

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

TESIS DE GRADO

TEMA:

**APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA MEDIANTE EL
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN
GENERADOR EÓLICO EN UNA VIVIENDA UBICADA EN EL
BARRIO LA FLORIDA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE
COTOPAXI EN EL PERIODO 2013 – 2014.**

**Trabajo de investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieros en Medio Ambiente**

Postulantes: Cepeda Paredes William Eduardo
Cepeda Travéz Willan Humberto

Directora: Ing. Alicia Porras

Latacunga – Ecuador - 2015

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, CEPEDA PAREDES WILLIAM EDUARDO y CEPEDA TRAVÉZ WILLIAM HUMBERTO; declaramos bajo juramento que el trabajo descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado en ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración cedo nuestro derecho de propiedad intelectual correspondientes a lo desarrollado en este trabajo, a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, según lo establecido por la ley de la propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

POSTULANTES:

Cepeda Paredes William Eduardo
CI. 050350233-8

Cepeda Travéz Willan Humberto
CI. 050176596-0

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Yo, Ing. Alicia Porras, Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi y Directora de la Presente Tesis de Grado: " APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA MEDIANTE EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO EN UNA VIVIENDA UBICADA EN EL BARRIO LA FLORIDA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2013 – 2014". De autoría de los Señores William Eduardo Cepeda Paredes y Willan Humberto Cepeda Travéz, de la especialidad de Ingeniería de Medio Ambiente. CERTIFICO: Que ha sido prolijamente realizadas las correcciones emitidas por el Tribunal de Tesis. Por lo tanto Autorizo la presentación de este empastado; mismo que está de acuerdo a las normas establecidas en el REGLAMENTO INTERNO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, vigente.

Salache, Marzo 2015

Ing. Alicia Porras A.

DIRECTORA DE TESIS

050227947-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES
LATACUNGA - COTOPAXI - ECUADOR

CERTIFICACIÓN

En calidad de miembros del tribunal para el acto de defensa de tesis de los señores postulantes: **Cepeda Paredes William Eduardo** y **Cepeda Travéz Willan Humberto**, con el Tema: " APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA MEDIANTE EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO EN UNA VIVIENDA UBICADA EN EL BARRIO LA FLORIDA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2013 – 2014", se emitieron algunas sugerencias, mismas que han sido ejecutadas a entera satisfacción, por lo que autorizamos a continuar con el trámite correspondiente.

Ing. Renán Lara

Presidente del Tribunal

Dr. Polivio Moreno
Secretario del Tribunal

Ing. Ivonne Endara
Miembro del Tribunal



“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”
LATACUNGA-COTOPAXI-ECUADOR

CERTIFICACIÓN SUMMARY

Yo, **Lic. Amparo Romero**, con cédula de identidad N° **050136918-5**, en mi calidad de profesor del idioma inglés de la Universidad Técnica de Cotopaxi, certifico haber revisado el resumen de la Tesis de los Sres. **Cepeda Paredes William Eduardo y Cepeda Travéz Willan Humberto**, egresados de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Dejando el contenido bien estructurado y libre de errores.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad, el interesado puede hacer uso del presente documento como crea conveniente.

Lo certifico:

.....
Lic. Amparo Romero
050136918-5

AGRADECIMIENTO

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de su culminación. Nuestros sinceros agradecimientos están dirigidos hacia nuestra Directora de Tesis Ing. Alicia Porras, quien con su ayuda desinteresada, nos brindó información relevante, próxima, pero muy cercana a la realidad de nuestras necesidades. A nuestra familia por siempre brindarnos su apoyo, tanto sentimental, como económico.

Gracias Dios, gracias Padres y Hermanos.

William Eduardo Cepeda P.

Willan Humberto Cepeda T.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi esposa y a mis hijas quienes fueron un gran apoyo emocional durante el tiempo en que escribía esta tesis.

A mis padres quienes me apoyaron todo el tiempo.

A mi madre quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

A todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

William Eduardo Cepeda P.

DEDICATORIA

*Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi capacidad, a mis hijos y esposa por su paciencia y apoyo incansable. Es por ellos que soy lo que soy ahora.
Los amo con mi vida.*

Willan Humberto Cepeda T.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAG.
PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
CERTIFICACIÓN	iv
CERTIFICACIÓN SUMMARY	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
INDICE GENERAL.....	ix
INDICE DE FIGURAS	xiv
INDICE DE TABLAS	xiv
TEMA DE TESIS	xv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	xvii
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	xix
III. JUSTIFICACIÓN	xxi
IV. OBJETIVOS	xxiii
OBJETIVO GENERAL.....	xxiii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	xxiii
CAPÍTULO I	1
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	1
1.1. Marco Teórico.....	1
1.1.1 Energía.....	1
1.1.2 El Concepto de Energía en Física.....	1
A. Física Clásica.....	2

1.1.3	Energías Alternativas.....	6
A.	Energía Solar	8
B.	Energía Solar Térmica.....	9
C.	Energía Solar Fotovoltaica.....	10
D.	Energía Hidráulica.....	10
E.	Energía de las Mareas	11
F.	Energía Térmica Oceánica	12
G.	Energía de las Olas.....	13
H.	La Biomasa.....	14
I.	Energía Geotérmica.....	15
1.1.4	Energía Eólica	16
1.1.4.1	Cómo se Produce y Obtiene.....	16
A.	Parque Eólico	17
1.1.4.2	Aplicaciones de la Energía Eólica.....	19
A.	Esquema Básico del Sistema:.....	21
B.	Capacidad del Sistema	22
C.	Torres	22
A.	Telecomunicaciones.....	23
B.	Sistemas Híbridos:.....	24
1.1.5	Generador Eólico.....	24
1.1.5.1	Aerogeneradores	24
1.1.5.2	El Rendimiento de los Aerogeneradores.....	27
1.1.5.3	Eficiencia de los Aerogeneradores.....	28
1.1.5.4	Potencia vs Velocidad del Viento	30
1.1.5.5	Potencialidad de un Sistema Eólico	31
1.1.5.6	Viabilidad.....	31
1.1.5.7	Magnitud del Aerogenerador	31
1.1.5.8	Torre del Aerogenerador	32
1.1.6	Normativa.....	33
1.1.6.1	Sector Eléctrico en Ecuador	33

1.1.6.2	Marco Institucional	33
1.1.6.3	Normativa de Energías Renovables en el Ecuador	33
1.1.6.4	Ley de Régimen del Sector Eléctrico LRSE, Suplemento-Registro Oficial N° 43	34
1.1.6.5	Capitulo XI Exenciones y Exoneraciones, se trata de las ventajas arancelarias y exoneraciones del impuesto a la renta.....	35
1.1.6.6	Reglamentos que Incentivan las Energías Renovables en Ecuador	35
1.1.7	Marco Conceptual	36
	CAPÍTULO II.....	40
	2. DISEÑO METODOLÓGICO	40
	2.1. Tipos de Investigación	40
2.1.1.	Investigación Aplicada	40
2.1.2.	Investigación de Campo.....	40
2.1.3	Investigación bibliográfica	41
2.1.4	Investigación cuantitativa.....	41
	2.2 Métodos y Técnicas de Investigación.....	41
2.2.1	Métodos	41
2.2.1.1	Método Deductivo	41
2.2.1.2	Método Inductivo	42
2.2.1.3	Método Sintético	43
	2.3 Materiales y Equipos.....	44
2.3.1	Materiales	44
2.3.2	Equipos	44
	2.4 Descripción del Área de Estudio	45
2.4.1	Ubicación.....	45
2.4.2	Velocidad del Viento	46
2.4.3	Densidad Potencial	46
	2.5 Metodología	47
2.5.1	Metodología cálculo de la huella de carbono	48

CAPÍTULO III	49
3. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE UN AEROGENERADOR.....	49
3.1. Introducción.....	49
3.2 Parámetros de Diseño	50
3.2.1 Diseño Preliminar	50
3.4 Construcción del Prototipo de Aerogenerador.....	56
3.4.1 Moldes de Policarbonato.....	56
3.4.2 Fibra de Vidrio.....	57
3.4.3 Insumos Necesarios	58
3.4.4 Aplicación de Insumos.....	58
3.4.5 Pulido	59
3.4.6 Pintura.....	60
3.4.7 Centrado del Rotor con el Mástil	60
3.4.8 Ensamblaje.....	61
3.4.9 Ensamble del Rotor.....	62
3.4.10 Perforación y Centrado de Polea Transmisora.....	62
3.4.11 Ensamblaje Total del Aerogenerador.....	63
3.5 Implementación del aerogenerador en la vivienda	63
3.6 Diseño del Sistema Eléctrico del Aerogenerador	64
3.6.1 Esquema de Generación del Aerogenerador.....	64
3.7 Evaluación de Desempeño Costos y Beneficios.....	67
3.7.1 Generalidades.....	67
3.7.2 Cálculos.....	68
3.7.3 Costo del Proyecto	70
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
4.1 CONCLUSIONES.....	72
4.2 RECOMENDACIONES.....	73

5. BIBLIOGRAFÍA	74
5.1. BIBLIOGRAFIA INVESTIGADAS	74
5.2 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
5.3 LINGÜÍSTICA	76
6. ANEXOS	77
FOTOGRAFÍAS.....	78
PLANOS.....	119

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 ENERGÍA DE LAS MAREAS.....	12
FIGURA N° 2 ENERGÍA DE LAS OLAS.....	14
FIGURA N° 3 PARQUE EÓLICO.....	18
FIGURA N° 4 APLICACIONES DE LA ENERGÍA EÓLICA.....	20
FIGURA N° 5 ESQUEMA BÁSICO DEL SISTEMA.....	21
FIGURA N° 6 TORRES.....	23
FIGURA N° 7 SISTEMAS HÍBRIDOS.....	24
FIGURA N° 8 ESQUEMA DE AEROGENERADOR Y DE UNA INSTALACIÓN EÓLICA.....	26
FIGURA N° 9 POTENCIA EXTRAÍBLE POR METRO CUADRADO DE ÁREA CUBIERTA POR EL ROTOR.....	28
FIGURA N° 10 AEROGENERADOR.....	29
FIGURA N° 11 VOLUMEN DEL ROTOR.....	29
FIGURA N° 12. POTENCIA VS VELOCIDAD DEL VIENTO.....	30
FIGURA N° 13 UBICACIÓN GEOREFENCIADA DEL PROYECTO.....	45
FIGURA N° 14 VELOCIDAD MEDIA DE VIENTO ANUAL.....	46
FIGURA N° 15 DENSIDAD DE POTENCIA POR METRO CUADRADO.....	47
FIGURA N° 16 ESQUEMATIZACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO.....	48
FIGURA N° 17 BOCETO DEL DISEÑO PRELIMINAR EN 3D.....	50
FIGURA N° 18 CURVA DE POTENCIA ALTERNADOR 12V VS. 24V.....	51
FIGURA N° 19 MODELADO DE BASES SOPORTE DE LOS ÁLABES.....	52
FIGURA N° 20 MODELADO DE LAS HÉLICES.....	53
FIGURA N° 21 MODELADO DEL VÁSTAGO DEL ROTOR.....	53
FIGURA N° 22 MODELADO DEL SOPORTE TENSOR DEL ALTERNADOR.....	54
FIGURA N° 23 MODELADO DEL ALTERNADOR DE 24V.....	55
FIGURA N° 24 MODELADO DEL MÁSTIL.....	55
FIGURA N° 25 ENSAMBLAJE FINAL EN 3D.....	56
FIGURA N° 26 ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL AEROGENERADOR.....	65

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 CAPACIDAD DEL SISTEMA.....	22
TABLA N° 2 COSTO DEL PROYECTO.....	70

TEMA DE TESIS

"APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA MEDIANTE EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO EN UNA VIVIENDA UBICADA EN EL BARRIO LA FLORIDA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2013 – 2014".

RESUMEN

El presente proyecto busca realizar el diseño de un aerogenerador que permita utilizar el recurso eólico de una manera eficiente, con el uso materiales reciclados evitando que se conviertan así en pasivos ambientales, es decir contribuyendo al cuidado del medio ambiente desde estos dos frentes; en el diseño se contempla como parte fundamental la reducción de peso de la estructura para disminuir la inercia que el viento debe vencer para iniciar con la generación de energía eléctrica, a más de eso se buscó un diseño más actual y compacto que permita el aprovechamiento de la energía eólica de manera más eficiente, es así que se ahorra tiempo y recursos; mediante el uso de un software de diseño en 3 dimensiones se evitó la experimentación en la construcción, el mismo que permite evaluar fallas prematuras del sistema, a más de generar los planos correspondientes para la respectiva construcción del prototipo, mismo que se realizó con materiales disponibles en el mercado como son el aluminio y la fibra de vidrio para con esto tratar de optimizar el peso de la estructura, además se usó rodamientos para disminuir la fricción y evitar pérdidas de energía logrando que el prototipo arranque con una velocidad del viento de 6 m/s, por último se procede a la implementación del artefacto en la vivienda, permitiéndose con esto probar el comportamiento del mismo en condiciones reales, y llegar a las respectivas conclusiones del proyecto y la obtención de las recomendaciones más acertadas para mejorar el desempeño del generador eólico.

ABSTRACT

"USE OF WIND POWER THROUGH THE DESIGN, CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF A WIND GENERATOR IN A HOUSE LOCATED IN "LA FLORIDA" NEIGHBORHOOD, SALCEDO CANTON, COTOPAXI PROVINCE DURING THE PERIOD 2013 - 2014".

This research pretends to develop a wind turbine design. It lets to use the wind resource in an efficient way. This action consists the recycled materials use. It avoids to become environmental liabilities. In other words, it contributes to take care the environment since two sides. In the design as a fundamental part of weight reduction of the structure to decrease the wind inertia must be overcome to start the power generation. In addition, it looks for a more modern and compact design that allows the use of wind energy more efficiently. This saves time and resources. Using design software experimentation 3 dimensional construction avoided. So, it allows evaluating premature failure of the system. It generates more than the plans for their prototype construction. This was performed with materials available in the market such as: aluminum and fiberglass with this challenge optimized the structure support. Also, bearings are used to reduce friction and prevent energy losses making the prototype start with a wind speed of 6 m / s. Finally, we proceed the device implementation at home. This same conduct was tested under real conditions. It helps to reach the respective conclusions and recommendations of the project.

I. INTRODUCCIÓN

La energía ha sido siempre un elemento muy importante para el desarrollo de la humanidad. Inicialmente el ser humano utilizaba formas de energía convencionales como la leña o la biomasa para generar fuego y así poder cocer alimentos, ahuyentar animales y mantener el calor. Con el tiempo las fuentes de energía evolucionaron y a partir de procesos de conversión se pudo generar vapor, energía mecánica y electricidad. Las fuentes de energía más utilizadas a lo largo de la historia han sido el carbón, el petróleo, la energía nuclear o el gas natural. En la actualidad, las energías renovables (solar, hidráulica, eólica,...) tienen también un papel muy importante.

Sin embargo, a pesar de la evolución de las distintas fuentes de energía, actualmente se estima que más de dos mil millones de personas en países en vías de desarrollo, más concretamente en las zonas rurales, sólo cuentan con fuentes de energía tradicional como leña, carbón vegetal o estiércol para satisfacer sus necesidades energéticas. Además, estas personas tampoco tienen acceso a los procesos de conversión de energía, por lo que no pueden acceder a servicios como la iluminación, la refrigeración, el bombeo de agua o el transporte, todos ellos derivados de la electricidad.

La energía eólica se considera una forma indirecta de energía solar. Entre el 1 y 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento, debido al movimiento del aire ocasionado por el desigual calentamiento de la superficie terrestre. La energía cinética del viento puede transformarse en energía útil, tanto mecánica como eléctrica.

En algunos países, como Dinamarca y Alemania, existen granjas eólicas, en las que cientos de molinos son impulsados por el viento, produciéndose electricidad suficiente para alimentar ciudades completas.

La energía eólica se considera una forma indirecta de energía solar, puesto que el sol, al calentar las masas de aire, produce un incremento de la presión atmosférica y con ello el desplazamiento de estas masas a zonas de menor presión. Así se da origen a los vientos como un resultado de este movimiento, la energía cinética puede transformarse en energía útil, tanto mecánica como eléctrica.

La energía eólica, transformada en energía mecánica ha sido históricamente aprovechada, pero su uso para la generación de energía eléctrica es más reciente, existiendo aplicaciones de mayor escala desde mediados de la década del 70 en respuesta a la crisis del petróleo y a los impactos ambientales derivados del uso de combustibles fósiles.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Ecuador a pesar de poseer disponibilidad de gran cantidad de recurso eólico para la generación de energía eléctrica la misma no es aprovechada de manera adecuada, este modo de generar energía eléctrica limpia es una forma económica de generar energía alternativa para evitar el uso de generadores de combustión interna para compensar las deficiencias del sistema energético del país en épocas de estiaje, el consumo de energía eléctrica en el país es de 18.469 Gigavatios por hora (GWh) tomado de la revista EnergyTech News Edición 001, cifra que corresponde al cálculo establecido a septiembre de 2012 realizado por parte de las empresas expendedoras de energía eléctrica, con lo que se observa la falta de cultura de ahorro energético en el País lo que obliga a las autoridades a buscar nuevas alternativas de generación eléctrica.

La provincia de Cotopaxi está particularmente beneficiada por tener gran cantidad de recurso eólico ya que al estar ubicada en la cordillera de los andes cuenta con condiciones favorables para el aprovechamiento del viento como recurso para generación de energía limpia, pero lamentablemente no son aprovechados con este fin. Casi en su totalidad la energía proviene de la red nacional con un total de 245,02 GWh y tan solo 1,04 GWh autogenerados, en Cotopaxi la empresa más representativa de autogeneración es ENERMAX, esta central hidroeléctrica es un modelo que genera energía limpia y amigable con el medioambiente. Reduce anualmente el envío de 63000 toneladas de CO₂ al ambiente. Su potencia instalada es de 16.6 MW. ENERMAX es la empresa propietaria de la Central Hidroeléctrica Calope, ubicada cerca de La Maná. Provee a Corporación Favorita y sus empresas filiales de energía eléctrica limpia, eficiente y económica.

En el Cantón Salcedo se tiene registros por parte de la estación meteorológica de Rumipamba M004 con coordenadas Latitud 1G 1' 12" S y Longitud 78G 35' 41" W, la cual cuenta con datos interesantes sobre la velocidad del viento en el Cantón que

prácticamente son constantes a lo largo de todo el año los mismos que podrían ser utilizados para la generación de la energía eólica, ya que en promedio los datos registrados en la estación meteorológica de Rumipamba en los últimos 10 años han sido de 5,0 m/s velocidad suficiente para hacer funcionar un generador eólico, con el que se pretende generar 50 kWh con lo cual se ahorraría 7,14 dólares al mes, en Salcedo se consume 118,50 kWh, con 16,92 dólares de gasto mensual promedio por hogar con lo cual se ahorraría el 40% de la energía consumida.

El problema radica en la falta de investigación en temas relacionados a la generación de energía eólica en el país, contrastado con el alto consumo de energía eléctrica que se da en la región por la falta de cultura energética que actualmente se ve evidenciada en los registros de alto consumo por parte de las empresas eléctricas del país, en promedio tan solo utilizamos energía hidroeléctrica hasta el 60,70% del consumo del país, el Estado compra por el restante 39% de la energía a precios mucho más altos por lo que entrega a la población un costo de energía mucho más alto de lo que la potencialidad hidroeléctrica del país permitiría para esto el gobierno está implantando la construcción de nuevas hidroeléctricas que serán útiles para generar energía limpia estos proyectos son de gran importancia pero requieren altas inversiones y tiempo para esto se debería invertir en energía eólica más económica y rápida de generar para evitar el uso de generadores de combustión interna mientras se termina de construir los proyectos hidroeléctricos.

En el presente proyecto el objeto de estudio es el generador eólico y el campo de acción es la vivienda donde se implementara el mismo.

III. JUSTIFICACIÓN

Como consecuencia del problema antes descrito se realizó esta investigación, ya que la energía eólica como un tipo de energía limpia nos permitirá ayudar a disminuir el uso de otros tipos de energías más contaminantes, y ayudando de cierta forma a mitigar efectos de calentamiento global ocasionados por el uso de este tipo de combustibles.

En vista del alto consumo de energía eléctrica en el país el presente proyecto tiene la finalidad de mitigar los problemas ambientales causados por el uso de combustibles fósiles en generadores diésel mediante la construcción de un generador de energía eólica.

Desde el punto de vista económico y ambiental el proyecto se justifica en el aprovechamiento de energías renovables disminuyendo así el consumo de combustibles fósiles, a más del beneficio económico de la familia que al ahorrar consumo de energía eléctrica obtendrá, como el proyecto se pretende construir con materiales reciclados se reducirán pasivos ambientales de materiales que se encuentran en desuso, para utilizarlos en la construcción del aerogenerador aprovechando al máximo los recursos disponibles.

El proyecto está dirigido hacia la búsqueda de mejores recursos alternativos y económicos que abastezcan las necesidades imperantes en país como es la dotación de energía eléctrica.

La energía de tipo eólica ha dado muy buenos resultados en países desarrollados; este no es el caso de Ecuador debido a que el aprovechamiento de ese recurso tan disponible e inagotable como es el viento no ha sido difundido de una manera significativa; pero, la construcción de un aerogenerador casero es sencilla y barata con su consecuente aprovechamiento económico. Por lo tanto mediante este trabajo se busca el proponer una posibilidad de obtener electricidad casera, vale decir a mediana escala, para

poblaciones rurales alejadas del cableado eléctrico e incluso para zonas urbanas que deseen un medio limpio y relativamente sencillo de abastecimiento.

Los beneficiarios directos del proyecto son los habitantes de la vivienda donde se pretende implementar el generador, indirectamente será beneficiario el medio ambiente ya que dejara de recibir cierta cantidad de emisiones de gases contaminantes.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Aprovechar la energía eólica mediante el diseño, construcción e implementación de un generador eólico en una vivienda ubicada en el Barrio La Florida, Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi en el periodo 2013 – 2014.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un generador eólico de baja potencia para una vivienda en el cantón Salcedo
- Construir e implementar el generador eólico mediante el uso de materiales reciclados.
- Conocer los beneficios ambientales y económicos del generador eólico.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Marco Teórico

1.1.1 Energía

Según: ROLDAN. (2008). Manifiesta que la energía "Es la capacidad de los cuerpos o conjuntos de éstos para desarrollar un determinado trabajo". p. 2

El término energía tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, transformar o poner en movimiento. En física, «energía» se define como la capacidad para realizar un trabajo. En tecnología y economía, «energía» se refiere a un recurso natural y la tecnología asociada para explotarla y hacer un uso industrial o económico del mismo.

1.1.2 El Concepto de Energía en Física

La energía es una magnitud física abstracta, ligada al estado dinámico de un sistema cerrado y que permanece invariable con el tiempo. También se puede definir la energía de sistemas abiertos, es decir, partes no aisladas entre sí de un sistema cerrado mayor.

Un enunciado clásico de la física newtoniana afirmaba que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma.

1.1.2.1 Energía en Diversos Tipos de Sistemas Físicos

Todos los cuerpos, poseen energía debido a su movimiento, a su composición química, a su posición, a su temperatura, a su masa y a algunas otras propiedades. En las diversas disciplinas de la física y la ciencia, se dan varias definiciones de energía, por supuesto todas coherentes y complementarias entre sí, todas ellas siempre relacionadas con el concepto de trabajo.

A. Física Clásica

➤ En mecánica:

Según: ANTÓN (2007). Manifiesta que la energía mecánica "Es la suma de las energías potencial y cinética asociadas a un objeto". p .298

La Energía mecánica es la combinación o suma de los siguientes tipos:

- **Energía cinética:** debida al movimiento.
- **Energía potencial** la asociada a la posición dentro de un campo de fuerzas conservativo como por ejemplo: Energía potencial gravitatoria
- **Energía potencial elástica,** debida a deformaciones elásticas. También una onda es capaz de transmitir energía al desplazarse por un medio elástico.

➤ **En electromagnetismo:**

Energía electromagnética que se compone de:

- Energía radiante
- Energía calórica
- Energía potencial eléctrica.

➤ **En termodinámica:**

Energía interna, suma de la energía mecánica de las partículas constituyentes de un sistema

➤ **Química**

En química aparecen algunas formas específicas no mencionadas anteriormente:

Según: CASABÓ (2007), manifiesta que la energía de ionización "Es cuando un átomo pierde uno de sus electrones, en ese caso el átomo se convierte en un ion positivo o un catión ".p. 80

- **Energía de ionización**, una forma de energía potencial, es la energía que hace falta para ionizar una molécula o átomo.
- **Energía de enlace** es la energía potencial almacenada en los enlaces químicos de un compuesto. Las reacciones químicas liberan o absorben esta clase de energía, en función de la entalpía y energía calórica.

➤ **Energía potencial**

La energía potencial puede pensarse como la energía almacenada en un sistema, o como una medida del trabajo que un sistema puede entregar. Más rigurosamente, la energía potencial es una magnitud escalar asociada a un campo de fuerzas (o como en elasticidad un campo tensorial de tensiones).

Cuando la energía potencial está asociada a un campo de fuerzas, la diferencia entre los valores del campo en dos puntos A y B es igual al trabajo realizado por la fuerza para cualquier recorrido entre B y A.

La energía potencial puede definirse solamente cuando existe un campo de fuerzas es conservativa, es decir, que cumpla con alguna de las siguientes propiedades:

El trabajo realizado por la fuerza entre dos puntos es independiente del camino recorrido.

El trabajo realizado por la fuerza para cualquier camino cerrado es nulo.

Cuando el rotor de F es cero (sobre cualquier dominio simplemente conexo).

➤ **Magnitudes relacionadas**

La energía se define como la capacidad de realizar un trabajo. Energía y trabajo son equivalentes y, por tanto, se expresan en las mismas unidades. El calor es una forma de energía, por lo que también hay una equivalencia entre unidades de energía y de calor. La capacidad de realizar un trabajo en una determinada cantidad de tiempo es la potencia.

Según: FOURNIER (2003), manifiesta que la energía como recurso natural "Es la energía que en sus diferentes formas es de fundamental importancia para la vida del hombre". p. 108

➤ **La energía como recurso natural**

En tecnología y economía, una fuente de energía es un recurso natural, así como la tecnología asociada para explotarla y hacer un uso industrial y económico del mismo. La energía en sí misma nunca es un bien para el consumo final sino un bien intermedio para satisfacer otras necesidades en la producción de bienes y servicios. Al ser un bien escaso, la energía es fuente de conflictos para el control de los recursos energéticos.

B. Energías Convencionales o no Renovables

Un ejemplo de este tipo de energía es: el carbón, el petróleo, el gas natural, el uranio y el agua de una presa.

La ventaja principal de las energías no renovables es que producen mucha cantidad de energía por unidad de tiempo y también que hay una distribución regular de fuentes de energía por todo el planeta.

Los inconvenientes son más problemáticos, entre los más importantes podemos destacar:

El efecto invernadero. Consiste en la elevación de temperatura que experimenta la atmósfera terrestre a causa de la presencia de ciertos gases llamados gases de invernadero, emitidos en las reacciones de combustión. Estos gases son:

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Vapor de agua (H₂O)
- Metano (CH₄)
- Óxido de nitrógeno (N₂O)
- Ozono (O₃)

Si la emisión de estos gases no se controla, se producirá dentro de unos veinte años se producirá un aumento de 2 grados en la temperatura del planeta. Esto causará el deshielo de los polos.

El efecto nocivo de las radiaciones: si se produce algún escape de las centrales nucleares.

1.1.3 Energías Alternativas

Una energía alternativa, o más precisamente una *f fuente de energía alternativa* es aquella que puede suplir a las energías o fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación.

El consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad. El concepto de "crisis energética" aparece cuando las fuentes de energía de las que se abastece la sociedad se agotan. Un modelo económico como el actual, cuyo funcionamiento depende de un continuo crecimiento, exige también una demanda igualmente creciente de energía.

Según: ROLDÁN (2012). Energías Alternativas:

Se consideran energías alternativas aquellas que se obtienen a partir de materias primas no agotables o que se reponen por vía natural. A este grupo

pertenecen las energías que tienen su origen en: la fuerza del viento (eólica), la fuerza del agua (hidráulica), las mareas y las olas del mar y el calor del interior de la tierra (geotérmica). (p.48)

Puesto que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema colapse, salvo que se descubran y desarrollen otros nuevos métodos para obtener dicha energía. Estas son las energías alternativas.

La biomasa por descomposición de residuos orgánicos o bien por su quema directa como combustible.

La discusión energía alternativa/convencional no es una mera clasificación de las fuentes de energía, sino que representa un cambio que necesariamente tendrá que producirse durante este siglo. Es importante reseñar que las energías alternativas, aun siendo renovables, también son finitas, y como cualquier otro recurso natural tendrán un límite máximo de explotación, por tanto incluso aunque podamos realizar la transición a estas nuevas energías de forma suave y gradual, tampoco van a permitir continuar con este modelo económico basado en el crecimiento perpetuo. Es por ello por lo que surge el concepto del Desarrollo sostenible.

Dicho modelo se basa en las siguientes premisas:

- El uso de fuentes de energía renovable, ya que las fuentes fósiles actualmente explotadas terminarán agotándose, según los pronósticos actuales, en el transcurso de este siglo XXI.
- El uso de fuentes limpias, abandonando los procesos de combustión convencionales y la fisión nuclear.

- La explotación extensiva de las fuentes de energía, proponiéndose como alternativa el fomento del auto consumo, que evite en la medida de lo posible la construcción de grandes infraestructuras de generación y distribución de energía eléctrica.
- La disminución de la demanda energética, mediante la mejora del rendimiento de los dispositivos eléctricos (electrodomésticos, lámparas, etc.)
- Reducir o eliminar el consumo energético innecesario. No se trata sólo de consumir más eficientemente, sino de consumir menos, es decir, desarrollar una conciencia y una cultura del ahorro energético y condena del despilfarro.
- La producción de energías limpias, alternativas y renovables no es por tanto una cultura o un intento de mejorar el medio ambiente, sino una necesidad a la que el ser humano se va a ver abocado, independientemente de nuestra opinión, gustos o creencias.

Entre algunas de las energías alternativas tenemos:

A. Energía Solar

Según: RUFES (2010), manifiesta que la energía solar "Es la energía obtenida directamente del sol. Aparte de su uso como energía de iluminación, la radiación solar que incide en la Tierra puede aprovecharse". p. 15

Se puede considerar el origen de casi todas las demás energías. De las energías renovables es la que tiene más futuro y la que va a durar por más tiempo y la que seguro que no se va a agotar.

La aplicación principal de la energía solar es el calentamiento de agua para el uso de casa. Esto se produce gracias a unos plafones solares que se colocan en la parte superior del edificio; tienen una capa de vidrio que permite la entrada de las radiaciones del sol. Por el interior de los plafones circula agua fría, la cual se calentará a medida que las radiaciones aumenten, entonces esta agua, pasará a depositarse en un tanque.

La energía solar se convierte en energía eléctrica por las células fotovoltaicas (solares). Energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión. Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre. La intensidad de energía solar disponible en un punto determinado de la Tierra depende, de forma complicada pero predecible, del día del año, de la hora y de la latitud.

Además, la cantidad de energía solar que puede recogerse depende de la orientación del dispositivo receptor.

B. Energía Solar Térmica

Un sistema de aprovechamiento de la energía solar muy extendido es el térmico.

El medio para conseguir este aporte de temperatura se hace por medio de colectores.

El colector es una superficie, que expuesta a la radiación solar, permite absorber su calor y transmitirlo a un fluido. Existen tres técnicas diferentes entre sí en función de la temperatura que puede alcanzar la superficie captadora. De esta manera, los podemos clasificar como:

Baja temperatura, captación directa, la temperatura del fluido es por debajo del punto de ebullición.

Media temperatura, captación de bajo índice de concentración, la temperatura del fluido es más elevada de 100°C.

Alta temperatura, captación de alto índice de concentración, la temperatura del fluido es más elevada de 300°C.

C. Energía Solar Fotovoltaica

Según: MENDÉZ (2003), manifiesta que la energía solar fotovoltaica "Es una fuente de energía renovable y, por tanto, inagotable, limpia y se puede aprovechar en el mismo lugar en el que se produce". P. 15

El sistema de aprovechamiento de la energía del Sol para producir energía eléctrica se denomina conversión fotovoltaica.

Las células solares están fabricadas de unos materiales con unas propiedades específicas, denominados semiconductores.

D. Energía Hidráulica

Se utiliza principalmente para producir energía eléctrica. La energía potencial del agua en su nivel más alto se va perdiendo a medida que el nivel del agua disminuye; el agua gana energía cinética, la cual llega a una turbina de rotación que acciona un generador y produce energía eléctrica.

Se aprovecha la energía hidráulica para generar electricidad, y de hecho fue una de las primeras formas que se emplearon para producirla.

El aprovechamiento de la energía potencial del agua para producir energía eléctrica utilizable, constituye en esencia la energía hidroeléctrica. Es por tanto, un recurso renovable y autóctono. El conjunto de instalaciones e infraestructura para aprovechar este potencial se denomina central hidroeléctrica.

Hoy en día, con los problemas medioambientales, se ven las cosas desde otra perspectiva. Esto ha hecho que se vayan recuperando infraestructuras abandonadas dotándolas de nuevos equipos automatizados y turbinas de alto rendimiento. En consecuencia, el impacto ambiental no es más del que ya existía o por lo menos inferior al de una gran central.

E. Energía de las Mareas

Según: RUFES (2010), manifiesta que la energía de las mareas "También denominada mareomotriz es debida a las fuerzas gravitatorias entre la Luna, la Tierra y el Sol". p. 10

Los mares y los océanos son inmensos colectores solares, de los cuales se puede extraer energía de orígenes diversos.

La radiación solar incidente sobre los océanos, en determinadas condiciones atmosféricas, da lugar a los gradientes térmicos oceánicos (diferencia de temperaturas) a bajas latitudes y profundidades menores de 1000 metros.

La iteración de los vientos y las aguas son responsables del oleaje y de las corrientes marinas.

La influencia gravitacional de los cuerpos celestes sobre las masas oceánicas provoca mareas.

La energía estimada que se disipa por las mareas es del orden de 22000 TWh.

De esta energía se considera recuperable una cantidad que ronda los 200 TWh.

El obstáculo principal para la explotación de esta fuente es el económico. Los costes de inversión tienden a ser altos con respecto al rendimiento, debido a las bajas y variadas cargas hidráulicas disponibles. Estas bajas cargas exigen la utilización de grandes equipos para manejar las enormes cantidades de agua puestas en movimiento. Por ello, esta fuente de energía es sólo aprovechable en caso de mareas altas y en lugares en los que el cierre no suponga construcciones demasiado costosas.

La limitación para la construcción de estas centrales, no solamente se centra en el mayor coste de la energía producida, si no, en el impacto ambiental que generan.

La mayor central mareomotriz se encuentra en el estuario del Rance (Francia).

FIGURA Nº 1 ENERGÍA DE LAS MAREAS



FUENTE: RUFES (2010)

F. Energía Térmica Oceánica

Según: RUFES (2010), manifiesta que la energía oceánica "En un sentido muy amplio es la energía térmica contenida en el interior de la Tierra". p. 7

La explotación de las diferencias de temperatura de los océanos ha sido propuesta multitud de veces, desde que d'Arsonval lo insinuara en el año 1881, pero el más conocido pionero de esta técnica fue el científico francés George Claudi, que invirtió toda su fortuna, obtenida por la invención del tubo de neón, en una central de conversión térmica.

La conversión de energía térmica oceánica es un método de convertir en energía útil la diferencia de temperatura entre el agua de la superficie y el agua que se encuentra a 100 m de profundidad. En las zonas tropicales esta diferencia varía entre 20 y 24 °C. Para el aprovechamiento es suficiente una diferencia de 20°C.

Las ventajas de esta fuente de energía se asocian a que es un salto térmico permanente y benigno desde el punto de vista medioambiental. Puede tener ventajas secundarias, tales como alimentos y agua potable, debido a que el agua fría profunda es rica en sustancias nutritivas y sin agentes patógenos.

G. Energía de las Olas

Según: RUFES (2010):

Las olas del mar son un derivado terciario de la energía solar. El calentamiento de la superficie terrestre genera viento, y el viento genera las olas. Únicamente el 0.01% del flujo de la energía solar se transforma en energía de las olas. Una de las propiedades características de las olas es su capacidad de desplazarse a grandes distancias sin apenas pérdida de energía.

Por ello, la energía generada en cualquier parte del océano acaba en el borde continental. De este modo la energía de las olas se concentra en las costas, que totalizan 336000 km de longitud. La densidad media de energía es del orden de 8 kW/m de costa.

Las distribuciones geográficas y temporales de los recursos energéticos de las olas están controladas por los sistemas de viento que las generan (tormentas, alisios, monzones).

FIGURA N° 2 ENERGÍA DE LAS OLAS



FUENTE: RUFES (2010)

La densidad de energía disponible varía desde las más altas del mundo, entre 50-60 kW/m en Nueva Zelanda, hasta el valor medio de 8 kW/m.

H. La Biomasa

La biomasa es el conjunto de plantas y materiales orgánicos de los cuales podemos obtener energía. La leña está considerada una de las primeras fuentes de energía conocidas. Hoy en día es peligroso el consumo de leña como combustible ya que existe un gran peligro de deforestación de los bosques. Por eso se suele utilizar materiales orgánicos y plantas con un rápido crecimiento para el uso como combustible.

La basura de materia orgánica, agrícola, industrial o doméstica contiene energía que puede ser utilizada para quemar o para fermentar en ausencia de aire en bio-

generadores. De ésta manera se obtiene un gas llamado biogás que se utiliza como combustible en muchos países como en China o en Europa.

I. Energía Geotérmica

Según: RUFES (2010), manifiesta que la energía geotérmica "En un sentido muy amplio es la energía térmica contenida en el interior de la Tierra". p. 7

La energía geotérmica consiste en aprovechar la energía térmica del interior de la Tierra. El interior de la Tierra es caliente como consecuencia de la fusión de las rocas. Se han encontrado rocas a más de 200°C. El agua caliente también sale al exterior por grietas de las rocas.

La utilización de esta energía se puede hacer:

- Utilizando directamente el agua caliente que sale de la Tierra y se conduce a las casas para el uso doméstico.

- Mediante una central geotérmica. Ésta central aprovecha el agua caliente de las rocas. Para hacerlo se introduce agua fría al interior de la Tierra, entonces se pone en contacto con las rocas calientes y se hace subir a la superficie mediante una bomba. Ésta agua será utilizada para producir electricidad.

Hay centrales geotérmicas en Japón, Italia y EUA.

1.1.4 Energía Eólica

Según: RUFES (2010), manifiesta que la energía eólica "Es la energía que se obtiene del viento. El Sol provoca en la Tierra diferencias de presión que dan lugar a los vientos". p. 6

Energía eólica es la energía obtenida del viento, o sea, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas.

El término *eólico* viene del latín *Aeolicus*, perteneciente o relativo a Eolo, dios de los vientos en la mitología griega. La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas.

La energía eólica es un recurso abundante, renovable, limpio y ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que la convierte en un tipo de energía verde. Sin embargo, el principal inconveniente es su intermitencia.

Según: DONSION (1999). "El impacto medioambiental de un parque eólico va a depender especialmente de la zona elegida para su instalación, de su tamaño y de la distancia a núcleos de población." p.6

1.1.4.1 Cómo se Produce y Obtiene

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión.

Los vientos son generados a causa del calentamiento no uniforme de la superficie terrestre por parte de la radiación solar, entre el 1 y 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento. De día, las masas de aire sobre los océanos, los mares y los lagos se mantienen frías con relación a las áreas vecinas situadas sobre las masas continentales.

Los continentes absorben una menor cantidad de luz solar, por lo tanto el aire que se encuentra sobre la tierra se expande, y se hace por lo tanto más liviana y se eleva. El aire más frío y más pesado que proviene de los mares, océanos y grandes lagos se pone en movimiento para ocupar el lugar dejado por el aire caliente.

A. Parque Eólico

Según: SÁNCHEZ (2011), manifiesta que un parque eólico "Puede funcionar correctamente si la infraestructura y la planificación de la obra civil, el montaje y el mantenimiento, así como los planes correctivos y preventivos estén perfectamente ejecutados". p. 8

Para poder aprovechar la energía eólica es importante conocer las variaciones diurnas y nocturnas y estacionales de los vientos, la variación de la velocidad del viento con la altura sobre el suelo, la entidad de las ráfagas en espacios de tiempo breves, y valores máximos ocurridos en series históricas de datos con una duración mínima de 20 años. Es también importante conocer la velocidad máxima del viento. Para poder utilizar la energía del viento, es necesario que este alcance una velocidad mínima de 12 km/h, y que no supere los 65 km/h.

La energía del viento es utilizada mediante el uso de máquinas eólicas (o aeromotores), ver figura 3, capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica de rotación utilizable, ya sea para accionar directamente las máquinas operáticas, como para la producción de energía eléctrica. En este último caso, el sistema de conversión, (que

comprende un generador eléctrico con sus sistemas de control y de conexión a la red) es conocido como aerogenerador.

FIGURA N° 3 PARQUE EÓLICO



FUENTE: SÁNCHEZ (2011)

La baja densidad energética, de la energía eólica por unidad de superficie, trae como consecuencia la necesidad de proceder a la instalación de un número mayor de máquinas para el aprovechamiento de los recursos disponibles. El ejemplo más típico de una instalación eólica está representado por los "parques eólicos" (varios aerogeneradores implantados en el territorio conectados a una única línea que los conecta a la red eléctrica local o nacional).

En la actualidad se utiliza, sobre todo, para mover aerogeneradores. En estos la energía eólica mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador, que produce energía eléctrica. Para que su instalación resulte rentable, suelen agruparse en concentraciones denominadas parques eólicos.

1.1.4.2 Aplicaciones de la Energía Eólica

Según: SÁNCHEZ (2011). La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover barcos o las aspas de los molinos utilizados para moler el grano y bombear agua. Pero la energía eólica como producción de electricidad, aparece a principios del siglo XX. p. 23

Una de las primeras aplicaciones de la energía eólica, y quizás la más conocida, es el bombeo de agua. Para este tipo de aplicación, se usan turbinas de baja potencia, y la velocidad del viento no es necesario que sea muy elevada, y al tener una velocidad de rotación baja, los molinos tienen un mayor número de palas, entre 12 y 14 palas. Este tipo de aerogenerador se diseña así ya que la energía eólica es variable en el tiempo y de este modo el bombeo se puede realizar en cualquier momento, permitiendo un almacenamiento sencillo del agua bombeada en un depósito. En estos sistemas hay que tener en cuenta que las características de la turbina eólica, debe ser acorde a las características de la bomba con la que trabaja.

Existe otro sistema para el bombeo de agua que consiste en utilizar la potencia eólica para convertirla en potencia eléctrica, y con este sistema eléctrico, bombear suficiente agua para poblaciones y/o sistemas de riego de pequeña escala.

Otra aplicación muy favorable de la energía eólica, es el uso para sistemas eléctricos aislados, zonas que al estar muy aisladas y ser de difícil acceso, no es posible hacerles llegar la energía por la línea convencional. La forma tradicional de obtener energía en estas zonas ha sido por medio de generadores diésel y una alternativa pueden ser pequeñas instalaciones eólicas generadoras de electricidad.

Estas instalaciones son la fuente de electricidad más económica en estas situaciones, con un coste de instalación y mantenimiento barato en comparación con otros sistemas, contando con un pequeño aerogenerador, y un sistema de baterías en el que almacenar

la energía producida para dar servicio cuando se requiera. Cuando varios usuarios próximos entre sí, recurren a este sistema, resultará más ventajoso instalar un sistema eólico centralizado, que ofrezca ventajas desde el punto de vista técnico y económico. Así un sistema eólico centralizado puede cubrir la demanda energética de una comunidad, produciendo, almacenando y transformando la electricidad, electricidad que se distribuirá a través de líneas eléctricas a cada uno de ellos.

La aplicación más conocida de los aerogeneradores es la producción de electricidad a gran escala, agrupándolos en los llamados parques eólicos. Ver figura 4. Estos parques eólicos, suelen instalarse en zonas rurales o marinas en las que se suelen instalar un número elevado de turbinas, siendo el número dependiente de la superficie disponible y de las características del viento. Estos aerogeneradores se conectan directamente a la red eléctrica. Otras aplicaciones de la energía eólica pueden ser el alumbrado público de carreteras, la desalinización o el hidrógeno verde de los que ya hablaremos en posteriores entradas.

FIGURA N° 4 APLICACIONES DE LA ENERGÍA EÓLICA



FUENTE: SÁNCHEZ (2011)

Sus aplicaciones más comunes son en sistemas de telecomunicación y en sistemas aislados para viviendas. La capacidad generatriz de un generador eólico excede la de un sistema solar y su costo es solo una fracción de este. Por esta razón la energía eólica se ha convertido en una atractiva fuente de generación de que produce grandes ahorros y cuya inversión es pagadera en el corto o mediano plazo.

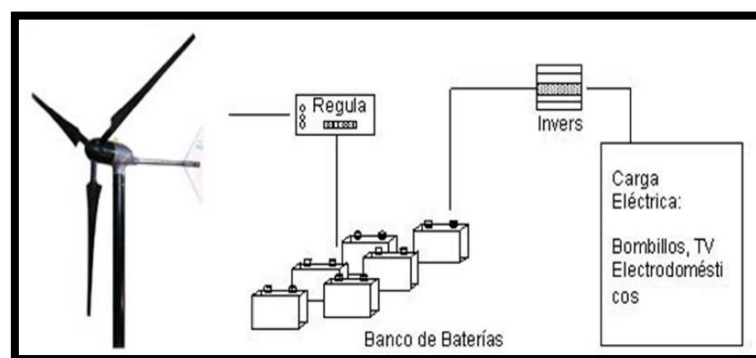
Incluso a grande escala la energía eólica es competitiva frente a fuentes convencionales de energía como la hidro energía y la térmica. En la actualidad se construyen grandes “parques” eólicos con generadores de 1 a 2 megavatios de potencia (70 m de diámetro y torres de más de 150 metros de altura).

España, Alemania y Dinamarca son los países que presentan un mayor crecimiento con instalaciones anuales que superan los 2500 megavatios.

A. Esquema Básico del Sistema:

La energía producida por el generador eólico y los paneles solares se almacena en el banco de baterías. El generador eólico transforma la energía del viento en corriente directa a 12 o 24 voltios DC y se conecta directamente al banco de baterías. Posee un sofisticado regulador electrónico de voltaje que vigila permanentemente el estado de carga de las baterías, mantiene un riguroso control sobre su velocidad de giro y compensa las pérdidas de tensión en la línea de conducción.

FIGURA N° 5 ESQUEMA BÁSICO DEL SISTEMA



FUENTE: SÁNCHEZ (2011)

B. Capacidad del Sistema

Según: SÁNCHEZ (2011). La autonomía del sistema puede ser estimada de acuerdo a las tablas de potencia suministradas por el fabricante o mediante curvas estadísticas como la distribución de Raleigh. La siguiente tabla 1 resume la potencia esperada de un generador de 1000 vatios bajo diferentes regímenes de viento. p. 33

TABLA N° 1 CAPACIDAD DEL SISTEMA

Velocidad promedio del viento (mph)	Descripción	Estimado en KWH/mes	Estimado en KWH/día
8	Brisa suave intermitente	60	2.0
9	Brisa suave y constante	90	3.0
10	Brisa moderada intermitente	125	4.2
11	Brisa moderada constante	160	5.3
12	Brisa moderada a fuerte intermitente	190	6.3
13	Brisa moderada a fuerte constante	215	7.2
14	Brisa fuerte	265	8.8

FUENTE: SÁNCHEZ (2011)

C. Torres

Según: GONZÁLEZ (2011), manifiesta que las torres "Tienen la resistencia suficiente para sostener gran parte de los materiales instalados". p. 142

El generador eólico se instala a campo abierto en una torre tensada (inclinable) de tubería de hierro galvanizada de 3". Es necesario tender red eléctrica entre el generador y el centro de consumo.

FIGURA N° 6 TORRES



FUENTE: GONZÁLEZ (2011)

1.1.3.3 Usos Telecomunicaciones y Sistemas Híbridos

A. Telecomunicaciones

La energía eólica ha probado ser más confiable que la energía solar en cerros altos y nublados que generalmente presentan buen régimen de vientos.

Adicionalmente un generador eólico ofrece mayor resistencia al hurto pues no es una tecnología conocida y es más difícil de desmontar.

La energía eólica también es una mejor alternativa que la generación DIESEL especialmente donde el acceso es dificultoso, costoso o distante.

B. Sistemas Híbridos:

El recurso eólico es variable y puede tener periodos de quietud. La energía solar es un perfecto complemento a la energía eólica en la medida en que ofrece una carga básica en estos periodos. Comunes en aplicaciones comerciales o en aplicaciones residenciales

FIGURA N° 7 SISTEMAS HÍBRIDOS



FUENTE: GONZÁLEZ (2011)

1.1.5 Generador Eólico

1.1.5.1 Aerogeneradores

Según: MENÉNDEZ (2011), manifiesta que un aerogenerador "Generan electricidad en corriente alterna, para lo cual disponen de un motor trifásico". p. 74

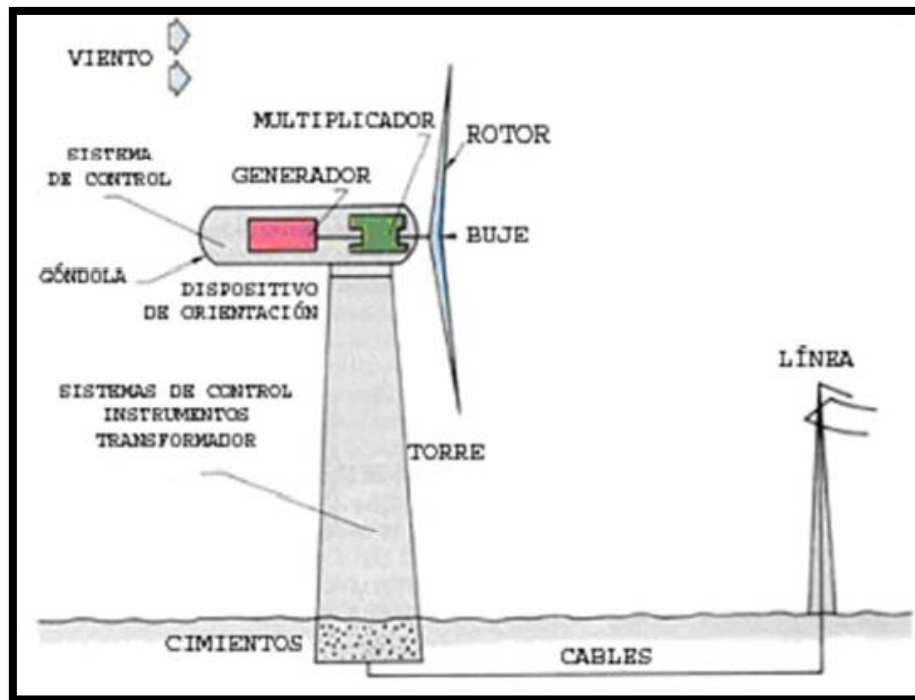
Los aerogeneradores, tienen diversas aplicaciones específicas, ya sea eléctricas o de bombeo de agua, mediante el aprovechamiento y transformación de energía eólica en energía mecánica. Se entiende por energía eólica a los vientos que existen en el planeta producto de fenómenos que se estudiarán más adelante.

Los generadores eólicos pueden generar corriente las 24 horas del día (obviamente si hay suficiente fuerza de viento), mientras que los paneles solares solo tendrán un rendimiento adecuado en las horas de máxima insolación.

Cuando elija un generador eólico tenga presente el nivel de ruido que crea al girar su hélice a toda velocidad. Algunos hacen un ruido muy molesto al girar sus alabes en vientos importantes. Por tanto la cuestión reside en encontrar un generador que tenga una respuesta de corriente aceptable pero sin que pueda llegar a molestar su ruido al girar al viento. Una causa de vibración importante puede venir del hecho de tener las palas desequilibradas, por tanto es importante tener perfectamente ajustado el equilibrado todo el conjunto de la hélice.

Esta energía, es inagotable, no contamina; y aunque la instalación de uno de estos aparatos es relativamente costosa y morosa, a la larga se sentirán los resultados positivos, especialmente en el campo económico.

FIGURA N° 8 ESQUEMA DE AEROGENERADOR Y DE UNA INSTALACIÓN EÓLICA



FUENTE: MENÉNDEZ (2011)

Un punto que vale hacer notar, es la autonomía frente a la fuente más cercana accesible, que en este caso es la Empresa Nacional de Energía (ENDE). Esta última no siempre se presenta en los pueblos alejados, por el costo que supone instalar una red hacia aquellos.

Según MUÑOZ (2008): Los países con industrias eólicas más importantes son Dinamarca, España, Alemania y Estados Unidos. Durante las últimas dos décadas la potencia de las turbinas eólicas aumentó hasta superar los 3MW. p. 56

1.1.5.2 El Rendimiento de los Aerogeneradores

Según MUÑOZ (2008):

El rendimiento de las maquinas eólicas depende de la *intensidad del viento*: a igualdad de diámetro de las palas, al aumentar la velocidad del viento, la potencia teóricamente extraíble aumenta de manera más que proporcional.

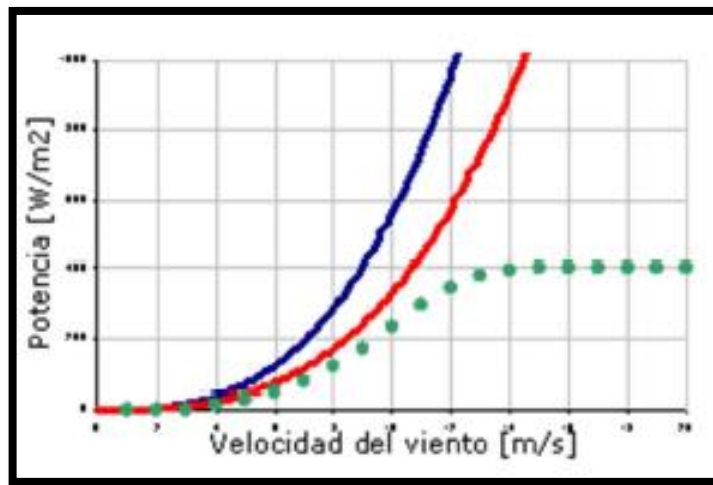
Por lo tanto, antes de decidir instalar un sistema eólico es indispensable conocer bien las características del viento en el lugar en el que se piensa instalar los aerogeneradores. Estos conocimientos se obtienen realizando preventivamente un atento estudio de la frecuencia, de la velocidad, de la duración y de la dirección del viento.

La intensidad del viento depende de las características orográficas del terreno.

Una circunstancia fundamental es la rugosidad del terreno: en llanura o en el mar el viento sopla con intensidad mayor que en el campo o en los alrededores de las ciudades. Otro elemento a tener en cuenta es la altura del terreno: cuanto más se sube mayor es la velocidad del viento

Las máquinas eólicas funcionan dentro de parámetros mínimos y máximos de la velocidad del viento. En línea general, como se indica en la siguiente figura:

FIGURA N° 9 POTENCIA EXTRAÍBLE POR METRO CUADRADO DE ÁREA CUBIERTA POR EL ROTOR.



FUENTE: MUÑOZ (2008)

Pueden ser activados con viento variable de 2 a 4 m/s (*velocidad de cut-in*).

Cuando el viento alcanza la velocidad de 10–14 m/s (*velocidad de corte o nominal*), se activa un dispositivo de control de la potencia.

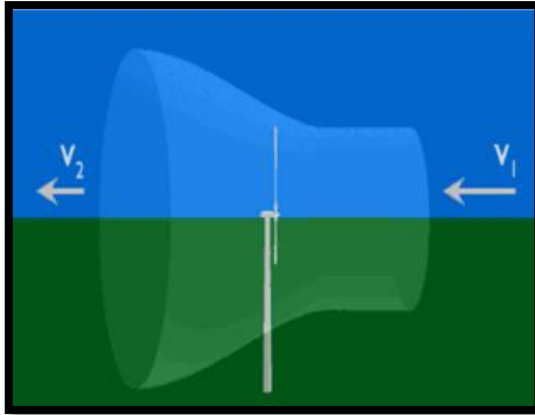
Se paran cuando la velocidad del viento supera los 20-25 m/s (*velocidad de cutoff*).

1.1.5.3 Eficiencia de los Aerogeneradores

Un aerogenerador desviará el viento antes incluso de que el viento llegue al plano del rotor.

Esto significa que es muy difícil capturar el 100% de la energía que hay en el viento utilizando un aerogenerador.

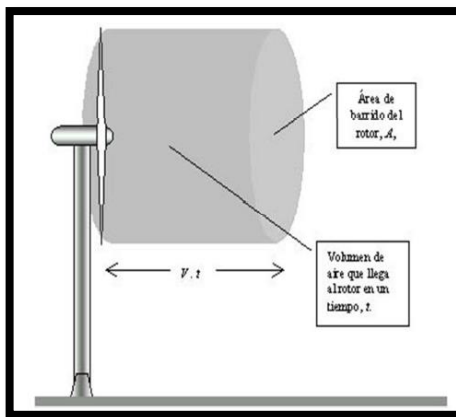
FIGURA N° 10 AEROGENERADOR



FUENTE: MUÑOZ (2008)

El volumen del aire que llega al rotor será:

FIGURA N° 11 VOLUMEN DEL ROTOR



FUENTE: MUÑOZ (2008)

$$V = Avt$$

La energía cinética que aporta el aire al rotor en un tiempo "t" será:

$$Ec = 1/2 dAvtv^2$$

$$E_c = 1/2 dAtv^3$$

Y la potencia aportada al rotor será:

$$E_c = 1/2 dAv^3$$

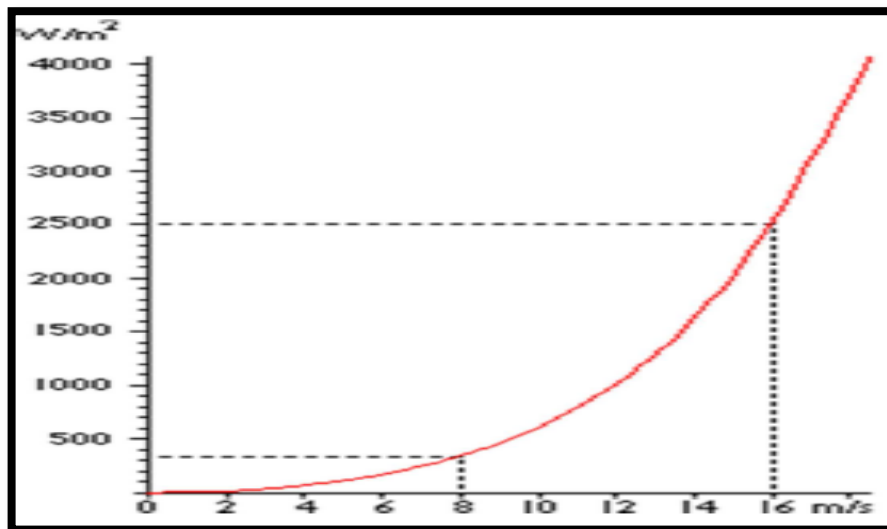
De donde se concluye que la potencia del viento es proporcional al cubo de la velocidad del viento.

1.1.5.4 Potencia vs Velocidad del Viento

El gráfico 12 muestra que con una velocidad del viento de 8m/s obtenemos una potencia de 314 W por cada metro cuadrado expuesto al viento (viento incidente perpendicularmente al área barrida por el rotor).

A 16m/s obtendremos una potencia ocho veces mayor, 2.509 W/m².

FIGURA N° 12. POTENCIA VS VELOCIDAD DEL VIENTO



FUENTE: MUÑOZ (2008)

1.1.5.5 Potencialidad de un Sistema Eólico

Los sistemas de energía eólica cuentan con una de las mejores relaciones costo/beneficio para aplicaciones de energías renovables en los hogares.

Dependiendo del recurso viento una turbina eólica puede reducir la facturación eléctrica entre un 50% y un 90%.

Además, puede ayudarle a evitar los altos costos de extender las redes de suministro a sitios remotos, prevenir interrupciones de energía y además no es contaminante.

1.1.5.6 Viabilidad

Los sistemas eólicos pequeños para generación de electricidad pueden proporcionar una fuente práctica y económica, tomando en cuenta una o varias de las siguientes consideraciones:

- El lugar de instalación debe contar con un buen recurso eólico.
- Debe contar con suficiente espacio.
- Las normas de su localidad permiten la instalación de este tipo de sistemas.
- La propiedad se encuentra en un área remota con dificultades para el acceso de la red de electricidad pública.

1.1.5.7 Magnitud del Aerogenerador

El rango de turbinas pequeñas se encuentra entre los 20W y los 100KW, las más pequeñas de 20W a 500W se emplean en una gran variedad de aplicaciones de baja

tensión, las turbinas para aplicaciones residenciales pueden estar en el rango de los 400W hasta los 100KW (para cargas muy grandes) dependiendo de la cantidad de electricidad que se desee generar.

Para aplicaciones residenciales es recomendable definir sus necesidades de energía para establecer el tamaño adecuado del sistema.

Un hogar tipo consume aproximadamente 300KWh al mes. Dependiendo de la velocidad del viento y la capacidad del aerogenerador, se podría contribuir de manera importante a esta demanda.

Una turbina de 1,5KW puede generar alrededor de 300KWh al mes en un sitio con una velocidad de 6,26m/s de velocidad promedio.

1.1.5.8 Torre del Aerogenerador

Debido a que a mayores alturas el viento es más intenso, la turbina es montada en una torre, por lo general a mayor altura se produce una mayor cantidad de energía. La torre también evita las turbulencias de aire que podrían existir cerca del piso, debidas a obstrucciones como colinas, edificios y árboles.

Por lo general se recomienda instalar la turbina en una torre, en la cual la parte inferior del rotor este a una altura de mínimo 7m de cualquier obstáculo que se encuentre a una distancia de mínimo 76m de la torre. La diferencia de instalar una turbina a 30,4m en lugar de a 18,2m puede incrementar la inversión en un 10% pero la generación de energía puede incrementarse hasta en un 25%.

El montaje de turbinas sobre techos debe ser manejado con cuidado, ya que las turbinas vibran y transmiten esto a la estructura donde están montadas.

1.1.6 Normativa

1.1.6.1 Sector Eléctrico en Ecuador

El sector eléctrico ecuatoriano tiene por objetivos generales la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica de una forma segura y eficiente. El desarrollo del sector eléctrico permite el crecimiento económico de un país, y se ve reflejado en el bienestar de la población. El Estado tiene como deber satisfacer las necesidades de energía eléctrica del país, mediante el aprovechamiento óptimo de recursos naturales (30).

1.1.6.2 Marco Institucional

El organismo rector del sector eléctrico y de energía renovables en el Ecuador es el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), “responsable de satisfacer las necesidades de energía eléctrica del país, mediante la formulación de normativa pertinente, planes de desarrollo y políticas sectoriales para el aprovechamiento eficiente de sus recursos, estableciendo mecanismos de eficiencia energética, participación social y protección del ambiente” (31).

1.1.6.3 Normativa de Energías Renovables en el Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador con Registro Oficial N° 449, entre sus articulados considera el desarrollo y uso de las energías renovables, dichos artículos se transcriben a continuación:

“Artículo 15. El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua” (37).

“Artículo 313. El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.

Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley” (37).

“Artículo 413. El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua” (37).

1.1.6.4 Ley de Régimen del Sector Eléctrico LRSE, Suplemento-Registro Oficial N° 43

Contiene las normas relacionadas con la estructura del sector eléctrico y de su funcionamiento, vigente desde el 10 de Octubre de 1996. Dentro del Capítulo IX Recursos Energéticos No Convencionales se incentiva a fomentar por parte del estado el aprovechamiento de recursos no convencionales mediante el siguiente artículo.

“Artículo 63. El Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas. El CONELEC asignará con prioridad fondos del FERUM a proyectos de electrificación rural a base de recursos energéticos no

convencionales tales como energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras de similares características”.

“Artículo 64. El Consejo Nacional de Electrificación dictará las normas aplicables para el despacho de la electricidad producida con energías no convencionales tendiendo a su aprovechamiento y prioridad”

1.1.6.5 Capítulo XI Exenciones y Exoneraciones, se trata de las ventajas arancelarias y exoneraciones del impuesto a la renta.

“Artículo 67. Exonérese el pago de aranceles, demás impuestos adicionales y gravámenes que afecten a la importación de materiales y equipos no producidos en el país, para la investigación, producción, fabricación e instalación de sistemas destinados a la utilización de energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras previo el informe favorable del CONELEC.

Exonérese del pago de impuesto sobre la renta, durante cinco años a partir de su instalación a las empresas que, con su inversión, instalen y operen centrales de producción de electricidad usando los recursos energéticos no convencionales señalados en el inciso anterior”.

1.1.6.6 Reglamentos que Incentivan las Energías Renovables en Ecuador

Reglamento para la administración del fondo de electrificación rural y urbana marginal FERUM Suplemento Registro-Oficial N° 373

Artículo 2. Sobre los organismos planificadores, la utilización de los fondos del FERUM, requeridos para obras, ampliación y mejoramiento de sistemas de distribución en sectores rurales o urbano marginales; o para construcción de sistemas de generación que utilicen energías renovables no convencionales, destinados al

servicio exclusivo de sectores rurales y también para la operación y mantenimiento de sistemas eléctricos no incorporados, ubicados en las provincias fronterizas de la Amazonía y Galápagos.

1.1.7 Marco Conceptual

Aerogenerador.- Dispositivo mediante el cual se puede llevar a cabo la captación de la energía eólica para transformarla en alguna otra forma de energía.

Balance energético.- Aplicación de la ecuación de la conservación de la energía a un sistema determinado.

Barril de petróleo.- 159 litros de petróleo = 0,13878 tep = $5,81 \times 10^9$ J

Biocombustible.- Biocombustible empleado en motores y turbinas.

Biocombustible.- Combustible sólido, líquido o gaseoso obtenido a partir de la biomasa.

Biogás.- Producto de la descomposición anaerobia de compuestos orgánicos por la acción de diversas bacterias. Es una mezcla de metano y CO₂.

Biomasa.- En su acepción más amplia, el término biomasa abarca toda la materia orgánica de origen vegetal o animal, incluidos los materiales procedentes de su transformación natural o artificial.

Célula fotovoltaica.- Dispositivo, normalmente a base de silicio, que permite la transformación de la radiación solar en electricidad.

Central eléctrica.- Instalación donde se efectúa la transformación de una fuente de energía primaria en energía eléctrica.

Central electro solar.- Instalación donde se produce electricidad a partir de la radiación solar.

Central eólica.- Instalación en la que se produce electricidad a partir del viento.

Central hidroeléctrica.- Instalación donde se obtiene electricidad a partir de energía potencial o cinética del agua.

Cogeneración.- Producción simultánea de trabajo y calor.

Combustibles fósiles.- Sustancias combustibles procedentes de residuos vegetales o animales almacenados en periodos de tiempo muy grandes.

Combustibles sólidos.- Productos combustibles que se presentan en forma sólida. Fundamentalmente los carbones minerales (antracita, hulla, lignito negro, lignito pardo, coque, turba) y carbones "naturales" (de residuos vegetales), aglomerados, briquetas, pelets.

Combustión.- Reacción química del oxígeno (comburente) con una sustancia (combustible).

Consumo final de energía.- Consumo energético en la fase final de un proceso.

Efecto Invernadero.- El que producen unos materiales y sustancias que tienen distinto comportamiento transitorio en función de la longitud de onda de la radiación.

Energía.- Propiedad de los cuerpos que se manifiesta por su capacidad de realizar un cambio (de posición o de cualquier otro tipo).

Energía del mar.- Tres tipos de fenómenos, todos ellos derivados en última instancia de la acción del sol y la luna sobre nuestro planeta, pueden ser aprovechados para obtener energía del mar: las mareas, las olas y las diferencias de temperatura (gradientes térmicos) de las masas de agua.

Energía primaria.- Fuente de energía natural existente en la Naturaleza, como el carbón, el petróleo, el gas natural, el sol, agua almacenada o en movimiento, las mareas, el viento, el uranio, calor almacenado en la tierra (geotermia), etc.

Energías renovables.- Son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana.

Eólica.- La energía eólica es la energía producida por el viento. Como la mayor parte de las energías renovables, la eólica tiene su origen en el sol, ya que entre el 1 y el 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento, debido al movimiento del aire ocasionado por el desigual calentamiento de la superficie terrestre.

Geotérmica.- A diferencia de la mayoría de las fuentes de energía renovables, la geotérmica no tiene su origen en la radiación solar sino en una serie de reacciones naturales (calor remanente originado en los primeros momentos de formación del planeta y desintegración de elementos radiactivos) que suceden en el interior de la tierra y que producen enormes cantidades de calor.

Hidrocarburo.- Compuesto químico cuyos elementos componentes son el hidrógeno y el carbono.

Intensidad energética.- Relación entre la energía consumida y el Producto Interior Bruto.

Minicentral.- Pequeña unidad hidroeléctrica, normalmente de potencia inferior a 10 MW (en Europa).

Minihidráulica.- Las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía de un curso de agua como consecuencia de la diferencia de nivel entre dos puntos.

Potencia.- Variación de la energía intercambiada con el tiempo. La unidad de potencia es el vatio (W). $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$.

Radiación solar.- Es la radiación electromagnética producida por el sol con una temperatura equivalente a 5777 K

Reserva.- Cantidad conocida de un recurso explotable con las condiciones económicas y técnicas del momento.

Sistemas energéticos híbridos o mixtos.- Son aquellos en los que intervienen más de un tipo de fuente energética en la entrada del sistema.

Solar fotovoltaica.- Energía basada en el llamado efecto fotovoltaico que se produce al incidir la luz sobre materiales semiconductores.

Solar térmica.- La energía del sol, al ser interceptada por una superficie absorbente, se degrada y aparece el efecto térmico.

CAPÍTULO II

2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. *Tipos de Investigación*

2.1.1. *Investigación Aplicada*

Tomando en consideración la naturaleza del estudio, se estableció que la investigación es de tipo Aplicada, ya que: “Esta investigación busca conocer para hacer y para actuar. Su principal objetivo se basa en resolver problemas prácticos, con un margen de generalización limitado”. En la investigación permitió aplicar conocimientos teóricos – prácticos en el diseño y construcción del aerogenerador.

2.1.2. *Investigación de Campo*

Este tipo de investigación es también conocida como investigación in situ ya que se realiza en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio. Ello permite el conocimiento más a fondo del investigador, puede manejar los datos con más seguridad y podrá soportarse en diseños exploratorios, descriptivos y experimentales, creando una situación de control en la cual manipula sobre una o más variables dependientes (efectos), cabe indicar que los trabajos de construcción se realizaron en un taller industrial, así como las pruebas de funcionalidad del aerogenerador en la vivienda ubicada en el cantón Salcedo.

2.1.3 Investigación bibliográfica

La investigación Bibliográfica es una indagación documental que permite, entre otras cosas, apoyar la investigación que se desea realizar, evitar emprender investigaciones ya realizadas, tomar conocimiento de experimentos ya hechos para repetirlos cuando sea necesario, continuar investigaciones interrumpidas o incompletas, buscar información sugerente, seleccionar un marco teórico, etc.

La investigación bibliográfica sirvió de fundamentación teórica en el estudio; mediante consulta a libros, revistas, internet, etc., a fin de obtener la información necesaria y también nos proveo de los métodos y técnicas que se aplicaron para el diseño y construcción del aerogenerador con materiales reciclables.

2.1.4 Investigación cuantitativa

La investigación cuantitativa genera datos o información numérica que puede ser convertida en números. Permite cuantificar los valores de voltaje que produjo el aerogenerador diseñado y construido en la presente investigación.

2.2 Métodos y Técnicas de Investigación

2.2.1 Métodos

2.2.1.1 Método Deductivo

- **Aplicación**

Es una manera de fijar los conocimientos así como de adquirir nuevas destrezas, en el proyecto el método deductivo de aplicación fue utilizado en la mayor parte de la

construcción del prototipo ya que se aplicaron los conocimientos adquiridos teóricamente de manera práctica.

- **Comprobación**

Es un procedimiento que permite verificar los resultados obtenidos, se aplicó en el proyecto en las pruebas y evaluación de resultados, ya que en esta etapa del proyecto se corrobora los resultados del prototipo.

- **Demostración**

Extraen todas las relaciones lógicas y evidentes para no dejar lugar a dudas de la conclusión, el principio o ley que se quiere demostrar como verdadero, en la parte final del proyecto fue aplicado este método para poder elaborar las conclusiones del mismo.

2.2.1.2 Método Inductivo

- **Observación**

La observación puede ser tanto de objetos materiales, como de hechos o fenómenos de otra naturaleza, es indispensable en el desarrollo de la investigación del proyecto, pues se debe observar cada aspecto que puede afectar al desarrollo del prototipo.

- **Experimentación**

Consiste en provocar el fenómeno sometido a estudio para que pueda ser observado en condiciones óptimas, para lo cual en el proyecto se realizó un modelado en tres dimensiones que nos permite evaluar al prototipo en condiciones óptimas.

- **Comparación**

Establece las similitudes o diferencias entre objetos, hechos o fenómenos observados, en la etapa de selección de prototipos se establece este método que nos permite seleccionar entre varios prototipos es el adecuado para su diseño y construcción.

- **Abstracción**

Selecciona los aspectos comunes a varios fenómenos, objetos o hechos estudiados, este método estuvo presente en el diseño del prototipo, ya que en esta etapa se toman en cuenta diferentes principios y hechos relevantes.

2.2.1.3 Método Sintético

- **Recapitulación**

Consiste en recordar sumaria y ordenadamente lo que por escrito o de palabras se ha manifestado con extensión, se aplicó en el proyecto en la estructuración del marco teórico.

- **Esquema**

Es una representación gráfica y simbólica que se hace de formas y asuntos inmateriales, que se aplicó en la selección de las categorías fundamentales.

2.3 Materiales y Equipos

2.3.1 Materiales

En la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales que se consideran indispensables para el desarrollo del trabajo práctico.

- Aspas de ventilador de fibra de vidrio
- Columna
- Alternador reciclado
- Transformador
- Baterías
- Cables
- Rodamientos
- Polea
- Banda

2.3.2 Equipos

Los equipos necesarios para el desarrollo de las actividades programadas en la presente investigación fueron:

- GPS.
- Anemómetro.
- Computador.

2.4 Descripción del Área de Estudio

2.4.1 Ubicación

El presente proyecto fue desarrollado e implementado en una vivienda ubicada en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Salcedo, Barrio La Florida, Calle Sucre y Guayaquil, Casa #1713, Coordenadas UTM 17M 767845 9884590.

FIGURA N° 13 UBICACIÓN GEOREFENCIADA DEL PROYECTO.



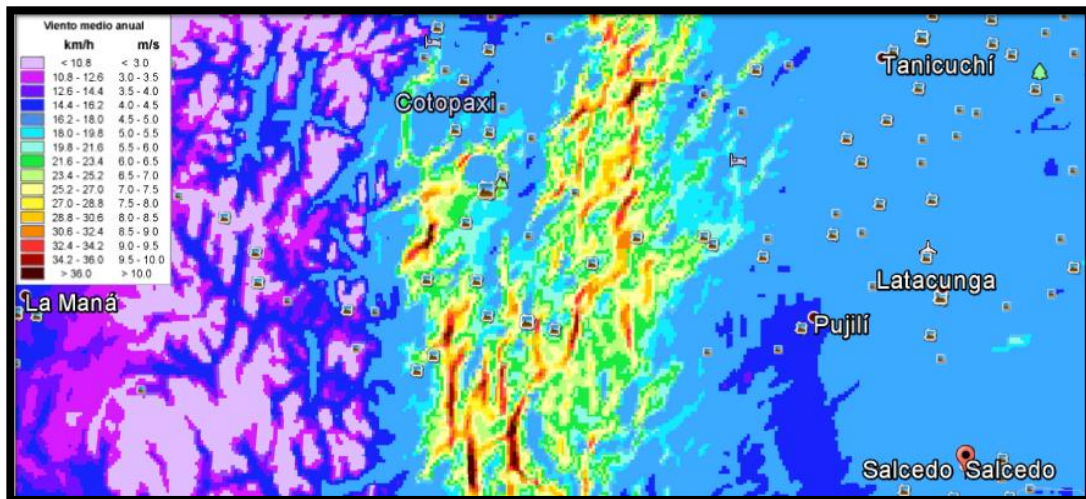
FUENTE: Google Earth

Elaborado por: Los investigadores

2.4.2 Velocidad del Viento

En la siguiente figura podemos observar la velocidad media anual del viento en la región sierra tomada del “Atlas eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica”, en el sector donde será ejecutado el proyecto se puede evidenciar claramente que la velocidad del viento oscila entre 4,5 – 5,0 m/s promedio al año datos obtenidos con un anemómetro totalizador de cazoletas ubicado a 2 metros de altura sobre la superficie, estos datos cimentaran las bases para el diseño del prototipo de aerogenerador.

FIGURA N° 14 VELOCIDAD MEDIA DE VIENTO ANUAL.

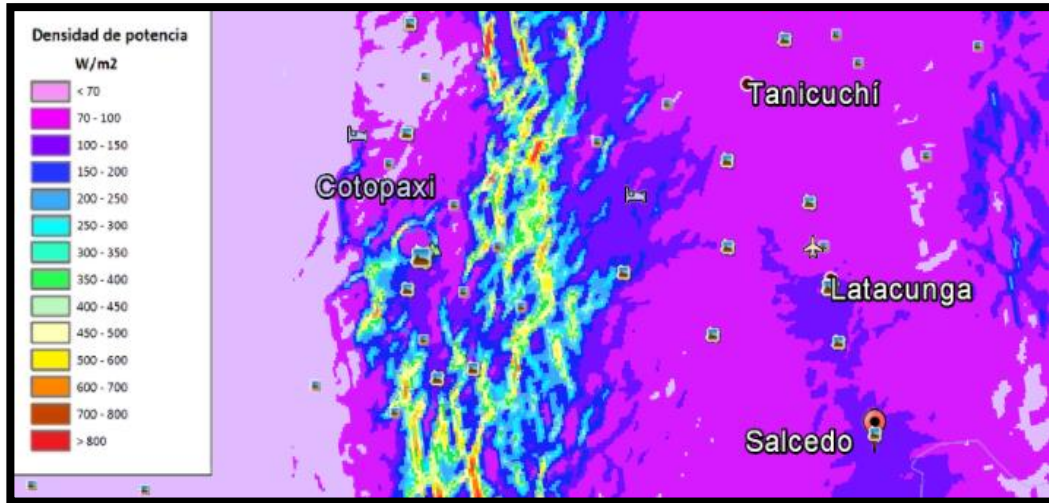


FUENTE: Atlas eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica

2.4.3 Densidad Potencial

En la figura se puede observar la densidad del potencial de generación eólica, lo que nos permite interpretar que en el sector que se pretende implementar el prototipo de aerogenerador existe un potencial para generar entre 100-150 Watts, por cada metro cuadrado, partiendo de este valor podemos proceder al diseño del sistema para no sobredimensionar el mismo.

FIGURA N° 15 DENSIDAD DE POTENCIA POR METRO CUADRADO.



FUENTE: Atlas eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica

2.5 Metodología

En la presente investigación se aplicó la metodología experimental ya que el proyecto consiste en:

- En primera instancia se recopiló toda la información teórica necesaria para el desarrollo del trabajo.
- Se procedió a medir la velocidad del viento en la vivienda – prototipo para el presente proyecto de investigación.
- Luego se diseñó un generador eólico de baja potencia tomando en cuenta la demanda energética de una vivienda del cantón Salcedo.
- Se realizó la modelación en 3D, del prototipo del aerogenerador.

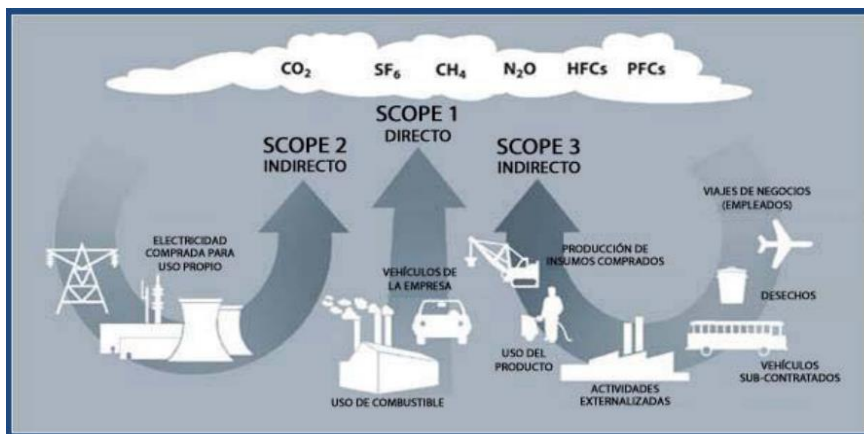
- Posteriormente se procedió a construir el aerogenerador en su mayor parte con la utilización de materiales reciclados, persiguiendo el lineamiento ambiental se trató de prescindir del uso de materiales nuevos.
- Una vez finalizada la construcción se procedió a ejecutar las pruebas necesarias para la cuantificación de datos necesarios para elaborar las conclusiones del trabajo.
- Finalmente se procedió a evaluar los beneficios ambientales y económicos que el proyecto brinde cuando el generador se encuentre en funcionamiento.

2.5.1 Metodología cálculo de la huella de carbono

Las metodologías pueden estar especializadas en uno o más de estos conceptos, o cubrir el espectro completo de dichos conceptos.

La Huella de Carbono se puede medir además, en distintas escalas, perímetros o alcances (comúnmente designado como “scope”, por la traducción en inglés). Se distinguen 3 scopes, tal como se presenta en la Figura 16 y se describen abajo.

FIGURA N° 16 ESQUEMATIZACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO



FUENTE: Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE UN AEROGENERADOR

3.1. Introducción

Previo la construcción del aerogenerador se realizó un proceso de modelado en 3 dimensiones para evaluar el diseño más adecuado mediante cálculos de ingeniería, para corroborar las medidas y evitar el colapso futuro del sistema.

Cabe resaltar que con el desarrollo de la tecnología, en la actualidad, se hace uso tanto para análisis como para justificación, modelos matemáticos más desarrollados, mediante la aplicación de programas de computación. El objetivo de este proceso es, certificar que los modelos matemáticos utilizados para el dimensionamiento de los elementos del aerogenerador, son adecuados.

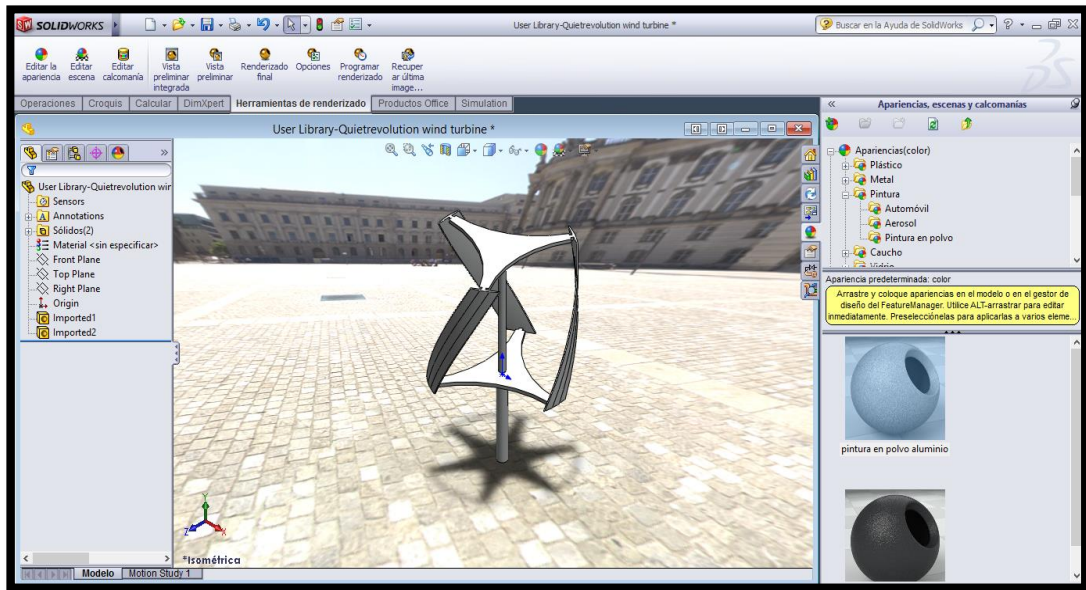
En el diseño del presente proyecto se tuvieron en cuenta varios aspectos necesarios para el desempeño adecuado del aerogenerador, tomando en cuenta las características presentadas por parte del ecosistema, se trató de llegar a un diseño adecuado aplicable al entorno de trabajo en el que se desempeñará el prototipo.

3.2 Parámetros de Diseño

3.2.1 Diseño Preliminar

Partiendo de los objetivos planteados se han tomado en cuenta varios aspectos para la selección de materiales y el diseño del prototipo, en la siguiente figura se observa el diseño previo de la estructura del aerogenerador; a continuación se describe los parámetros principales tomados en cuenta en el diseño.

FIGURA N° 17 BOCETO DEL DISEÑO PRELIMINAR EN 3D.



Elaborado por: Los investigadores

- **Velocidad del viento:** 18,0 km/h – 5,0 m/s
- **Humedad relativa:** 70%
- **Presión atmosférica:** 1015.92 hPa
- **Coordenadas UTM:** -1.0333, -78.5666

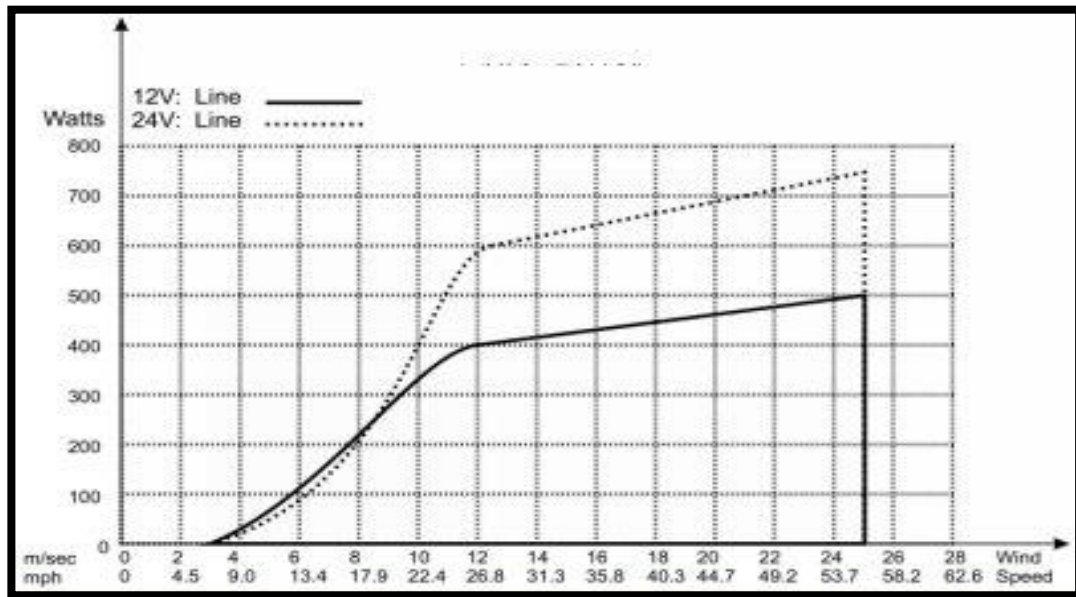
3.3 Diseño de Piezas y Selección de Materiales

Para el modelado de las partes del prototipo se utilizó un software de diseño en 3 dimensiones en el cual se generó los planos de cada pieza del aerogenerador, para con esto disminuir tiempos de construcción del mismo.

3.3.1 Alternador Reciclado

Como primer punto seleccionamos un alternador de vehículo reciclado de 24 voltios en base a la siguiente figura, en la que se ilustra la velocidad del viento en contraposición a los watts de potencia que generará el mismo, como se puede observar con un alternador de 24 voltios se puede generar mayor potencia motivo por el cual se seleccionó el mismo.

FIGURA Nº 18 CURVA DE POTENCIA ALTERNADOR 12V VS. 24V

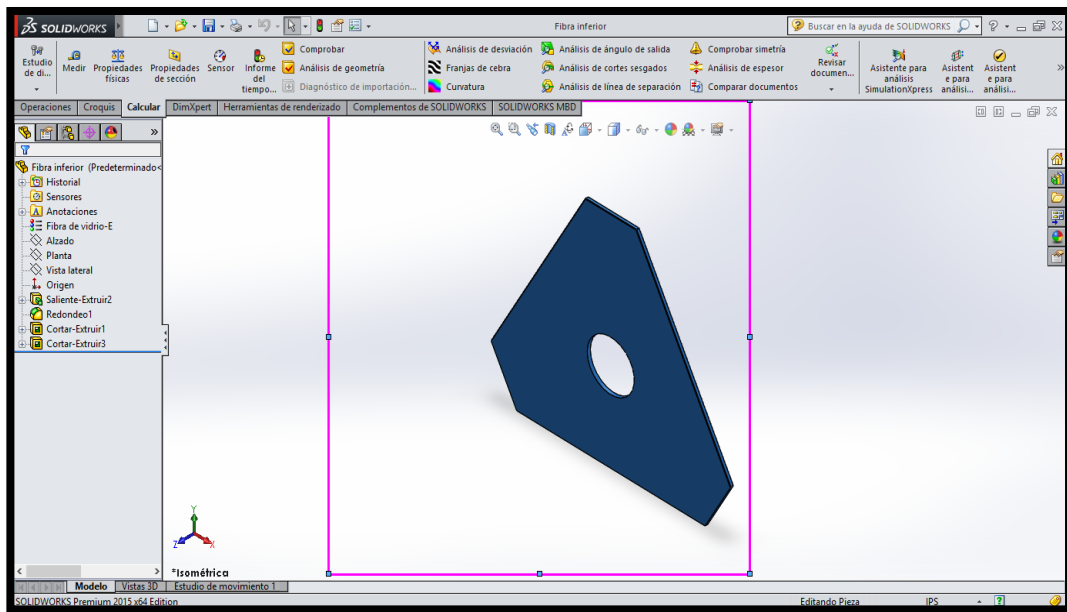


FUENTE: <http://www.inersol.es/>

3.3.2 Soporte de Álabes

Se puede observar el modelado de las bases soporte de los álabes del prototipo del aerogenerador los cuales serán de fibra de vidrio para reducir el peso del rotor y tener menos inercia para vencer a velocidad de arranque.

FIGURA N° 19 MODELADO DE BASES SOPORTE DE LOS ÁLABES

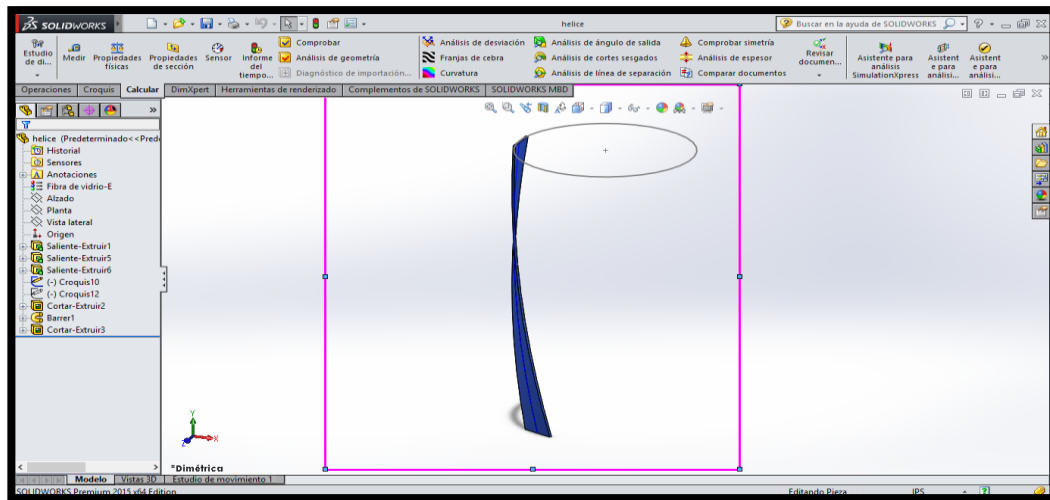


Elaborado por: Los investigadores

3.3.3 Diseño de Hélices

Se puede observar el diseño de las hélices las cuales tienen forma helicoidal para aprovechar el viento de todas las direcciones y así evitar el uso de un sistema de posicionamiento del sistema disminuyendo peso en la estructura del rotor.

FIGURA N° 20 MODELADO DE LAS HÉLICES.

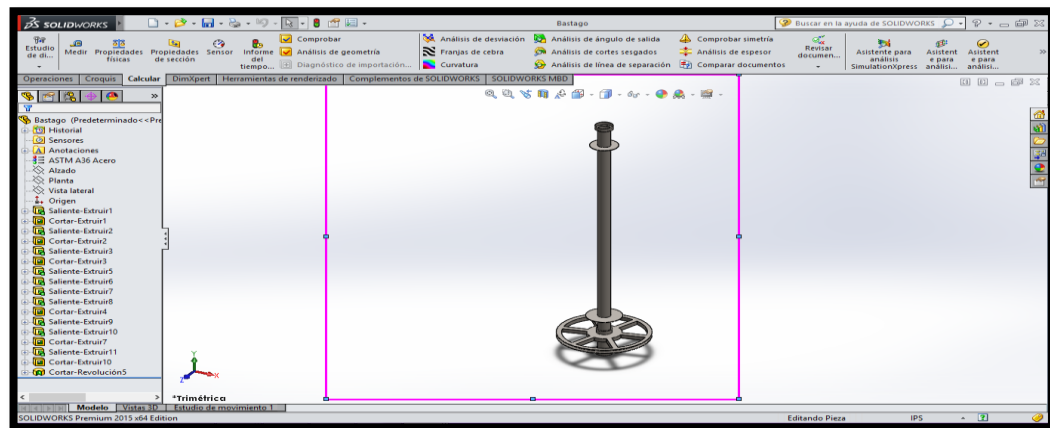


Elaborado por: Los investigadores

3.3.4 Estructura del Vástago

Se observa la estructura del vástago del rotor sobre el cual se montaran todas las partes del prototipo el cual está diseñado para tratar de disminuir el peso del rotor al mínimo posible.

FIGURA N° 21 MODELADO DEL VÁSTAGO DEL ROTOR.

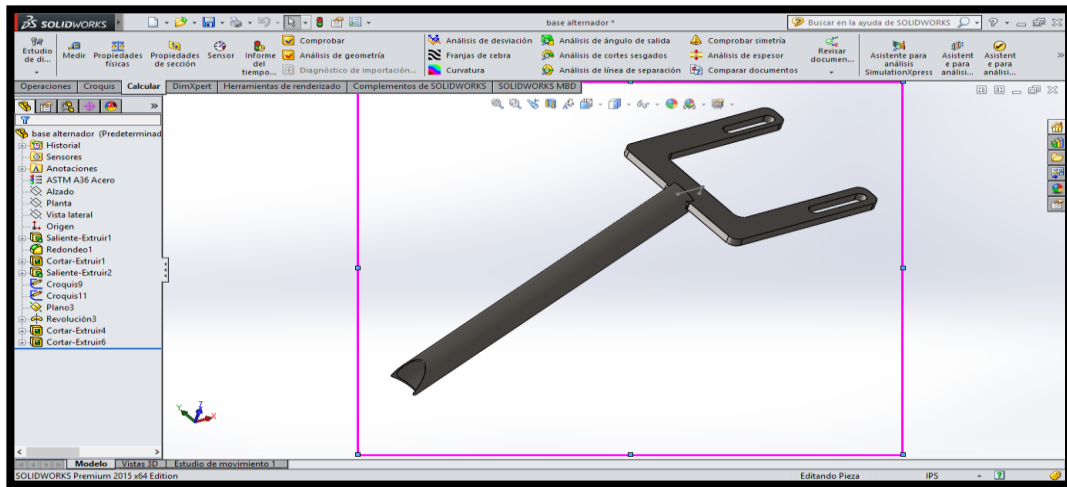


Elaborado por: Los investigadores

3.3.5 Base Templador

Se observa el diseño de la base-templador del alternador la cual permitirá fijar el alternador al mástil y servirá para templar la banda de transmisión del rotor impulsor hacia el alternador.

FIGURA N° 22 MODELADO DEL SOPORTE TENSOR DEL ALTERNADOR.

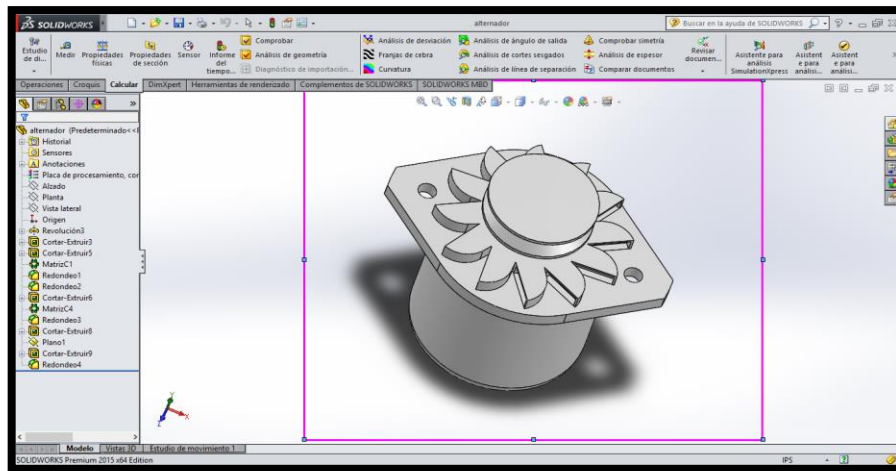


Elaborado por: Los investigadores

3.3.6 Modelo de Alternador

Se puede observar el modelado del alternador seleccionado que fue utilizado en el prototipo del aerogenerador el cual será accionado por una polea con una relación de transmisión de 7:1 lo cual permite multiplicar la velocidad del rotor para aprovechar de mejor manera la energía eólica utilizada.

FIGURA N° 23 MODELADO DEL ALTERNADOR DE 24V.

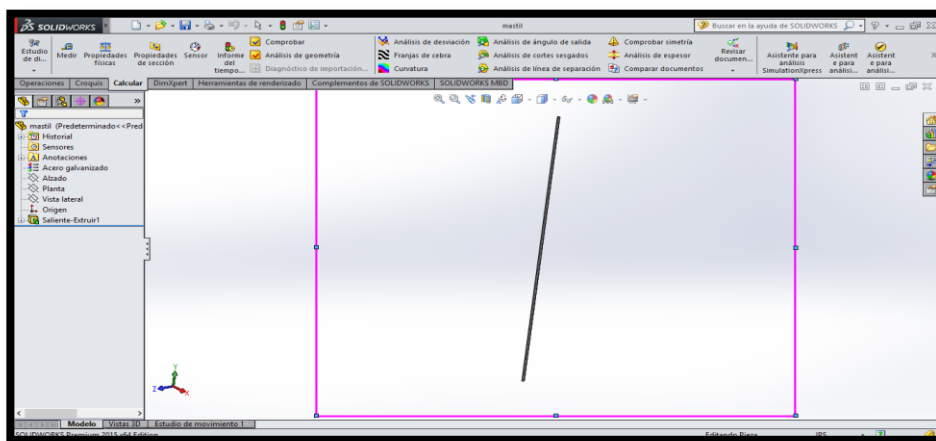


Elaborado por: Los investigadores

3.3.7 Mástil

Se puede observar el mástil del prototipo el cual mantendrá erguido el aerogenerador a 6 metros de altura sobre la superficie donde será instalado el mismo, para tratar de llegar a una altura superior a los edificios y arboles contiguos; y así aprovechar toda la potencia que ofrece el viento.

FIGURA N° 24 MODELADO DEL MÁSTIL.



Elaborado por: Los investigadores

3.3.8 Ensamble del Aerogenerador

Se puede observar el ensamble final del prototipo del aerogenerador, con todas sus piezas armadas de manera idéntica a como se pretende que quede el proyecto una vez finalizada la construcción del mismo.

FIGURA N° 25 ENSAMBLAJE FINAL EN 3D.



Elaborado por: Los investigadores

3.4 Construcción del Prototipo de Aerogenerador

Una vez terminado el diseño y modelado de las partes en 3D se procedió a la construcción del mismo utilizando las medidas reflejadas en los planos arrojados por el programa de diseño.

3.4.1 Moldes de Policarbonato

Los primeros pasos de la construcción del prototipo de aerogenerador en principio se procede a recortar las piezas de policarbonato que servirán de moldes a posteriori, los mismos se recortan con las dimensiones obtenidas de los planos del software de diseño.

FOTOGRAFÍA N° 1. RECORTE DE PIEZAS DE POLICARBONATO.



FUENTE: Los investigadores

3.4.2 Fibra de Vidrio

El recorte de fibra de vidrio es necesario para recubrir el policarbonato y mejorar sus propiedades mecánicas de resistencia a la tensión sin incrementar demasiado su peso.

FOTOGRAFÍA N° 2. RECORTE DE FIBRA DE VIDRIO.



FUENTE: Los investigadores

3.4.3 Insumos Necesarios

Los químicos necesarios para la preparación de la resina que cubrirá la fibra de vidrio y el policarbonato con la preparación de la mezcla adecuada de resina se lograrán propiedades de flexibilidad y dureza sean adecuadas para que las piezas del aerogenerador no sean quebradizas.

FOTOGRAFÍA N° 3. QUÍMICOS PARA PREPARACIÓN DE LA RESINA.



FUENTE: Los investigadores

3.4.4 Aplicación de Insumos

La aplicación de la resina en las piezas de policarbonato cubiertas de fibra de vidrio este procedimiento se debe realizar rápido para evitar que la resina seque antes de terminar su aplicación.

FOTOGRAFÍA N° 4. APLICACIÓN DE LA RESINA



FUENTE: Los investigadores

3.4.5 Pulido

En la fotografía 5 se observa el pulido de las imperfecciones de la fibra de vidrio para afinar los detalles los filos y remover las imperfecciones que se hayan podido generar en el proceso.

FOTOGRAFÍA N° 5. PULIDO DE LAS PIEZAS.



FUENTE: Los investigadores

3.4.6 Pintura

Se observa las piezas de fibra de vidrio luego del proceso de pintura para lo cual se realiza pasos previos para el fijado de la pintura sobre la fibra de vidrio con un sellador y fondo.

FOTOGRAFÍA N° 6. PINTURA DEL ROTOR.



FUENTE: Los investigadores

3.4.7 Centrado del Rotor con el Mástil

En la siguiente fotografía se observa el centrado del rotor con el mástil para que el sistema gire sin oponer mayor resistencia y así evitar incrementar la inercia que debe vencer el viento para hacer girar el aerogenerador.

FOTOGRAFÍA N° 7. ENSAMBLAJE DEL ROTOR CON EL MÁSTIL



FUENTE: Los investigadores

3.4.8 Ensamblaje

El ensamblaje del rotor del aerogenerador supervisado por nuestra directora de tesis el cual a posterior será ensamblado con las demás partes del sistema.

FOTOGRAFÍA N° 8. ENSAMBLE DEL ROTOR.



FUENTE: Los investigadores

3.4.9 Ensamble del Rotor

La construcción de la base tensor del alternador la cual permitirá tensar la banda de transmisión para transmitir la potencia del rotor hacia el alternador.

FOTOGRAFÍA N° 9. ENSAMBLE DEL ROTOR.



FUENTE: Los investigadores

3.4.10 Perforación y Centrado de Polea Transmisora

El centrado de la polea transmisora y maquinada del orificio se realiza para ensamblarlo en el vástago del rotor y conectarlo mediante una banda de goma con el alternador.

FOTOGRAFÍA N° 10. PERFORACIÓN Y CENTRADO DE POLEA TRANSMISORA.



FUENTE: Los investigadores

3.4.11 Ensamblaje Total del Aerogenerador

Por último se procedió a realizar el ensamblaje de todas las piezas del prototipo de aerogenerador, con esto se completa la fase de construcción del artefacto y se puede proceder a la implementación del mismo.

3.5 Implementación del aerogenerador en la vivienda

Al finalizar la construcción del prototipo de aerogenerador se procederá a la implementación del mismo en la vivienda para lo cual se requiere colocarlo en un lugar libre que no tenga interferencia con el viento lo cual permitirá el aprovechamiento adecuado del recurso, de preferencia en una parte central del edificio en la parte más alta posible ya que a mayor altura la energía se conserva de mejor manera por el hecho de que no afecta el rozamiento con el suelo u otras estructuras, con esto se pretende mejorar la eficiencia del artefacto.

FOTOGRAFÍA N° 11. IMPLEMENTACIÓN DEL AEROGENERADOR.



FUENTE: Los investigadores

Como se observa en la figura 11 el artefacto se encuentra ubicado de manera estratégica para aprovechar la mayor cantidad de viento de cualquier dirección que provenga el mismo y con esto utilizar toda la energía posible proveniente del viento.

El aerogenerador se encuentra ubicado sobre una estructura en desuso lo cual nos permitirá colocar los instrumentos electrónicos, y a su vez los consumidores de energía para corroborar la eficacia del generador, con lo cual se procederá a la conexión eléctrica necesaria para el funcionamiento del mismo.

3.6 Diseño del Sistema Eléctrico del Aerogenerador

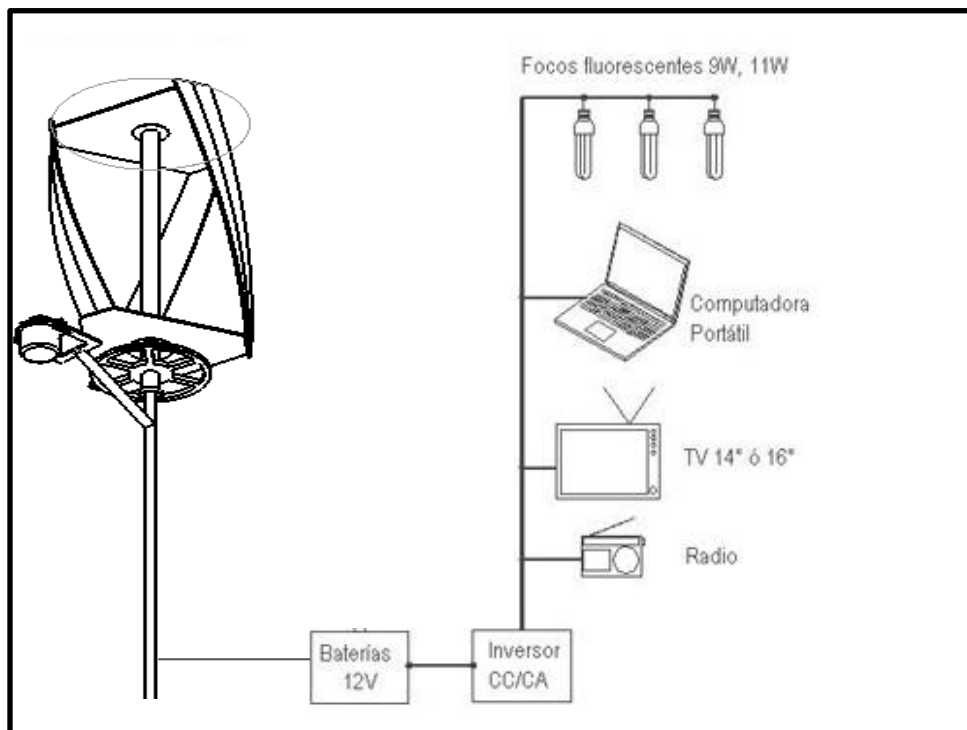
3.6.1 Esquema de Generación del Aerogenerador

Una vez implementado el sistema mecánico de generación se procede al diseño del sistema eléctrico y de carga que es una parte fundamental en el desarrollo del prototipo.

El siguiente paso es la conexión del sistema eléctrico del generador eólico el cual transforma la energía mecánica transmitida desde la polea del rotor al alternador de 24 voltios, el mismo que a su vez transforma esta energía mecánica en energía eléctrica alterna. El alternador se conecta a un banco de dos baterías de 12 voltios conectadas en serie para obtener los 24 voltios que son necesarios para desarrollo del proyecto.

La energía producida por el aerogenerador se almacena en el banco de baterías para mantener un suministro constante de energía aun cuando el generador no se encuentre girando, este banco de baterías se conecta a su vez a un inversor el cual tiene la función de transformar los 12 voltios de corriente directa DC en 110 voltios de corriente alterna AC con los cuales funcionan los artefactos de uso doméstico y luminarias.

FIGURA N° 26 ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL AEROGENERADOR.



FUENTE: Los investigadores

El esquema de conexión del aerogenerador el cual utilizará 2 baterías de 12 voltios conectadas en serie para así llegar a producir 24 voltios, conectadas a su vez a un transformador inversor que produce 110v de tensión eléctrica a partir de los 24 voltios almacenados en las baterías, el alternador produce la energía necesaria para cargar las baterías de esta manera se tiene un suministro de energía almacenado en los momentos que el aerogenerador no gira, con la energía almacenada se puede encender 3 focos ahorradores de hasta 5 watts una computadora portátil de hasta 45 watts, una televisión led de 30 watts y un radio de 10 watts, lo que sumado nos da un total de 100 watts entrando en el rango de generación establecido de entre 70 a 100 watts.

3.7 Evaluación de Desempeño Costos y Beneficios

3.7.1 Generalidades

Para evaluar el desempeño del sistema se mide la tensión de carga generada por el alternador como se puede observar en la siguiente figura, se realiza la medida que ofrece un resultado de 13.32 voltios con este valor las baterías deberían cargarse sin problema alguno almacenando la energía para poder aprovecharlas de manera adecuada el momento que sea necesario lo ideal sería mantener ciclos de carga continuos pero ya que esto no es posible se utiliza el banco de baterías para mantener la energía almacenada.

FIGURA N° 26. VOLTAJE DE CARGA DEL AEROGENERADOR.



FUENTE: Los investigadores

3.7.2 Cálculos

El cálculo de la energía que producirá el generador eólico fue realizado, en base a la Figura 15 del presente documento la cual se refiere acerca de la Densidad de potencia por metro cuadrado tomada del “Atlas eólico del Ecuador con fines de generación eléctrica” en donde se puede observar con claridad que en la región donde será ubicado el generador eólico tenemos la posibilidad de generar una potencia de entre 70 – 100 Watts / m² con lo cual tenemos un dato inicial de potencia el cual nos permitirá calcular el valor de la energía producida, de acuerdo a la fórmula planteada en el libro “Dispositivos y sistemas para el ahorro de energía”, Página 18 de autoría de Pizá Pere Esquerra.

El tiempo de carga se estima de acuerdo a un rendimiento del generador del 20% de las 24 horas del día el cual nos da un tiempo estimado de giro del generador de 5 horas por día pudiendo el mismo ser variable de acuerdo a las condiciones climáticas y época del año.

- Con la generación de 100 watt obtendremos:
- Tiempo de carga de 5 horas tomando en cuenta un rendimiento del 20 % durante las 24 horas del día.

Sabemos que:

$$\text{Potencia} = \text{Energía producida} / \text{Tiempo de carga}$$

Despejando:

$$\text{Energía producida} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo de carga}$$

$$E = 100 \text{ Watts} \times 5 \text{ horas}$$

$$E = 500 \text{ Wh}$$

Para saber la energía generada en un mes multiplicamos la energía por los 30 días y obtenemos la energía mensual con el fin de compararla con la planilla de energía eléctrica y obtener una relación del valor de la energía generada.

$$\text{Energía generada en un mes} = 15000 \text{ Wh}$$

Según datos tomados de ELEPCO se sabe que el costo de 1000 Wh de energía es de 12 centavos de dólar de acuerdo a la planilla eléctrica, con lo cual procedemos a realizar los cálculos de los costos de energía que el proyecto reducirá en el lugar donde será implementado el aerogenerador.

- Costo de la energía eléctrica $0,12 \text{ ctvs./kWh}$ según planilla eléctrica de Elepco
- Al generar 15 kWh por mes tendremos un ahorro en la planilla de energía eléctrica de:

$$\text{Ahorro} = 15 \text{ kWh} \times 0.12 \text{ USD/kWh}$$

$$\text{Ahorro} = 1,80 \text{ USD}$$

- Con la implementación del aerogenerador se tendrá un ahorro de 1,80 dólares por mes a más de los beneficios ambientales que esto generará.

3.7.3 Costo del Proyecto

En la presente tabla se detalla el costo total para la implantación de un aerogenerador:

TABLA N° 2 COSTO DEL PROYECTO

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
5	Pliegos de fibra de vidrio de baja densidad	17,00	85,00
3	Galones de resina incluido reactivos acelerantes y secantes.	90,00	270,00
2	Pliegos de policarbonato 50 mm. de espesor.	220,00	440,00
2	Baterías de 12 voltios y 60 Amperios hora.	240,00	480,00
2	Tubos célula galvanizados de 6 metros de longitud	35,00	70,00
1	Polea fundida de aluminio de 18 pulgadas de diámetro.	85,00	85,00
1	Rollo de cables calibre 12.	35,00	35,00
1	Transformador inversor de corriente continua de 12 voltios a corriente alterna de 110 voltios.	300,00	300,00
1	Alternador de 24 voltios	400,00	400,00
2	Rodamientos Skf	57,50	115,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO			2280,00

FUENTE: Los investigadores

- Procederemos a calcular los beneficios ambientales generados por el proyecto:

De acuerdo a la página [1dollarcarboncredits](#) basada en acuerdos internacionales se tiene la relación entre los kg. de CO₂ que se evitarían ingresar a la atmosfera, con la cantidad de kW de energía limpia renovable producida, a esta relación se la denomina internacionalmente como bonos de carbono; un bono de carbono equivale a 1 Tonelada métrica de CO₂ es decir 1000 Kg. CO₂; además nos ofrece la relación de que 1000 kW de energía por año equivale a 520 kg. de CO₂ al año.

$$1000 \text{ kW por año} = 520 \text{ kg de CO}_2$$

- Nuestro proyecto genera 15 kW por mes es decir 180 kW por año; aplicamos una regla de tres y obtenemos:

$$\text{CO}_2 = 180 \text{ kW} \times 520 \text{ kg. CO}_2 / 1000 \text{ kW}$$

$$\text{CO}_2 = 93,60 \text{ kg. CO}_2$$

- Con nuestro proyecto quitamos alrededor de 93,60 kg de CO₂ de posibles emisiones la atmosfera ayudando así a mitigar problemas de calentamiento global en el planeta reduciendo el dióxido de carbono que es el principal causante del efecto invernadero.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó el generador eólico de manera exitosa mediante el uso de programas informáticos de diseño en 3 dimensiones se logró generar un modelo muy adecuado para construirlo posteriormente.
- Con la implementación de un aerogenerador se logró un ahorro mensual de 15kWh al mes que significan alrededor de 1,80 dólares americanos.
- A más de los beneficios económicos que el proyecto brinda este nos permitirá evitar la emanación de 93,6 kg de CO₂ contribuyendo a reducir la contaminación generada por el uso de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica, al quitar del ambiente esta cantidad de CO₂ contribuimos a mitigar el efecto invernadero causado por este gas.
- Se construyó el aerogenerador de baja potencia cumpliendo así con los objetivos planteados al inicio del proyecto, utilizando en su mayoría materiales reacondicionados y reciclados reduciendo así pasivos ambientales que se acumularían y generarían contaminación ambiental.
- Se implementó el aerogenerador en la vivienda permitiendo evaluar el comportamiento del mismo y las especificaciones técnicas así como su capacidad de generación.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para aumentar el rendimiento del aerogenerador sería recomendable reemplazar el alternador por un motor de imanes permanentes de neodimio el cual genera energía con menor número de revoluciones ofreciendo menor resistencia.
- Sería recomendable colocar un mecanismo que permita variar los ángulos de ataque de las aspas del generador para ubicarlas de la manera más adecuada de acuerdo a las condiciones del lugar donde se implementara el prototipo.
- Se recomienda utilizar un tacómetro automotriz para medir las revoluciones por minuto a las que gira el alternador y así evaluar la potencia real de generación del sistema implementado.
- Se recomienda ubicar un amperímetro para tener un registro de la carga que realiza el aerogenerador al banco de baterías.
- Así mismo se recomienda ubicar un voltímetro en el banco de baterías para saber si las mismas se encuentran cargadas.
- Se recomienda impermeabilizar el sistema para alargar la vida útil de todos los sistemas electrónicos.
- Sería recomendable implementar un sistema de refrigeración con un ventilador electrónico para proteger las partes electrónicas de un potencial sobrecalentamiento.
- Se recomendaría reemplazar la fibra de vidrio por una más amigable con el medio ambiente como es la fibra de coco la cual es biodegradable y permitirá y ofrece excelentes propiedades de resistencia mecánica.

5. BIBLIOGRAFÍA

5.1. BIBLIOGRAFIA INVESTIGADAS

- CREUSS A . (2008). Aerogeneradores, Editorial Amv Ediciones.
- ESCUDERO J. M.. (2008). Manual de energía eólica. Investigación, diseño, promoción, construcción y explotación de distinto tipo de instalaciones, Editorial Amv Ediciones.
- ESTEIRE E. (2010). Energías renovables. Manual técnico. Editorial Amv Ediciones. ISBN: 978-84-96709-52-2
- FERNANDEZ J. M. (2011). Guía completa de la energía eólica, Editorial Amv Ediciones, ISBN: 978-84-96709-66-9
- FERNANDEZ J.M. (2009). Tecnología de las energías renovables, Editorial Amv Ediciones. ISBN-13: 978-84-96709-14-0.
- GREGORIO G. (2008). Energías del siglo XXI. De las energías fósiles a las alternativas. Editorial Amv Ediciones. ISBN-13: 978-84-96709-13-3
- JIMENEZ M. J. (2014). Energía solar fotovoltaica y energía eólica, Editorial Amv Ediciones, ISBN: 9788494198045
- MADRID A. (2009). Energías renovables: fundamentos, tecnologías y aplicaciones. Editorial Amv Ediciones. ISBN-13: 978-84-96709-10-2
- VILLARRUBIA M.. (2012). Ingeniería de la energía eólica, Editorial Amv Ediciones, ISBN: 9788426715807.

5.2 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CREUSS A . (2008). Aerogeneradores, Editorial Amv Ediciones.
- ESCUDERO J. M.. (2008). Manual de energía eólica. Investigación, diseño, promoción, construcción y explotación de distinto tipo de instalaciones, Editorial Amv Ediciones.
- ESTEIRE E. (2010). Energías renovables. Manual técnico. Editorial Amv Ediciones. ISBN: 978-84-96709-52-2
- FERNANDEZ J. M. (2011). Guía completa de la energía eólica, Editorial Amv Ediciones, ISBN: 978-84-96709-66-9
- FERNANDEZ J.M. (2009). Tecnología de las energías renovables, Editorial Amv Ediciones. ISBN-13: 978-84-96709-14-0.
- GREGORIO G. (2008). Energías del siglo XXI. De las energías fósiles a las alternativas. Editorial Amv Ediciones. ISBN-13: 978-84-96709-13-3
- JIMENEZ M. J. (2014). Energía solar fotovoltaica y energía eólica, Editorial Amv Ediciones, ISBN: 9788494198045
- MADRID A. (2009). Energías renovables: fundamentos, tecnologías y aplicaciones. Editorial Amv Ediciones. ISBN-13: 978-84-96709-10-2
- VILLARRUBIA M.. (2012). Ingeniería de la energía eólica, Editorial Amv Ediciones, ISBN: 9788426715807

5.3 LINGÜOGRAFÍA

- Fuente: GOOGLE EARTH. Imágenes Satelitales
<https://earth.google.es/>
(5 Enero 2015).
- Fuente: MINISTERIO DE ENERGÍAS RENOVABLES. Atlas eólico del Ecuador para fines de generación eólica
<http://redes.iner.gob.ec/eolica/links/descarga-del-mapa-eolico-de-ecuador-meer>
(15 Enero 2015).

6. ANEXOS

FOTOGRAFÍAS







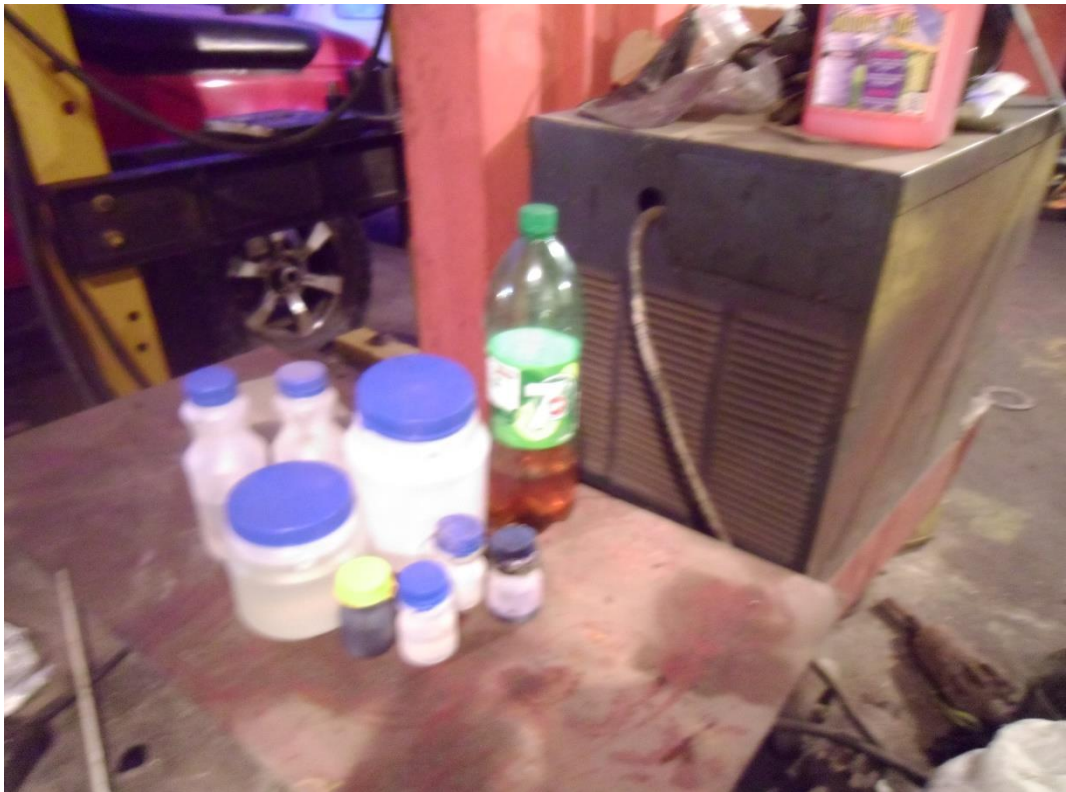








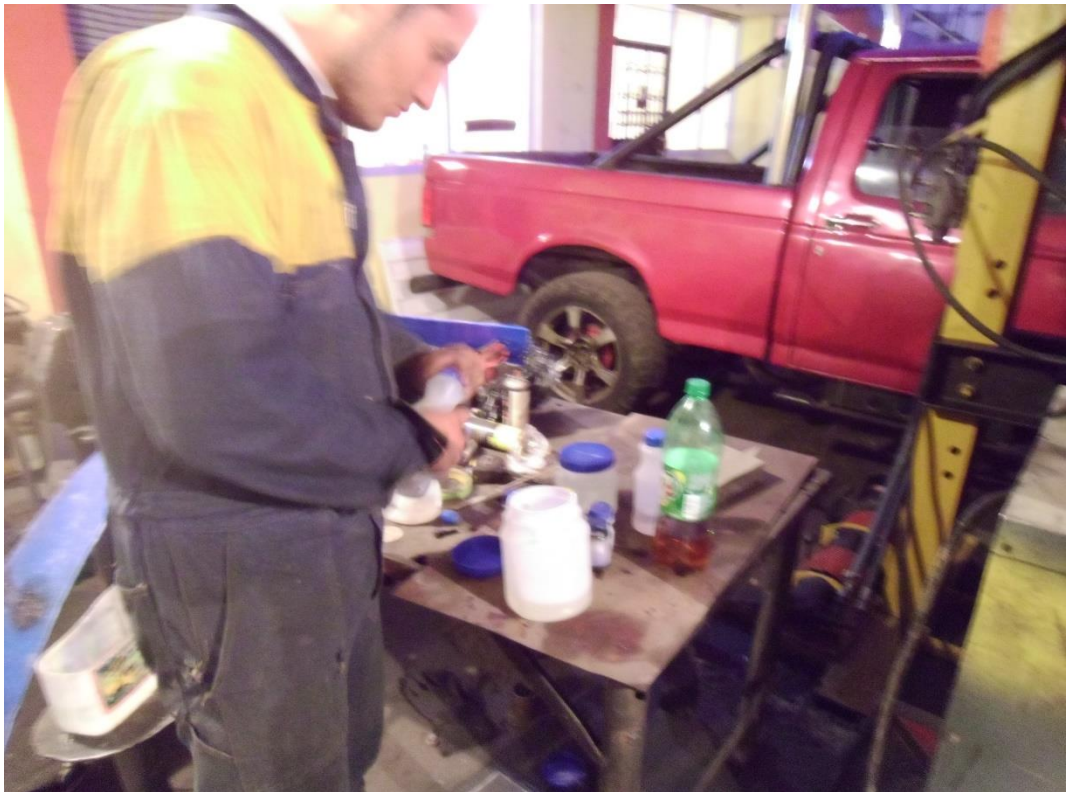














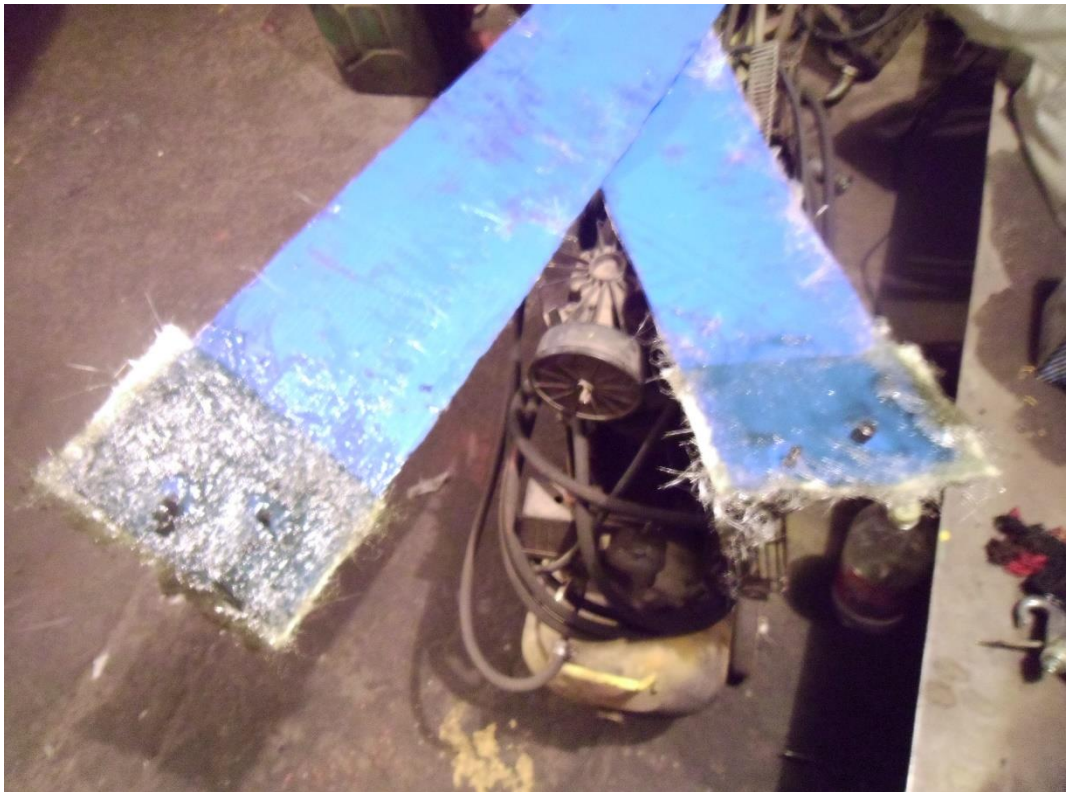




















































PLANOS

4

3

2

1

F

F

E

E

D

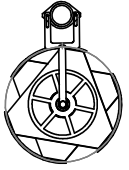
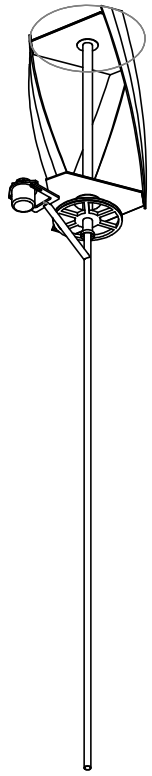
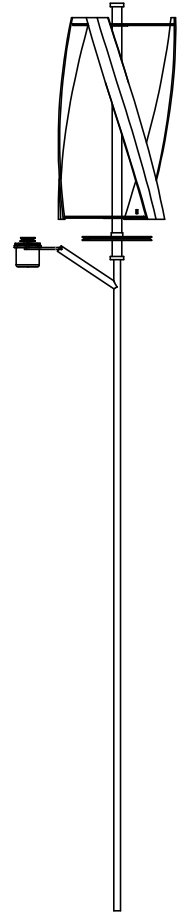
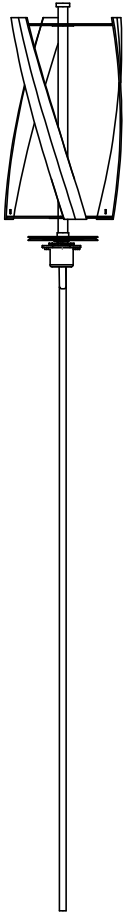
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
DIBUJ.				
VERIF.				
APROB.				
FABR.				

TÍTULO:

CALID.

MATERIAL:

N.º DE DIBUJO
Generador eolico A4

PESO:

ESCALA:1:50

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

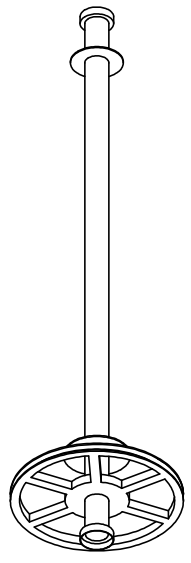
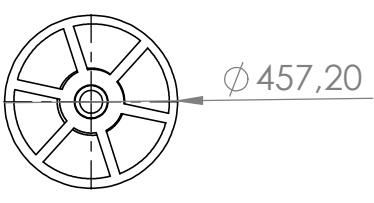
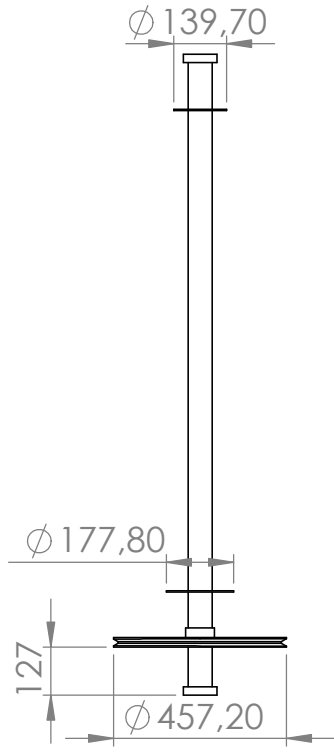
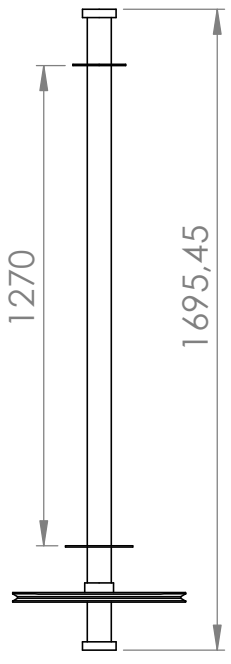
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					

CALID.		MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	Bastago	A4
		PESO:	ESCALA:1:20	HOJA 1 DE 1	

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

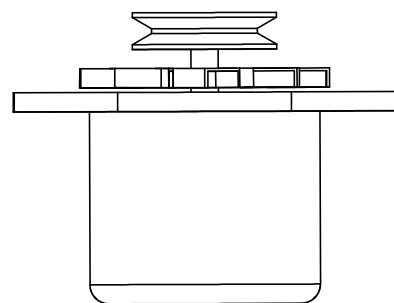
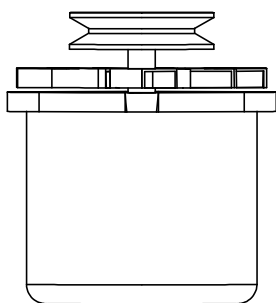
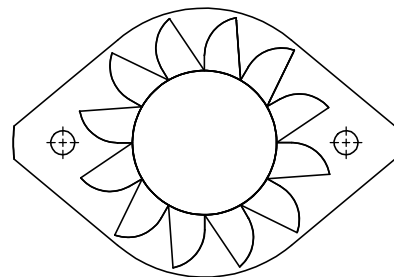
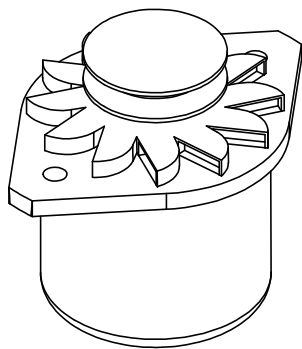
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.					

TÍTULO:

N.º DE DIBUJO

alternador

A4

PESO:

ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

A

4 3 2 1

F

F

E

E

D

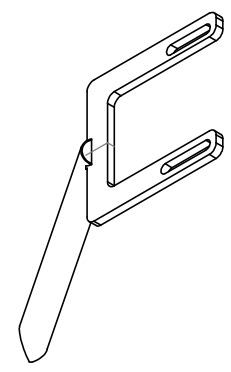
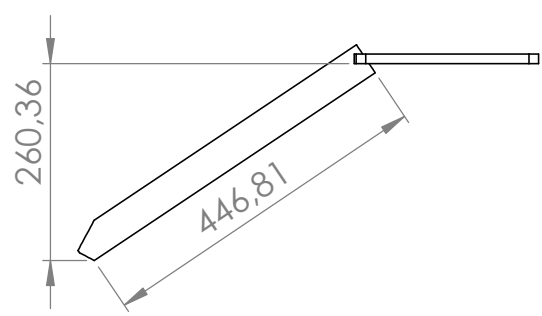
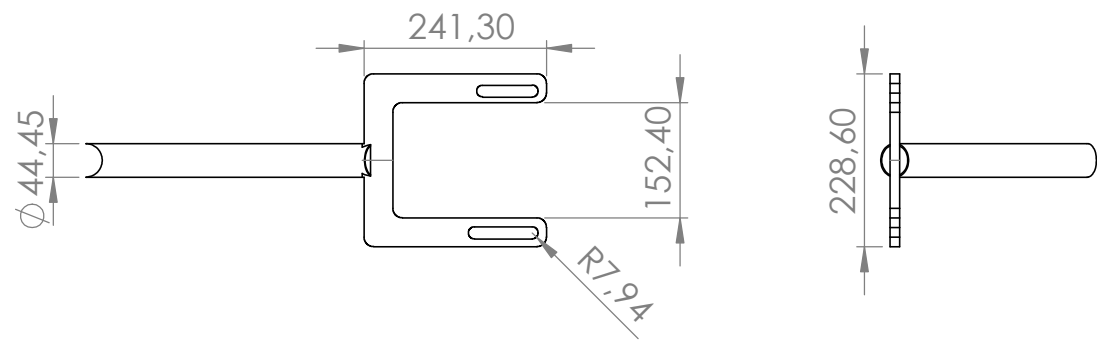
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					

CALID.	MATERIAL:			N.º DE DIBUJO	base alternador	A4
	PESO:			ESCALA: 1:10		

4 3 2 1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

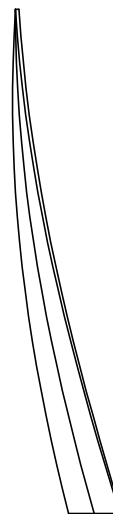
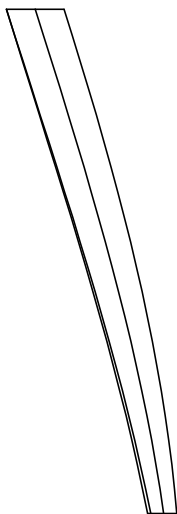
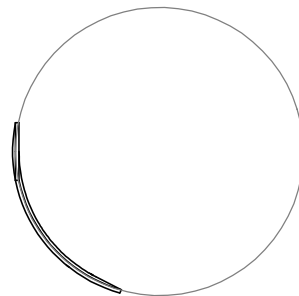
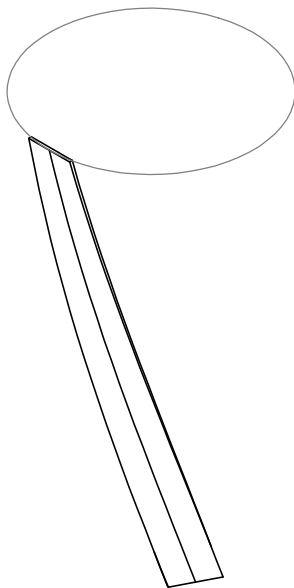
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
DIBUJ.				
VERIF.				
APROB.				
FABR.				
CALID.				

TÍTULO:

MATERIAL:

N.º DE DIBUJO

helice

A4

PESO:

ESCALA:1:20

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

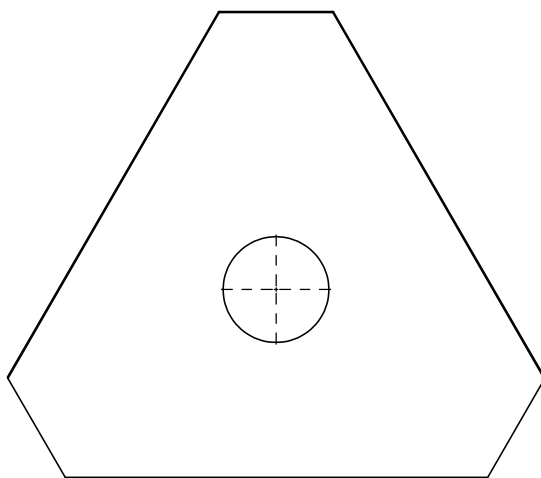
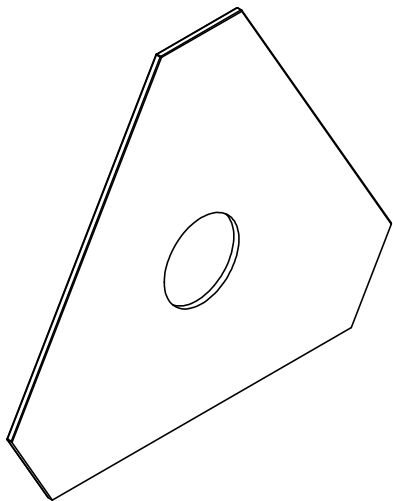
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
DIBUJ.				
VERIF.				
APROB.				
FABR.				
CALID.				

TÍTULO:

N.º DE DIBUJO

Fibra inferior

A4

PESO:

ESCALA:1:10

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

A