29/10/2021	1.1	2.7	
30/10/2021	0.9	2.8	
31/10/2021	0.7	3	

Elaborado por (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Anexo N° 1	Velocidad del viento referente al mes de noviembre 2021		1/2
	FECHA	VELOCIDAD MINIMA DEL VIENTO (M/S)	VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO (M/S)
	08/11/2021	0.8	2.5
	09/11/2021	1	2.8
	10/11/2021	1	2.6
	11/11/2021	0.8	2.5
	12/11/2021	1.1	2.9
	15/11/2021	0.9	2.7
	15/11/2021	1	2.8
	16/11/2021	1.1	2.9
	17/11/2021	0.9	2.2
	18/11/2021	1.2	2.7
	19/11/2021	0.8	2
	22/11/2021	1.3	2.5
	23/11/2021	1.2	2.6
	24/11/2021	0.9	2.8
	25/11/2021	1.1	2.9
	26/11/2021	1	2.9
	29/11/2021	1	2.8
	30/11/2021	2	3

Elaborado por: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)



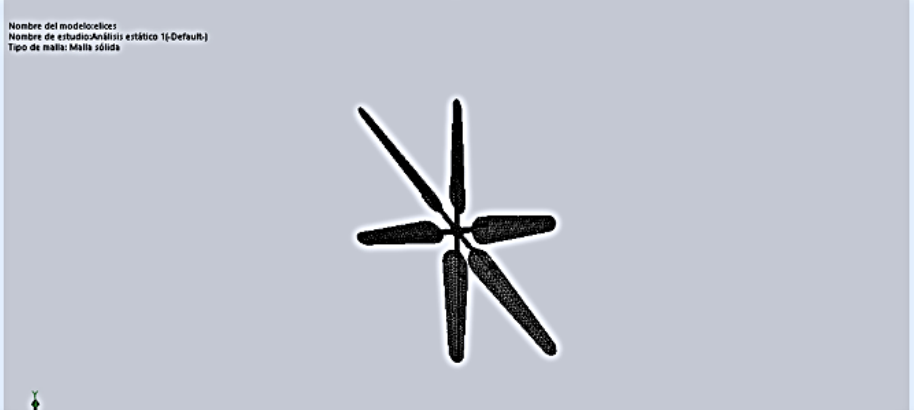




Anexo N° 1	Velocidad del viento referente al mes de diciembre 2021		1/3
	FECHA	VELOCIDAD MINIMA DEL VIENTO (M/S)	VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO (M/S)
	01/12/2021	1.1	2.7
	02/12/2021	0.9	2.5
	03/12/2021	1.1	2.8
	06/12/2021	1.5	3
	07/12/2021	1.3	2.9
	08/12/2021	1.6	2.7
	09/12/2021	1.5	2.5
	10/12/2021	1.3	2.7
	13/12/2021	1.4	2.7
	14/12/2021	1.5	2.9
	15/12/2021	1.6	3
	16/12/2021	1.6	3
	17/12/2021	1.3	2.4
	27/12/2021	1.1	2.5
	28/12/2021	1.7	2.9
	29/12/2021	1.4	2.8
	30/12/2021	1.9	3.2

Elaborado por: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

Anexo N° 1	Velocidad del viento referente al mes de enero 2022		1/4
	FECHA	VELOCIDAD MINIMA DEL VIENTO (M/S)	VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO (M/S)
	10/01/2022	1.9	2.9
	11/01/2022	2	2.8
	12/01/2022	1.8	2.7
	13/01/2022	1.8	2.5
	14/01/2022	2	2.8
	17/01/2022	2.1	2.6
	18/01/2022	2	3.1
	19/01/2022	1.7	2.9
	20/01/2022	1.9	3.2
	21/01/2022	1.9	3
	24/01/2022	2	2.7
	25/01/2022	2.2	2.8
	26/01/2022	2.1	2.8
	27/01/2022	2	2.9
	28/01/2022	1.7	3
	31/01/2022	2.3	3.1

Elaborado por: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)

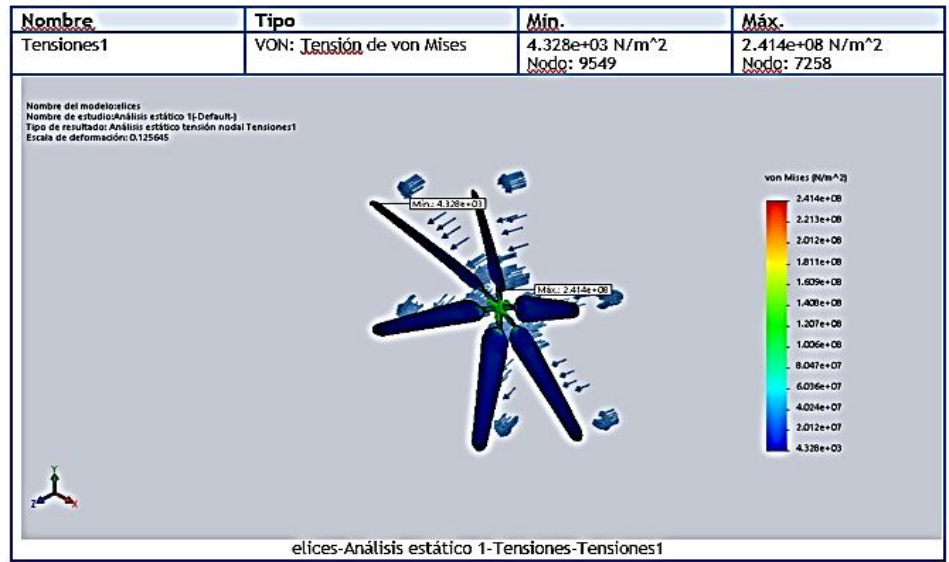
Anexo 2. Análisis completo del viento en cada una de las hélices

Anexo N°2	Análisis completo del viento en cada una de las hélices	2/1																																																								
<p>Cargas y sujeciones</p> <table border="1" data-bbox="392 573 1331 909"> <thead> <tr> <th data-bbox="392 573 549 622">Nombre de sujeción</th> <th data-bbox="549 573 810 622">Imagen de sujeción</th> <th colspan="3" data-bbox="810 573 1331 622">Detalles de sujeción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="392 622 549 770">Fijo-1</td> <td data-bbox="549 622 810 770"></td> <td colspan="3" data-bbox="810 622 1331 770"> Entidades: 1 arista(s) Tipo: Geometría fija </td> </tr> <tr> <th colspan="5" data-bbox="392 770 1331 797">Fuerzas resultantes</th> </tr> <tr> <th data-bbox="392 797 632 824">Componentes</th> <th data-bbox="632 797 804 824">X</th> <th data-bbox="804 797 970 824">Y</th> <th data-bbox="970 797 1142 824">Z</th> <th data-bbox="1142 797 1331 824">Resultante</th> </tr> <tr> <td data-bbox="392 824 632 851">Fuerza de reacción(N)</td> <td data-bbox="632 824 804 851">-0.131653</td> <td data-bbox="804 824 970 851">0.00482178</td> <td data-bbox="970 824 1142 851">-288.605</td> <td data-bbox="1142 824 1331 851">288.605</td> </tr> <tr> <td data-bbox="392 851 632 878">Momento de reacción(N.m)</td> <td data-bbox="632 851 804 878">0</td> <td data-bbox="804 851 970 878">0</td> <td data-bbox="970 851 1142 878">0</td> <td data-bbox="1142 851 1331 878">0</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="392 936 1331 1146"> <thead> <tr> <th data-bbox="392 936 536 985">Nombre de carga</th> <th data-bbox="536 936 810 985">Cargar imagen</th> <th colspan="3" data-bbox="810 936 1331 985">Detalles de carga</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="392 985 536 1146">Fuerza-1</td> <td data-bbox="536 985 810 1146"></td> <td colspan="3" data-bbox="810 985 1331 1146"> Entidades: 6 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 50 N </td> </tr> </tbody> </table> <p>Información de malla - Detalles</p> <table border="1" data-bbox="408 1227 1337 1487"> <tbody> <tr> <td data-bbox="408 1227 868 1254">Número total de nodos</td> <td data-bbox="868 1227 1337 1254">24361</td> </tr> <tr> <td data-bbox="408 1254 868 1281">Número total de elementos</td> <td data-bbox="868 1254 1337 1281">11768</td> </tr> <tr> <td data-bbox="408 1281 868 1308">Cociente máximo de aspecto</td> <td data-bbox="868 1281 1337 1308">24.836</td> </tr> <tr> <td data-bbox="408 1308 868 1335">% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3</td> <td data-bbox="868 1308 1337 1335">54.1</td> </tr> <tr> <td data-bbox="408 1335 868 1361">% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10</td> <td data-bbox="868 1335 1337 1361">6.81</td> </tr> <tr> <td data-bbox="408 1361 868 1388">% de elementos distorsionados (Jacobiana)</td> <td data-bbox="868 1361 1337 1388">0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="408 1388 868 1415">Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):</td> <td data-bbox="868 1388 1337 1415">00:00:03</td> </tr> <tr> <td data-bbox="408 1415 868 1442">Nombre de computadora:</td> <td data-bbox="868 1415 1337 1442"></td> </tr> </tbody> </table> <div data-bbox="408 1487 1337 1912"> <p>Nombre del modelo: icr1 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Default) Tipo de malla: Malla sólida</p>  </div>			Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			Fijo-1		Entidades: 1 arista(s) Tipo: Geometría fija			Fuerzas resultantes					Componentes	X	Y	Z	Resultante	Fuerza de reacción(N)	-0.131653	0.00482178	-288.605	288.605	Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga			Fuerza-1		Entidades: 6 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 50 N			Número total de nodos	24361	Número total de elementos	11768	Cociente máximo de aspecto	24.836	% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	54.1	% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	6.81	% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0	Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03	Nombre de computadora:	
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción																																																								
Fijo-1		Entidades: 1 arista(s) Tipo: Geometría fija																																																								
Fuerzas resultantes																																																										
Componentes	X	Y	Z	Resultante																																																						
Fuerza de reacción(N)	-0.131653	0.00482178	-288.605	288.605																																																						
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0																																																						
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga																																																								
Fuerza-1		Entidades: 6 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 50 N																																																								
Número total de nodos	24361																																																									
Número total de elementos	11768																																																									
Cociente máximo de aspecto	24.836																																																									
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	54.1																																																									
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	6.81																																																									
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0																																																									
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03																																																									
Nombre de computadora:																																																										

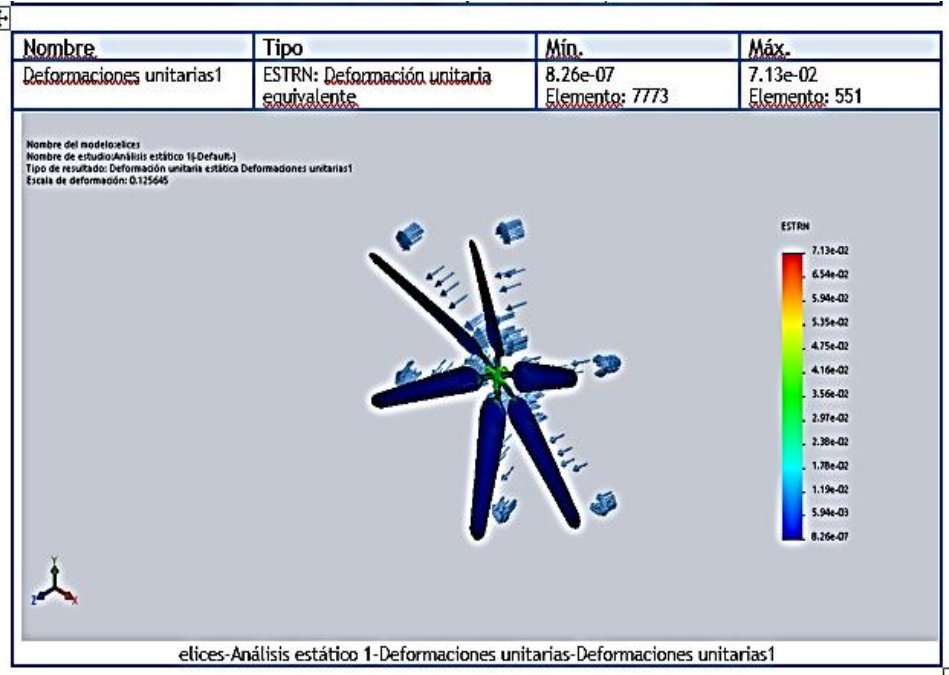
<p>Anexo N°2</p>	<p>Análisis completo del viento en cada una de las hélices</p>	<p>2/2</p>
------------------	--	------------

PARRAL ESTILOS

Resultados del estudio





Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 145	1.084e+03 mm Nodo: 1717





Anexo 3. Análisis completo de la torre

Anexo N°3	Análisis completo de la torre	3/1																		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="279 452 746 828"> </div> <div data-bbox="833 452 1300 828"> </div> </div>																				
<table border="1" data-bbox="279 846 746 902"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Tipo</th> <th>Mín.</th> <th>Máx.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Deformaciones unitarias1</td> <td>ESTR: Deformación unitaria equivalente</td> <td>5.789e-13 Elemento: 34180</td> <td>7.940e-06 Elemento: 17346</td> </tr> </tbody> </table>			Nombre	Tipo	Mín.	Máx.	Deformaciones unitarias1	ESTR: Deformación unitaria equivalente	5.789e-13 Elemento: 34180	7.940e-06 Elemento: 17346										
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.																	
Deformaciones unitarias1	ESTR: Deformación unitaria equivalente	5.789e-13 Elemento: 34180	7.940e-06 Elemento: 17346																	
<h4 style="color: #4F81BD;">Información de malla</h4> <table border="1" data-bbox="319 1075 1236 1456"> <tbody> <tr> <td>Tipo de malla</td> <td>Malla sólida</td> </tr> <tr> <td>Mallador utilizado:</td> <td>Malla estándar</td> </tr> <tr> <td>Transición automática:</td> <td>Desactivar</td> </tr> <tr> <td>Incluir bucles automáticos de malla:</td> <td>Desactivar</td> </tr> <tr> <td>Puntos jacobianos</td> <td>4 Puntos</td> </tr> <tr> <td>Tamaño de elementos</td> <td>25 mm</td> </tr> <tr> <td>Tolerancia</td> <td>1.25 mm</td> </tr> <tr> <td>Trazado de calidad de malla</td> <td>Elementos cuadráticos de alto orden</td> </tr> <tr> <td>Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible</td> <td>Desactivar</td> </tr> </tbody> </table>			Tipo de malla	Malla sólida	Mallador utilizado:	Malla estándar	Transición automática:	Desactivar	Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar	Puntos jacobianos	4 Puntos	Tamaño de elementos	25 mm	Tolerancia	1.25 mm	Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden	Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar
Tipo de malla	Malla sólida																			
Mallador utilizado:	Malla estándar																			
Transición automática:	Desactivar																			
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar																			
Puntos jacobianos	4 Puntos																			
Tamaño de elementos	25 mm																			
Tolerancia	1.25 mm																			
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden																			
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar																			
<h4 style="color: #4F81BD;">+ Información de malla - Detalles</h4> <table border="1" data-bbox="319 1534 1236 1859"> <tbody> <tr> <td>Número total de nodos</td> <td>68897</td> </tr> <tr> <td>Número total de elementos</td> <td>34499</td> </tr> <tr> <td>Cociente máximo de aspecto</td> <td>42.513</td> </tr> <tr> <td>% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3</td> <td>7.23</td> </tr> <tr> <td>% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10</td> <td>1.58</td> </tr> <tr> <td>% de elementos distorsionados (Jacobiana)</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):</td> <td>00:00:10</td> </tr> <tr> <td>Nombre de computadora:</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Número total de nodos	68897	Número total de elementos	34499	Cociente máximo de aspecto	42.513	% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	7.23	% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	1.58	% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0	Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:10	Nombre de computadora:			
Número total de nodos	68897																			
Número total de elementos	34499																			
Cociente máximo de aspecto	42.513																			
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	7.23																			
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	1.58																			
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0																			
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:10																			
Nombre de computadora:																				

Anexo 4. Adquisición de los equipos

Anexo N° 4	Adquisición de los equipos	4/1
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>		

Anexo 5. Ensamblaje de la torre

Anexo N°5	Ensamblaje de la torre	5/1
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>		

Anexo 6. Instalación de la base de la torre

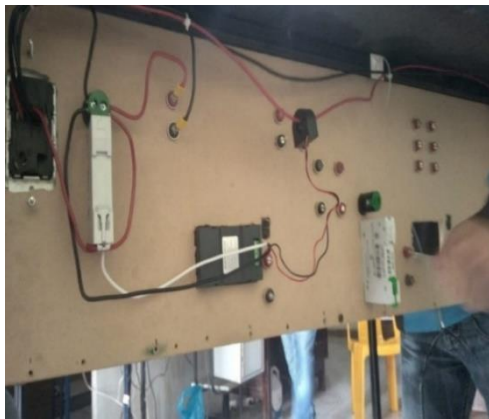
Anexo N°6	Instalación de la base de la torre	6/1
		
Elaborado por: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)		

Anexo 7. Levantamiento de la torre con el mini aerogenerador instalado

Anexo N°7	Levantamiento de la torre con el mini aerogenerador instalado	7/1
		
Elaborado por: (Chicaiza & Valenzuela, 2022)		

Anexo 8. Diseño y ensamblaje del módulo

Anexo N°8	Diseño y ensamblaje del módulo	8/1
-----------	--------------------------------	-----




Anexo 9. Informe práctico

Anexo N°9		Informe práctico	9/1
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ	
FACULTAD	CARRERA	TEMA DE APRENDIZAJE	
INGENIERÍA	ELECTROMECAÁNICA	LEY DE OHM	
PRACTICA N°	NOMBRE DE LA PRACTICA	DURACION (HORAS)	
01	Medición del voltaje, amperaje y rpm generado por el mini aerogenerador	1 HORA	
OBJETIVOS			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Determinar el voltaje generado en (Ca) ✓ Determinar el amperaje del mini aerogenerador (A) ✓ Observar la velocidad del viento (RPM) 			
MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cable con plugs machos banana (4 rojos y 1 negro) ✓ Multímetro 			
PROCEDIMIENTO			
<ol style="list-style-type: none"> 1. con un multímetro se procede a poner las puntas en la L1 y L2 o L1 y L3 verificando la generación de voltaje en corriente alterna 2. se procede a conectar en el módulo de la generación de energía del mini aerogenerador a la entrada del regulador con 3 cables rojos 3. para verificar el voltaje se hará un puente con un cable rojo y un negro hacia la pantalla digital de CA marcándonos el voltaje y amperaje 4. para verificar la velocidad del viento procedemos a observar en el rpm analógico que se encuentra en el módulo indicando entre más velocidad generara más voltaje 			
CIRCUITO			
RESULTADOS			
V1 =		A1 =	
V2 =		A2 =	
V3 =		A3 =	

Anexo N°9		Instrucciones de pruebas	9/2
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ	
FACULTAD	CARRERA	TEMA DE APRENDIZAJE	
INGENIERÍA	ELECTROMECAÁNICA	LEY DE OHM	
PRACTICA N°	NOMBRE DE LA PRACTICA	DURACION (HORAS)	
02	Conexión del regulador y las baterías	1 HORA	
OBJETIVOS			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ verificar si el regulador transforma de Ca a Cc ✓ Verificar la carga de la batería 			
MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cable con plugs machos banana (2 rojos y 2 negros) ✓ Multímetro 			
PROCEDIMIENTO			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se procede a conectar el multímetro en las salidas del regulador verificando la transformación de corriente alterna a corriente continua 2. se procede a conectar en puente desde la batería al regulador un cable rojo y un negro obteniendo una energía constante y un cable rojo, negro del regulador a la pantalla led de corriente continúa verificando la generación de energía y a la vez se observará la luz piloto de 12 V de corriente continua encendida demostrando el paso de energía 			
CIRCUITO			
RESULTADO			
V1 =		A1 =	
V2 =		A2 =	
V3 =		A3 =	

Anexo N°9		Instrucciones de pruebas	9/3
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ	
		FACULTAD	CARRERA	TEMA DE APRENDIZAJE
INGENIERÍA		ELECTROMECAÁNICA	LEY DE OHM
PRACTICA N°	NOMBRE DE LA PRACTICA		DURACION (HORAS)
03	Conexión y funcionamiento del inversor		1 HORA
OBJETIVOS			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conexión del regulador al inversor ✓ Verificación de voltaje en la pantalla led de Ca 			
MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cable con plugs machos banana (6 rojos y 3 negros) ✓ Multímetro 			
PROCEDIMIENTO			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se procede a conectar las salidas del regulador al inversor con un cable rojo y un cable negro 2. Se hace un puente de las baterías al inversor con un cable rojo y un cable negro 3. Finalizando el circuito del mini aerogenerador se procede a conectar las salidas del inversor a la pantalla led con un cable rojo y un cable negro lo cual nos indicara el amperaje, voltaje y Hz 			
CIRCUITO			
RESULTADOS			
V1 =		A1 =	
V2 =		A2 =	
V3 =		A3 =	

Anexo N°9		Instrucciones de pruebas	9/4
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ	
FACULTAD	CARRERA	TEMA DE APRENDIZAJE	
INGENIERÍA	ELECTROMECAÁNICA	LEY DE OHM	
PRACTICA N°	NOMBRE DE LA PRACTICA	DURACION (HORAS)	
04	Mantenimiento del modulo	1 HORA	
OBJETIVOS			
✓ Verificación y mantenimiento de las conexiones eléctricas del módulo interno			
MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desarmador bornero plano ✓ Pinza ✓ Multímetro 			
PROCEDIMIENTO			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se procede a desconectar los cables conectados al módulo con un desarmado plano o simplemente usando presión 2. Se procede a medir el voltaje en C.a o continuidad al aerogenerador comprobando que está en óptimas condiciones 3. Con un multímetro se medirá la continuidad verificando que el cableado está en buenas condiciones 4. Procedemos a medir el voltaje en C.c las baterías verificando que se encuentren en buenas condiciones. 			
CIRCUITO			
RESULTADOS			
V1 =		A1 =	
V2 =		A2 =	
V3 =		A3 =	

Anexo 10. Datos del estudiante**ESTA INFORMACIÓN ES IGUAL PARA EL TUTOR- CURRICULUM VITAE****UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI****DATOS PERSONALES****APELLIDOS:** PAREDES ANCHATIPÁN**NOMBRES:** ALEX DARWIN**ESTADO CIVIL:** SOLTERO**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 0503614935**NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES:** 0**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** LATACUNGA, 21 DE MARZO DE 1991**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** PUJILÍ, LUIS ANTONIO RIVADENEIRA Y JUAN SALINAS**TELÉFONO CONVENCIONAL:** 032 723 485**TELÉFONO CELULAR:** 0987259422**EMAIL INSTITUCIONAL:** alex.paredes4935@utc.edu.ec**ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS**

NIVEL	TITULO OBTENIDO	AÑO DE REGISTRO	INSTITUCIÓN
TERCER	Ingeniero en Electrónica e Instrumentación	2015	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Extensión Latacunga
CUARTO	Máster Universitario en Automática y Robótica	2018	Universidad de Alicante - España

HISTORIAL PROFESIONAL

PERIODO	OCUPACIÓN	CENTRO	DEPARTAMENTO	LUGAR
2021-2022	Docente	Universidad Técnica de Cotopaxi	Electromecánica	La Maná
2021	Supervisor de Calidad	Dimenzur Cia. Ltda.	Eléctrica e Instrumentación	Tapir A – Bloque 17

2020-2021	Supervisor de Calidad	de Dimenzur Cia. Ltda.	Eléctrica Instrumentación e	Cuyabeno – Bloque 58
2019-2020	Docente	Universidad Técnica de Cotopaxi	Electromecánica	La Maná
2019	Docente	Escuela de Formación de Soldados del Ejército ESFORSE	Herramientas Ofimáticas	Ambato
2019	Docente	Escuela de Formación de Soldados del Ejército ESFORSE	Fundamentos Matemáticos	Ambato
2016	Técnico Especialista	Constructora Norberto Odebrecht	Eléctrica Instrumentación e	Pascuales - Cuenca
2015	Técnico	Tecnus	Mantenimiento Técnico Instrumental	Quito
2014	Docente	Unidad Educativa Sagrado Corazón de Jesús	Matemática Informática Aplicada –	Latacunga


UNIDAD ADMINISTRATIVA O ACADÉMICA EN LA QUE LABORA: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA: Ingeniería, industria y construcción

FECHA DE INGRESO A LA UTC: noviembre 2021

DATOS PERSONALES

NOMBRES:	JAIRO JAVIER		
APELLIDOS:	CHICAIZA FLORES		
Lugar y fecha nacimiento:	PICHINCHA, QUITO, LA MAGDALENA, 22 DE AGOSTO DE 1998		
No. Ced. Id.	1727494229		
Estado civil:	SOLTERO		
Dirección Domiciliaria:	MAGDALENA ALTA		
Teléfono:	0 9 5 8 9 5 0 4 0 6	E-mail	Jairochicaiza199822@gmail.com


ESTUDIOS REALIZADOS

INSTITUCIÓN	Colegio Técnico Industrial Miguel De Santiago		
Carrera:	Instalaciones En Equipos Y Maquinas Eléctricas		
Especialización:	Electricidad	Nivel: 3er Bachiller	Promedio de notas: 7,69
No. de matrícula:	04840067		

INSTITUCIÓN	Colegio Electrónico Pichincha
--------------------	--------------------------------------

Carrera:	Mecánica Eléctrica		
Especialización:	Mecánica Eléctrica	Nivel: 1ro de Bachiller	Promedio de notas: 18
No. de matrícula:	0013715		

SEMINARIOS Y CURSOS ASISTIDOS

NOMBRE	LUGAR Y FECHA
English Certificate B1 in the Cotopaxi Technical University	08 de septiembre del 2020
Torno y Fresa	29 de enero del 2019
Certificación de Prevención en Riesgos Laborales COORED	La Maná
Jornada Científica Empresarial de Ingeniería Electromecánica	La Maná del 04 al 06 del 2018
Mantenimiento Industrial de Maquinas Eléctricas	La Maná del 29 al 31 del 2018

PROYECTOS TÉCNICOS REALIZADOS

NOMBRE	LUGAR Y FECHA
Diseño y Construcción del Prototipo de un Robot de Batalla	La Maná el 06 del 2018

EXPERIENCIA LABORAL, PRÁCTICAS Y PASANTÍAS

EMPRESA	CARGO/FUNCIÓN	Fecha Entrada / Salida
---------	---------------	------------------------

Electromecánica García	Electromecánico Eléctrico	07/11/2020- 04/02/2021
Empresa Dycocet S.A	Instalaciones Eléctricas y Bodeguero	05/08/2019- 27/09/2019
Empresa Sencorp S.A	Obrero “Fierrero”	02/08/2018- 26/09/2018

PERFIL PROFESIONAL

Soy un joven de 22 años de edad tranquilo, inteligente capacitado para el campo laboral técnico dispuesto a dar todo de mí. Actualmente estoy cursando los últimos ciclos de la universidad, pero dispongo de tiempo completo porque estudio la noche de 18:00pm a 22:00pm

REFERENCIAS ACADÉMICAS / LABORALES

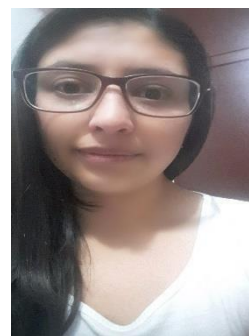
Lic. Verónica Chicaiza 0984972576
Sr. Edison Álvarez 0962302020
Sr. Antoño Velez 0992640694

María Belén Valenzuela Pallasco**Número de cédula:** 0504239096**Fecha de nacimiento:** 16, mayo, 1994**Teléfono móvil:** 0992515722

Dirección: Cla Tiobamba el Magisterio

Ciudad: Latacunga**Estado civil:** soltera

E-mail: maria.valenzuela6@utc.edu.ec

**PERFIL PROFESIONAL**

Soy una persona responsable, respetuosa puntual y entregada a las labores designadas tengo experiencia en venta, realice practicas preprofesionales en una planta de lácteos “El Ranchito”, y en avimolde en una avícola en el área de mantenimiento de producto terminado, también tengo conocimientos en química por mis estudios secundarios.

FORMACIÓN ACADÉMICA**FORMACIÓN UNIVERSITARIA**

Titulación:	Ing. electromecánica
Año graduación:	Ninguno (egresada)
Institución:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

SECUNDARIA

Titulación:	CIENCIAS
Especialidad:	Químicas – biológicas
Institución:	ISTITUTO TECNOLOGICO SUPERIOR VICTORIA VAZCONES CUVI

TALLERES, SEMINARIOS Y OTROS

Evento: seguridad industrial / Ing MSC Mauro Albarracín

Fecha: Latacunga abril del 2018

Evento: Identificación de modelos y simulación para sistemas eléctricos de potencia para el diagnóstico, monitoreo, control de variables eléctricas en instalaciones de alta, media y bajo voltaje.

Fecha: Latacunga 3 de octubre del 2020

Evento: V congreso internacional de investigación científica

Fecha: La Mana 2 de diciembre del 2020

EXPERIENCIA LABORAL**BATTERYVAL**

Cargo: ventas

Funciones: ventas de baterías y repuestos para carros

Fecha: 15 de julio del 2017 – 20 de enero del 2018

Teléfono: 0980429891

PROCESADORA DE LÁCTEOS “EL RANCHITO”

Cargo: de todo: electricidad mantenimiento de calderos, embazado de yogurt, queso.

Funciones: electricidad mantenimiento de calderos, embazado de yogurt, queso.

Fecha: 01 de abril del 2018 – diciembre del 2018

Teléfono: 0987444419

EMPRESA AVÍCOLA AVIMOLDE

Cargo: campo

Funciones: mantenimiento eléctrico sistema de control de la cinta recolectorade huevos.

Fecha: abril 2019– agosto 2019

Teléfono: 0994343785

REFERENCIAS FAMILIARES

Miriam Susana Pallasco Venegas Ing. en Ciencias Exactas

Cargo: docente

Empresa: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

Teléfono: 0984282711

Guido Washington Pallasco rivera Ing. Mecánico

Cargo: jefe de área de
mecánica.

Empresa: Respsol

Teléfono: 0999977913

María Belén Valenzuela Pallasco

C.C 0504239096

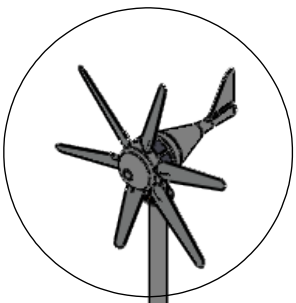
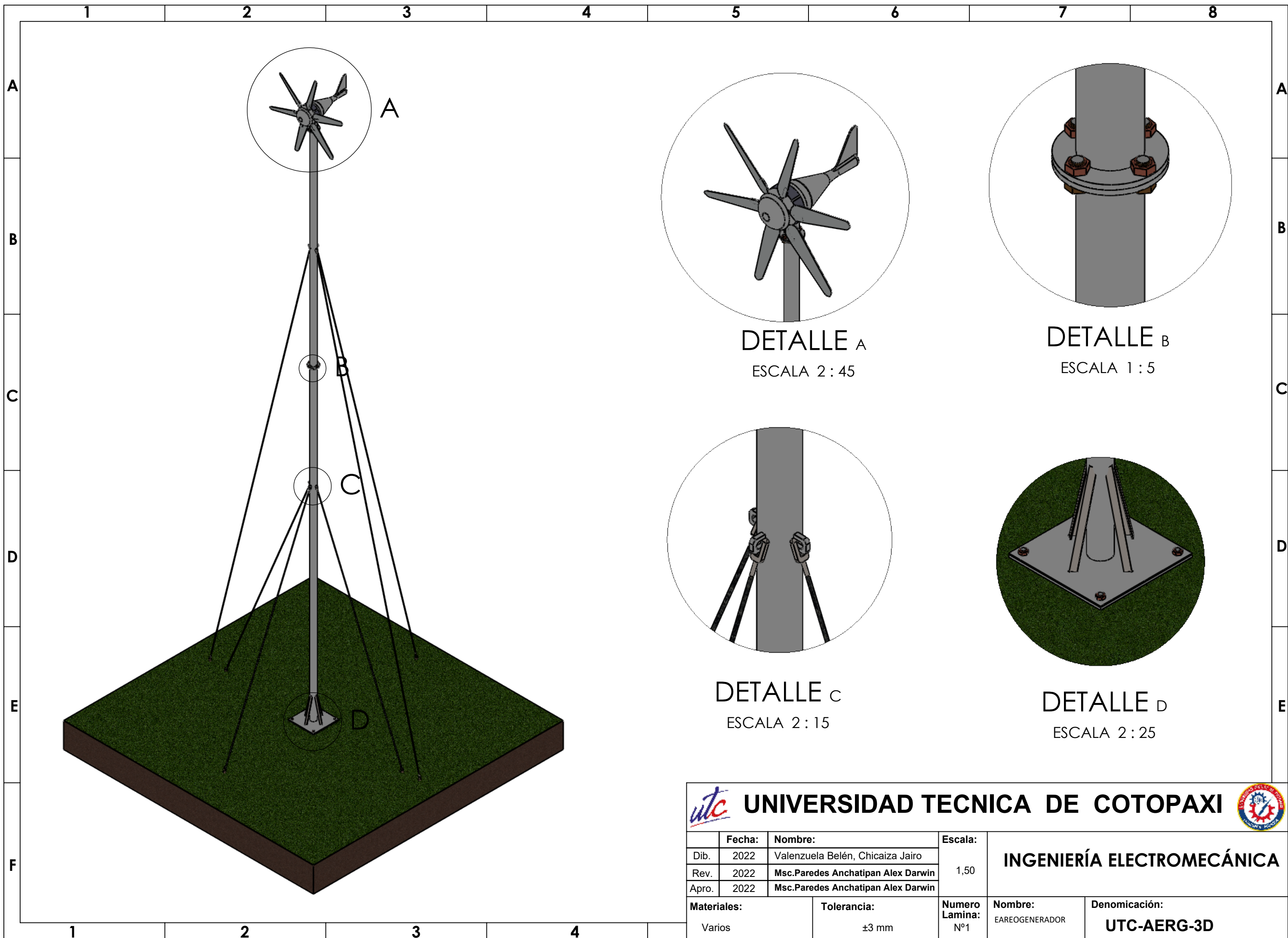
Anexo 11 Reporte Original



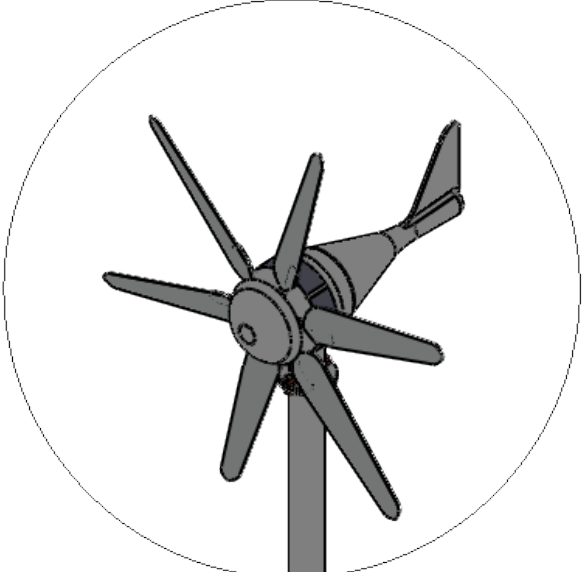
Document Information

Analyzed document	Valenzuela_IMPLEMENTACIÓN DE UN MINI SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA A TRAVÉS DE ENERGÍA EÓLICA COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE..pdf (D132968404)
Submitted	2022-04-07T19:07:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	yoandrys.morales@utc.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	yoandrys.morales.utc@analysis.arkund.com

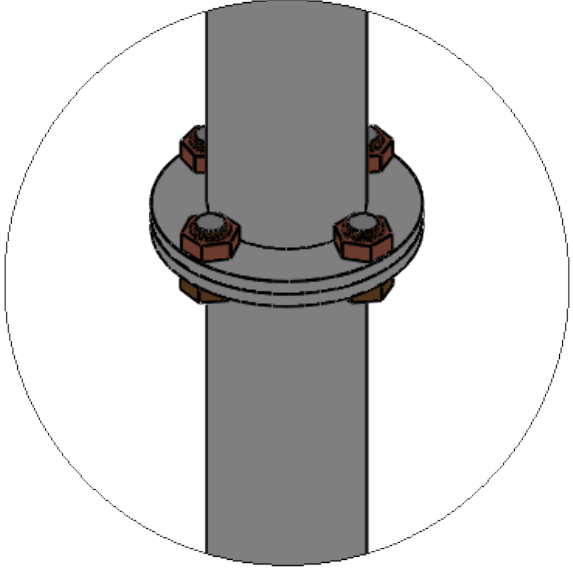
(Chicaiza & Valenzuela, 2022)



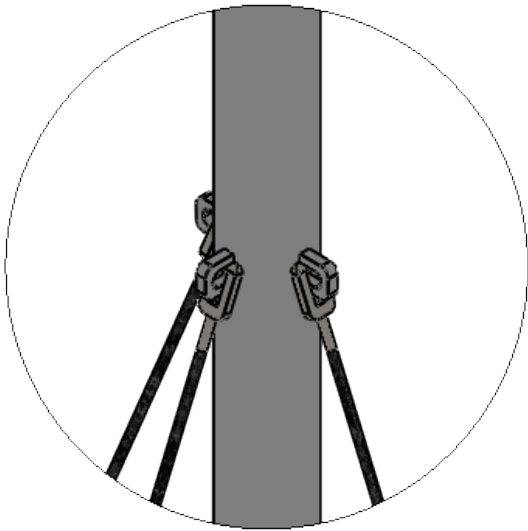
A



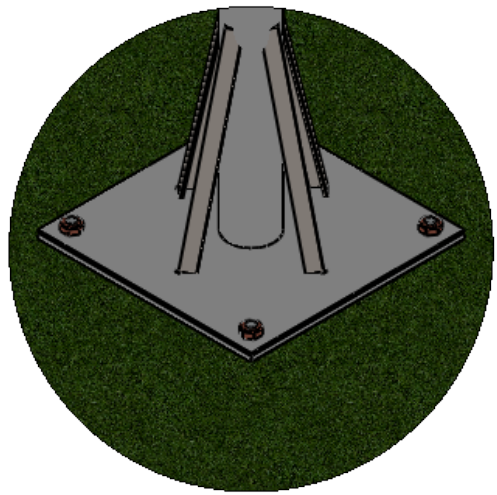
DETALLE A
ESCALA 2 : 45



DETALLE B
ESCALA 1 : 5



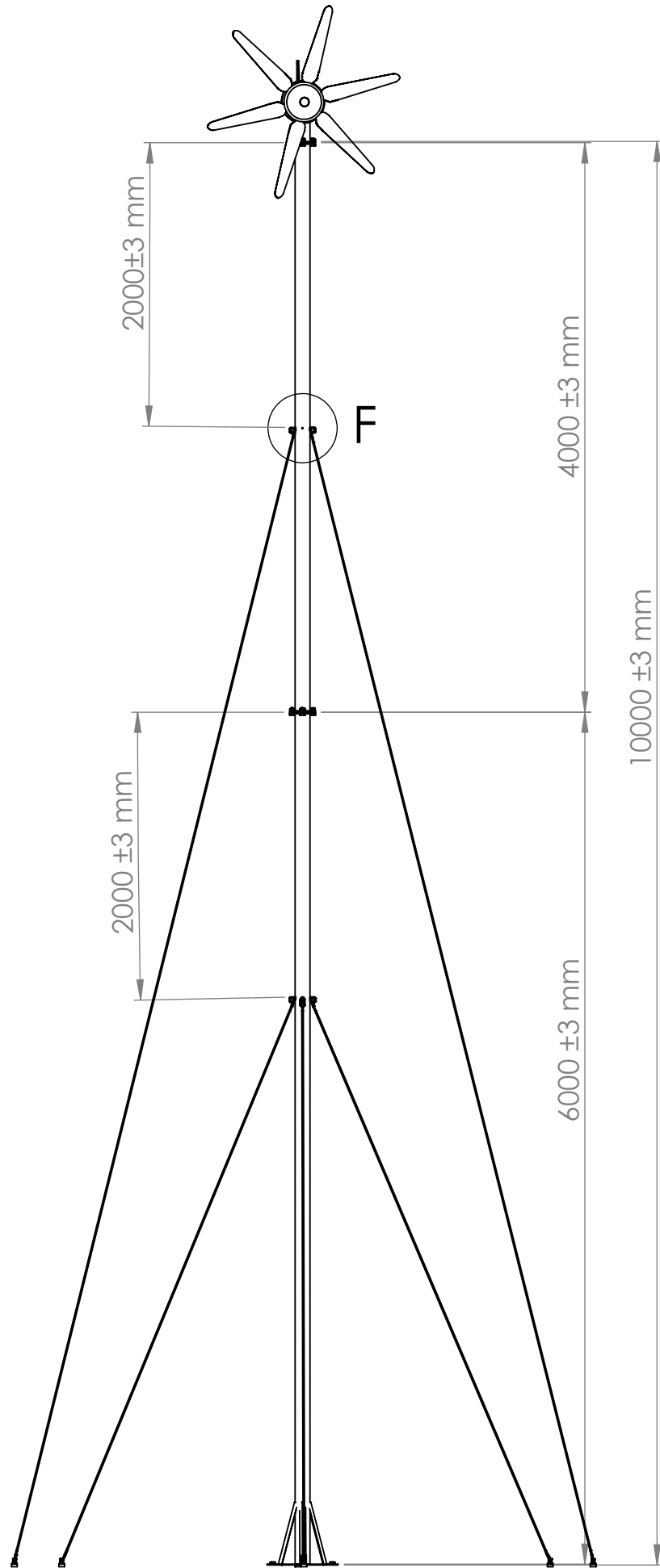
DETALLE C
ESCALA 2 : 15



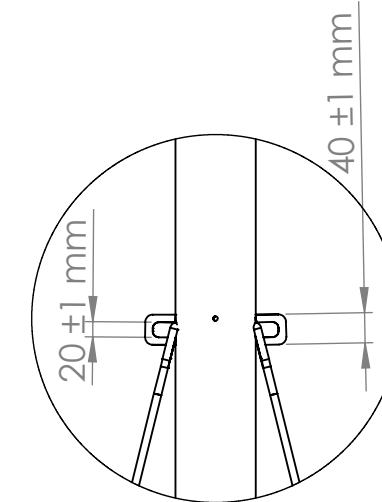
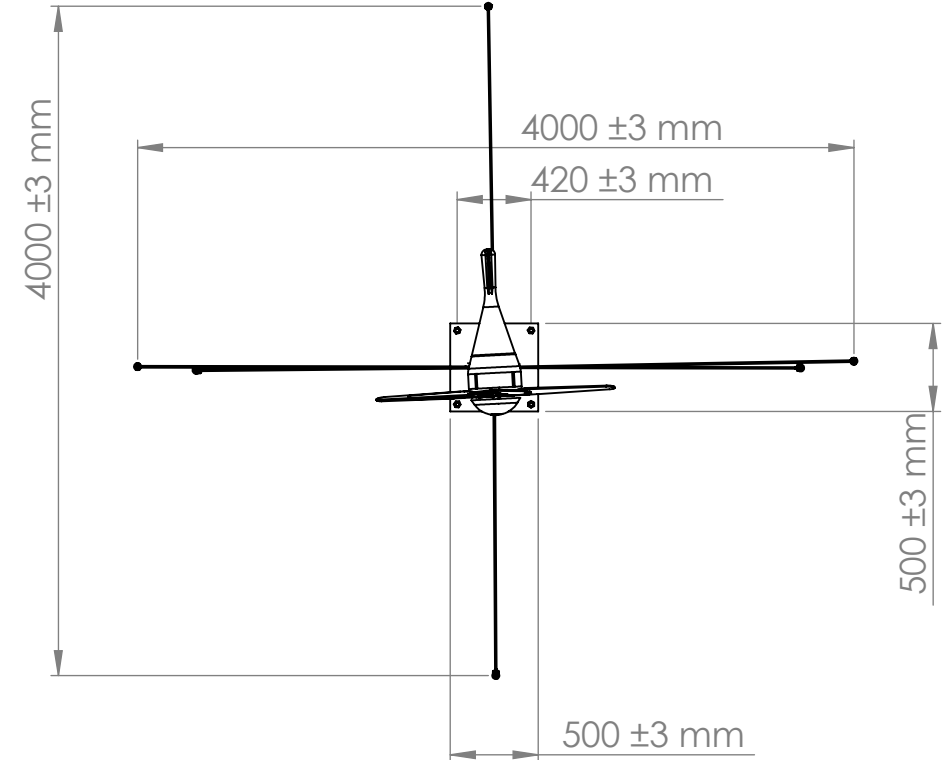
DETALLE D
ESCALA 2 : 25

		UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI			
Fecha:		Nombre:		Escala:	
Dib.	2022	Valenzuela Belén, Chicaiza Jairo		1,50	
Rev.	2022	Msc.Paredes Anchatipan Alex Darwin			
Apro.	2022	Msc.Paredes Anchatipan Alex Darwin			
Materiales:		Tolerancia:		Numero Lamina:	
Varios		±3 mm		Nº1	
				Nombre:	
				EAREOGENERADOR	
				Denominación:	
				UTC-AERG-3D	

VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR



DETALLE F

ESCALA 1 : 10



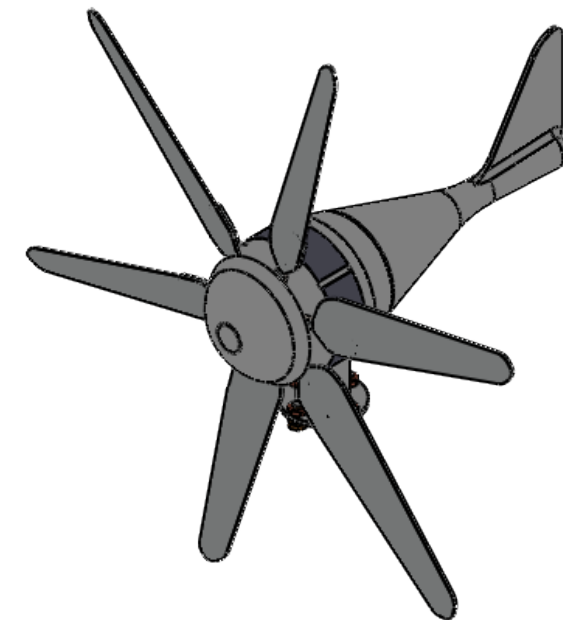
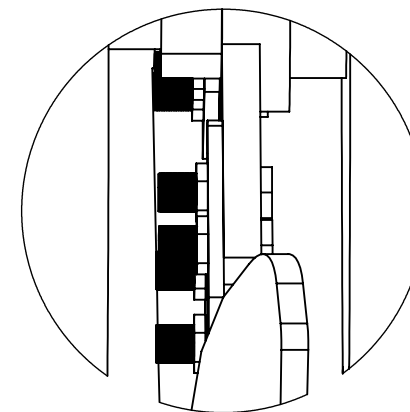
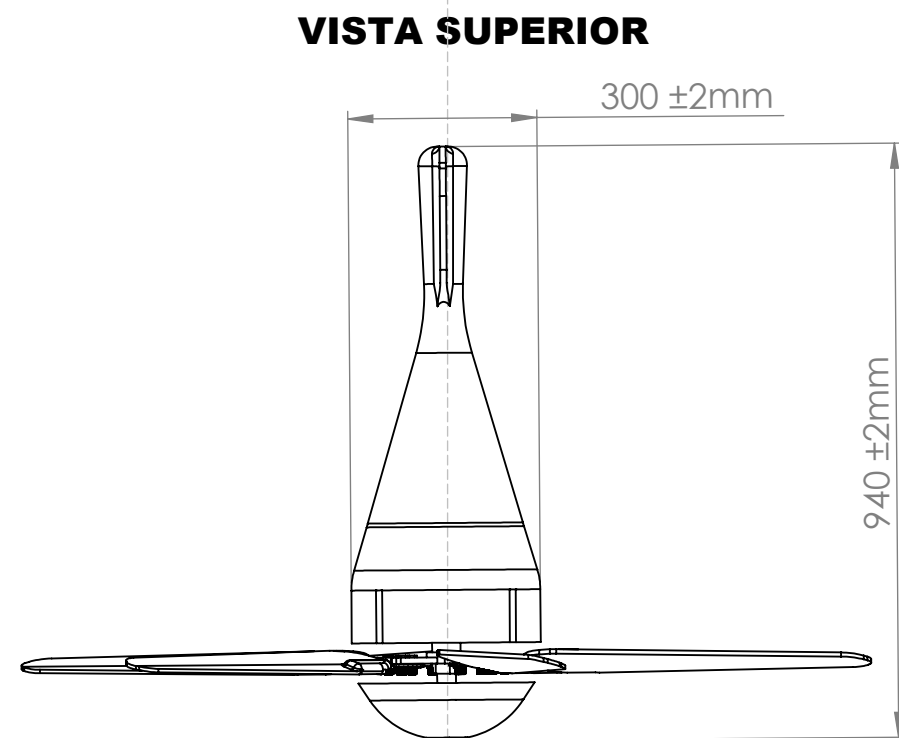
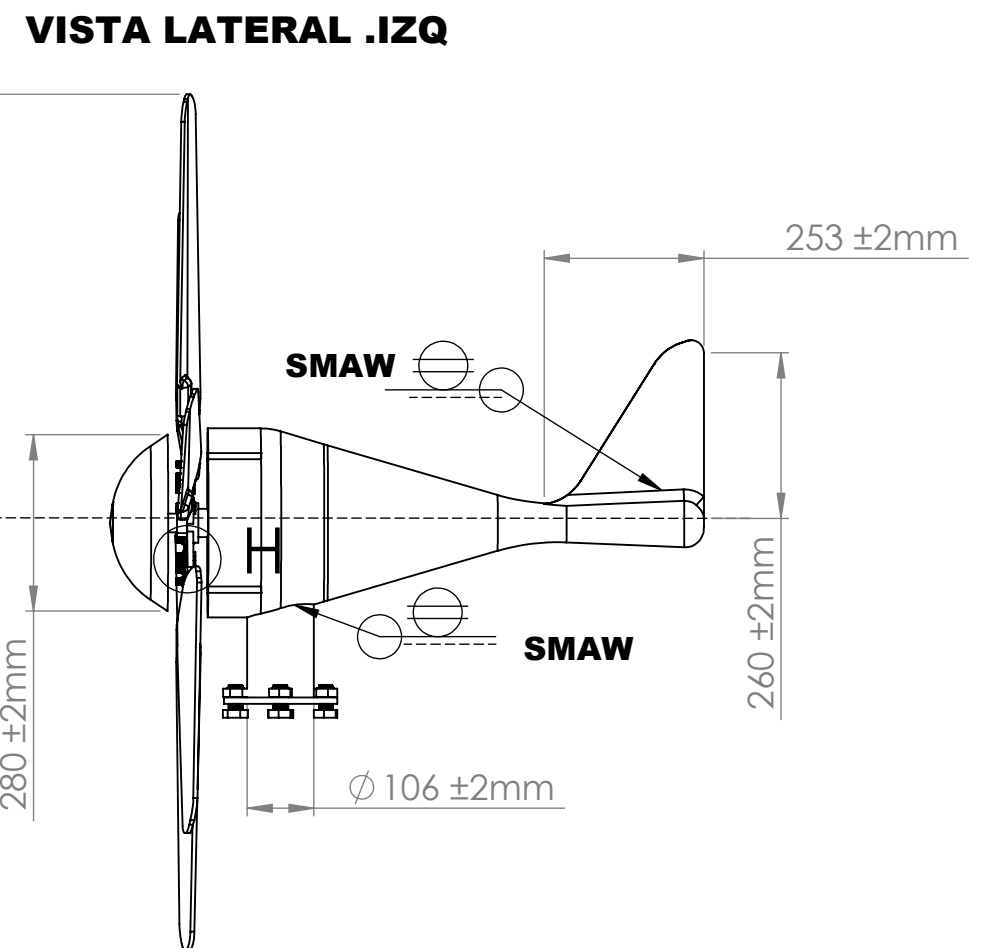
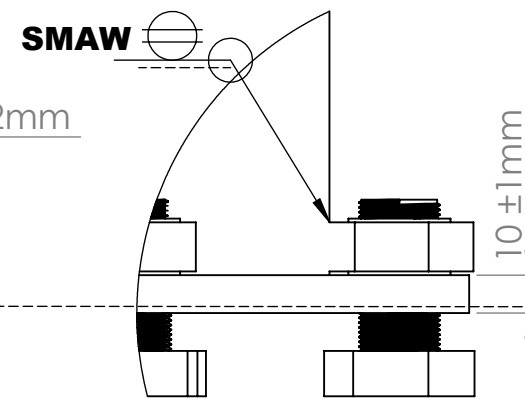
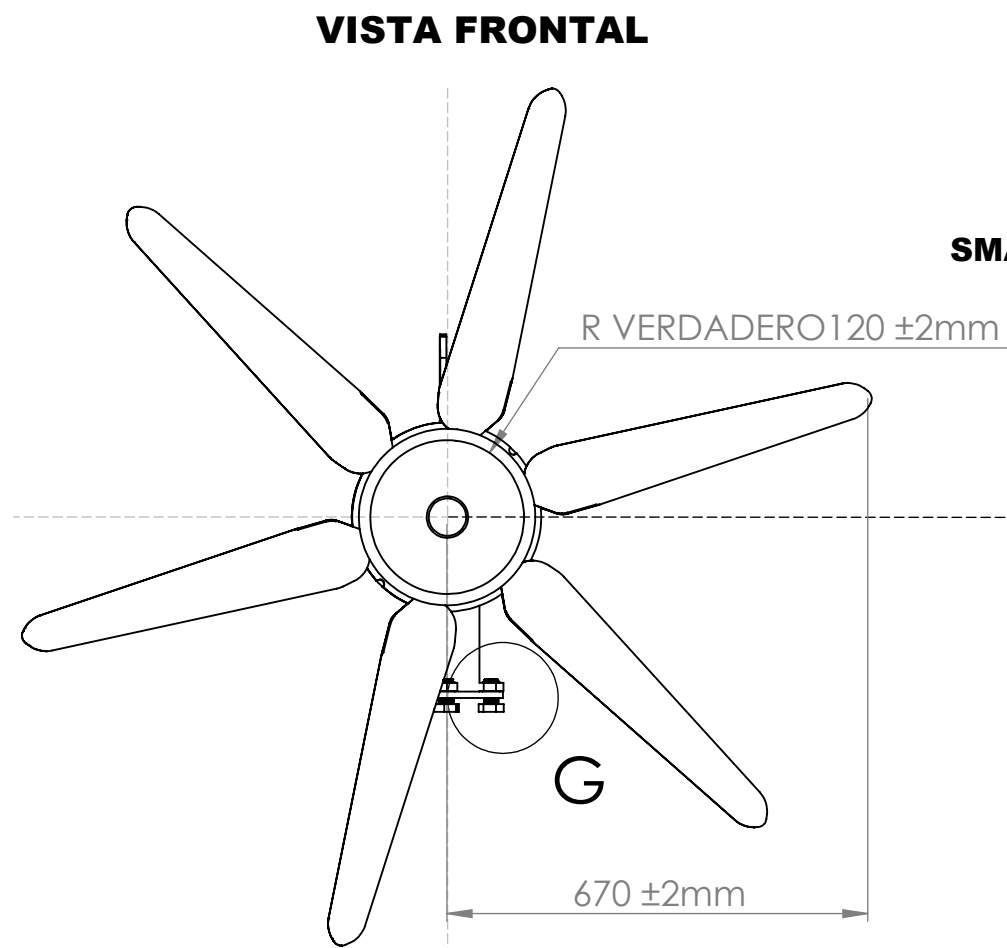
UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI



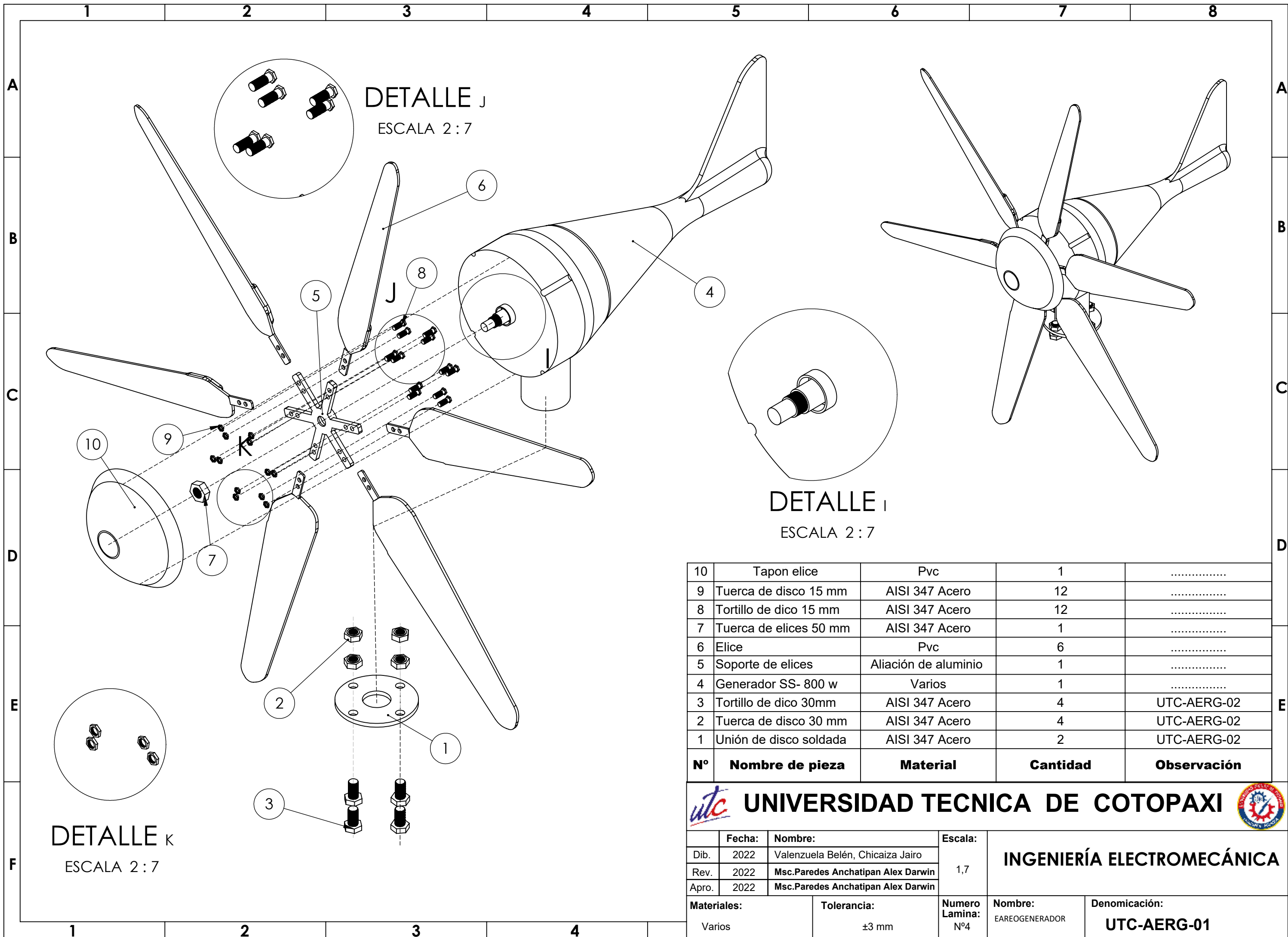
	Fecha:	Nombre:	Escala:
Dib.	2022	Valenzuela Belén, Chicaiza Jairo	1,50
Rev.	2022	Msc.Paredes Anchatipan Alex Darwin	
Apro.	2022	Msc.Paredes Anchatipan Alex Darwin	

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Materiales:	Tolerancia:	Numero Lamina:	Nombre:	Denominación:
Varios	±3 mm	Nº2	EAREOGENERADOR	UTC-AERG-DIMENCIONES



		UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI						
		Fecha:		Nombre:		Escala:		
Dib.	2022	Valenzuela Belén, Chicaiza Jairo		Msc.Paredes Anchatipan Alex Darwin		1,20		
Rev.	2022	Msc.Paredes Anchatipan Alex Darwin		Msc.Paredes Anchatipan Alex Darwin				
Apro.	2022	Msc.Paredes Anchatipan Alex Darwin						
Materiales:			Tolerancia:		Numero Lamina:		Nombre:	
Varios			± 2 mm		Nº3		EAREOGENERADOR	
							Denominación:	
							UTC-AERG	



DETALLE J
ESCALA 2:7

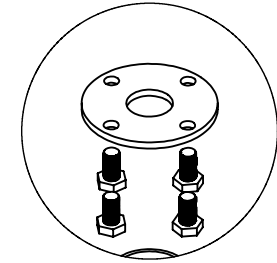
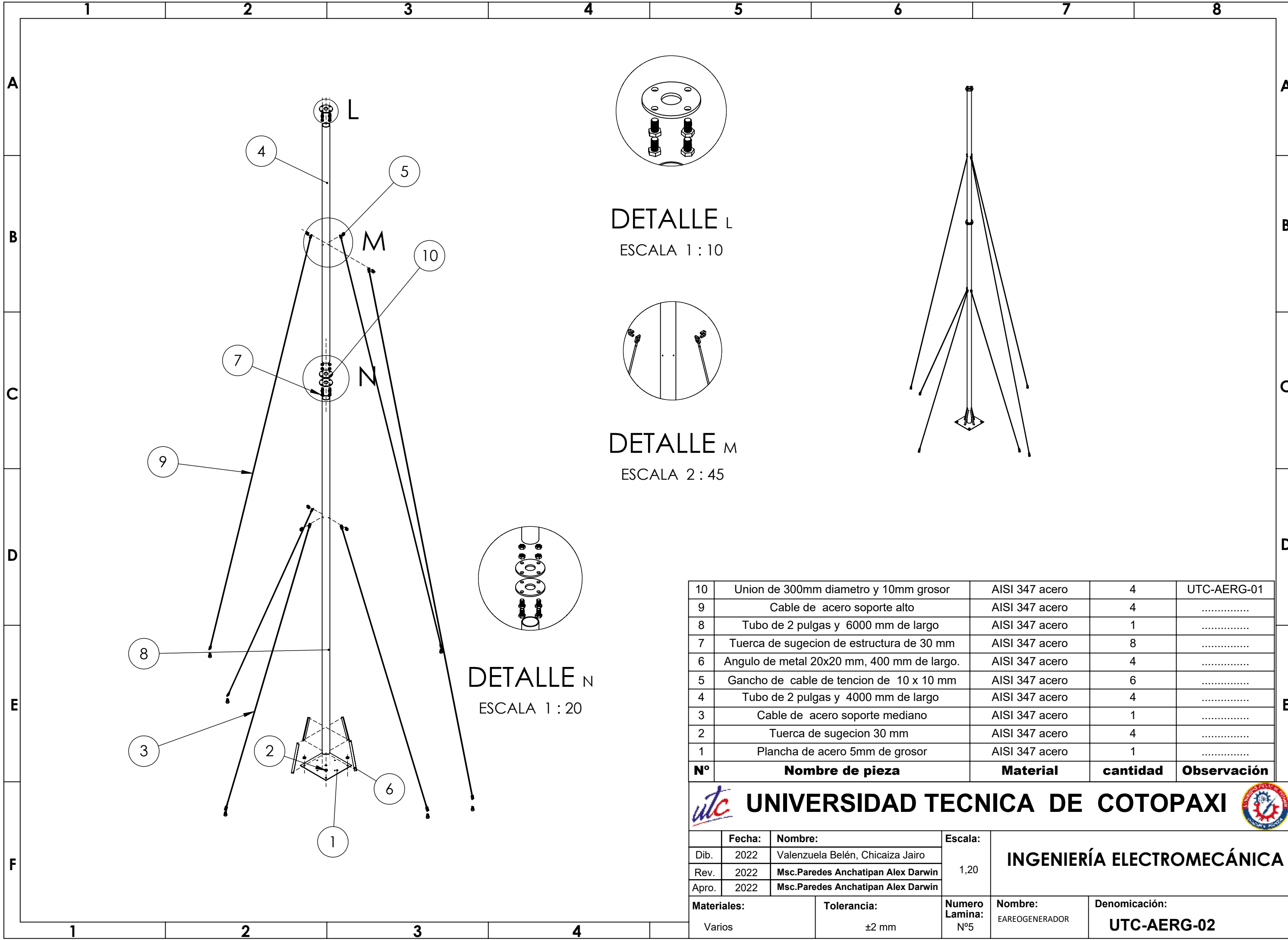
DETALLE I
ESCALA 2:7

DETALLE K
ESCALA 2:7

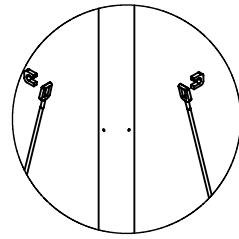
10	Tapon elice	Pvc	1	.....
9	Tuerca de disco 15 mm	AISI 347 Acero	12	.....
8	Tortillo de dico 15 mm	AISI 347 Acero	12	.....
7	Tuerca de elices 50 mm	AISI 347 Acero	1	.....
6	Elice	Pvc	6	.....
5	Soporte de elices	Aliación de aluminio	1	.....
4	Generador SS- 800 w	Varios	1	.....
3	Tortillo de dico 30mm	AISI 347 Acero	4	UTC-AERG-02
2	Tuerca de disco 30 mm	AISI 347 Acero	4	UTC-AERG-02
1	Unión de disco soldada	AISI 347 Acero	2	UTC-AERG-02
Nº	Nombre de pieza	Material	Cantidad	Observación

UTC UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

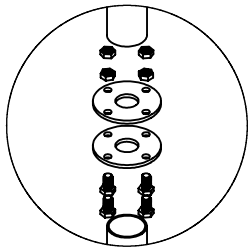
Fecha:		Nombre:		Escala:	
Dib.	2022	Valenzuela Belén, Chicaiza Jairo		1,7	
Rev.	2022	Msc.Paredes Anchatipan Alex Darwin			
Apro.	2022	Msc.Paredes Anchatipan Alex Darwin			
Materiales:		Tolerancia:		Numero Lamina:	
Varios		±3 mm		Nº4	
Nombre:				Denominación:	
EAREOGENERADOR				UTC-AERG-01	



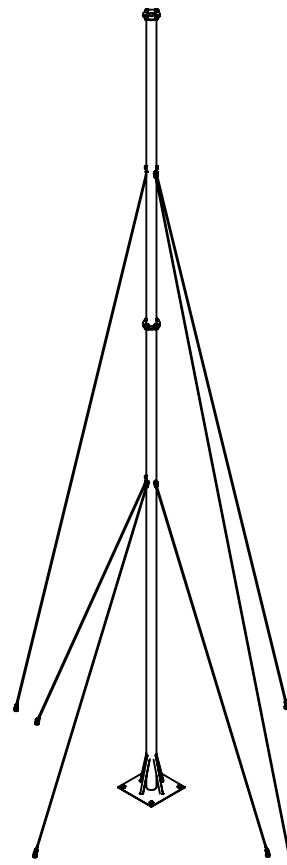
DETALLE L
ESCALA 1 : 10



DETALLE M
ESCALA 2 : 45



DETALLE N
ESCALA 1 : 20



10	Union de 300mm diametro y 10mm grosor	AISI 347 acero	4	UTC-AERG-01
9	Cable de acero soporte alto	AISI 347 acero	4	.....
8	Tubo de 2 pulgadas y 6000 mm de largo	AISI 347 acero	1	.....
7	Tuerca de sugesion de estructura de 30 mm	AISI 347 acero	8	.....
6	Angulo de metal 20x20 mm, 400 mm de largo.	AISI 347 acero	4	.....
5	Gancho de cable de tencion de 10 x 10 mm	AISI 347 acero	6	.....
4	Tubo de 2 pulgadas y 4000 mm de largo	AISI 347 acero	4	.....
3	Cable de acero soporte mediano	AISI 347 acero	1	.....
2	Tuerca de sugesion 30 mm	AISI 347 acero	4	.....
1	Plancha de acero 5mm de grosor	AISI 347 acero	1	.....
N°	Nombre de pieza	Material	cantidad	Observación

utc UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI 

Fecha: 2022		Nombre: Valenzuela Belén, Chicaiza Jairo		Escala: 1,20	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
Rev. 2022		Msc.Paredes Anchatipan Alex Darwin			
Apro. 2022		Msc.Paredes Anchatipan Alex Darwin			
Materiales: Varios		Tolerancia: ±2 mm		Numero Lamina: N°5	Nombre: EAREOGENERADOR
					Denominación: UTC-AERG-02