



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TESIS DE GRADO PREVIA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

TEMA:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AERO GENERACION DE FLUJO TURBULENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA EN EL SECTOR DE PASACHI, EL MORRO, CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO ACADÉMICO 2014-2015”

AUTORES:

- Duchí Lopez Víctor Alfonso
- Quintanilla Marín Freddy Mauricio

DIRECTOR DE TESIS:

- Mg. C. Ing. Edwin Moreano

Latacunga- Ecuador

2015



FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes:

- **VICTOR ALFONSO DUCHI LOPEZ**
- **FREDDY MAURICIO QUINTANILLA MARIN**

Con la tesis, cuyo título es:

“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE AEROGENERACION DE FLUJO TURBULENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA EN EL SECTOR DE PASACHI, EL MORRO, CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO ACADÉMICO 2014-2015”. Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

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

Para constancia firman:

Mg. C. Ing. Alvaro Mullo

PRESIDENTE

Phd Angel Hernandez

OPOSITOR

Dr. Marcelo Bautista

MIEMBRO

Mg.C. Edwin Moreano

TUTOR



AUTORÍA

Nosotros, VICTOR ALFONSO DUCHI LOPEZ Y FREDDY MAURICIO QUINTANILLA MARIN, con el tema de investigación de tesis titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AERO GENERACIÓN DE FLUJO TURBULENTO, PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA EN EL SECTOR DE PANSACHI, EL MORRO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO ACADÉMICO 2014-2015”**. Declaramos que es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría para efectos legales y académicos.

Víctor Alfonso Duchi
C.I:210057764-8

Freddy Mauricio Quintanilla
C.I:0503449985



AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Yo Ing. Ms.C. Edwin Moreano, en calidad de director de tesis y cumpliendo con lo expuesto en el capítulo **IV**, **Art 9**, literal f, del reglamento de graduación en el nivel de pregrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Expreso que los postulantes con el tema de tesis: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AERO GENERACIÓN DE FLUJO TURBULENTO, PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA EN EL SECTOR DE PANSACHI, EL MORRO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO ACADÉMICO 2014-2015”**. Determino que la investigación cumple con los requerimientos metodológicos: técnico, prácticos con aporte científico para ser sometido a la evaluación de tribunal del Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Ing. Mg.C. Edwin Moreano

C.I: 0502607500



AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO

Yo Dr. Galo Terán, en calidad de asesor metodológico y cumpliendo con lo expuesto en el capítulo **IV**, **Art 9**, literal f, del reglamento de graduación en el nivel de pregrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Expreso que los postulantes con el tema de tesis: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AERO GENERACIÓN DE FLUJO TURBULENTO, PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA EN EL SECTOR DE PANSACHI, EL MORRO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO ACADÉMICO 2014-2015”**. Determino que la investigación cumple con los requerimientos metodológicos: técnico, prácticos con aporte científico para ser sometido a la evaluación de tribunal del Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Dr. Galo Patricio Terán Ortiz

C.C. 0500676101

GRUPO AGROPECUARIO SAN JOSE DE ALAQUEZ

CERTIFICADO DE BENEFICIARIOS

Yo Sr. Enrique Calvopiña con número de cedula 0500813654 , en mi calidad de presidente del grupo agropecuario, san José de Aláquez, certifico que los señores, Víctor Alfonso duchi López con numero de cedula 210057764-8 y Freddy Mauricio Quintanilla Marín con numero de cedula 050344998-5, realizaron: **“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE AEROGENERACION DE FLUJO TURBULENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA EN EL SECTOR DE PASACHI, EL MORRO, CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO ACADÉMICO 2014-2015”**.

En honor a la verdad es todo cuanto informar, y los señores antes mencionados pueden hacer uso del presente en la forma que estimaran conveniente de forma legal.

Emisión del certificado el mes de julio del dos mil quince

Ing. Enrique Calvopiña

PRESIDENTE GRUPO AGROPECUARIO

AGRADECIMIENTO

Son numerosas las personas a las que debo mi agradecimiento por su ayuda y apoyo es la realización de este trabajo.

Debo un especial agradecimiento al Ing. MgC. Edwin Moreano quien ha fomentado conocerme intelectualmente por su apoyo incondicional en sus observaciones, que me orientaron, a mis padres que enseñaron a tener curiosidad y a disfrutar de todo lo que nos rodea, y que incondicionalmente han impulsado mi formación desde la niñez.

A mi hermana Flor Duchi que, con su tierna dureza y rectitud personal, ha ido poniendo orden en mis acciones y ha estado siempre en una sombra vigilante.

A toda mi familia, por ayudarme a visualizar sensatamente el día a día, enseñándome a aprender.

Víctor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional brindado a lo largo de toda la carrera, de Ingeniería electromecánica por a verme mantenido firme y no decaer en el transcurso de estos cinco años de estudio.

En segundo lugar a toda mi familia en especial a mi tía Amparito Marín, quien fue un apoyo incondicional desde la infancia hasta el día de hoy, guiándome y dándome fuerza para seguir, brindándome su comprensión me han ayudado y llevado a ser la persona que soy el día de hoy.

Por último y no menos importante a los docentes a quienes con su paciencia y enseñanza me supieron guiar para convertirme en una persona de bien con principios y valores.

Freddy Mauricio

DEDICATORIA

Esta tesis dedico a dios por darme la fuerza y constancia por cumplir con mis.

A mis padres queridos, Orejuela Duchi José Abel y López Mancheno María Livia quienes me apoyaron con su personalidad, en todo el tiempo del transcurso de mi periodo universitario

A mi hermana dedico de manera especial Duchi Flor pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarla cada día más.

A todos quienes me ayudaron con sus mensajes de amistad, superación, y motivación siempre los tendré en mi corazón.

Víctor

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia y docentes que de una u otra manera aportaron con un granito de arena durante todo el transcurso de mi vida estudiantil brindándome sus conocimientos, apoyo, consejos y fuerzas para seguir adelante.

En especial

Al Ing. M.S.C Edwin Moreano que fue un pilar fundamental guiándome con sus conocimientos, paciencia y motivación logro que cumpla con esta meta propuesta y culmine con éxito esta etapa de mi vida.

A mi novia Ing. Vanessa Terán por sus, perseverancia, consejos, motivación y apoyo brindado a lo largo de todo el trabajo de grado han hecho que con mi esfuerzo y dedicación logre el objetivo propuesto.

Freddy Mauricio

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
FORMULARIO DE APROBACION.....	ii
AUTORÍA	iii
AVAL DEL DIRECTOR.....	iv
AVAL DE ASESOR METODOLOGICO.....	v
CERTIFICADO BENEFICIARI	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE GENERAL	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE GRAFICAS	xx
RESUMEN EJECUTIVO	xxi
ABSTRAC INGLES.....	xxii
AVAL DE TRADUCION.....	xxiii
INTRODUCCION	xiv

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 ENERGIA EOLICA EN EL ECUADOR.....	2
1.3 ENERGIA EOLICA.....	4
1.4 FLUJO TURBULENTO.....	5
1.4.1 Característica del flujo turbulento.....	6
1.4.2 Vientos locales.....	7
1.5 INFLUENCIA DEL RELIEVE Y DE LOS OBSTÁCULOS.....	7
1.5.1 Velocidad del viento.....	7
1.6 TIPOS DE EFECTO SEGÚN EL AÉREA DEL TERRENO.....	9
1.6.1 Efecto túnel.....	9
1.7 RECURSOS ENERGÉTICOS EN EL ECUADOR.....	11
1.7.1 Mapa eólico del ecuador.....	11

1.7.2 Estudio del viento en la provincia.....	12
1.7.3 Potencial eólico en la provincia de Cotopaxi.....	14
1.8 AEROGENERADORES.....	14
1.9 TIPOS DE AEROGENERADORES.....	15
1.9.1 Aerogenerador de eje vertical.....	15
1.9.2 Aerogenerador de eje horizontal.....	17
1.10 COMPONENTES DEL AEROGENERADOR.....	21
1.11 DISEÑO DE ALABES.....	23
1.11.1 Ecuación cálculo de alabes.....	23
1.11.2 Ley exponencial de hellmann.....	25
1.12 ELEMENTOS DE CONTROL Y CARGA.....	26
1.13 COMO ALMACENAR LA ENERGIA.....	28
1.14 TORRE.....	30
1.15 CIMENTACION.....	31
1.16 ANCLAJE.....	32
1.17 TENSORES.....	32
1.18 INSTRUMENTOS DE MEDICION.....	33
1.18.1 Anemómetro.....	33
1.18.2 Tacómetro.....	34
1.18.3 Multímetro.....	35
1.19 SOFTWARE AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL.....	36
1.19.1 Características principales.....	36
1.20 MARCO LEGAL.....	37
1.20.1 Elepco S.A.....	37
1.20.1.1 Empresa eléctrica provincial de Cotopaxi.....	37

CAPITULO II

METODOLOGIA DE INVESTIGACION

2.1 DESARROLLO DE LA INVESTIGACION.....	39
2.2 METODOS DE LA INVESTIGACION.....	40
2.2.1 Método de campo.....	40
2.2.2 Método de observación.....	40
2.2.3 Método hipotético deductivo.....	40

2.2.4 Método descriptivo.....	41
2.3 TECNICA DE INVESTIGACION.....	41
2.3.1 Observación.....	41
2.3.2 Población.....	41
2.3.3 Medición.....	41
2.4 LOCALIZACION DEL PROYECTO.....	42
2.5 ESPECIFICACION DE LAS RESIDENCIAS.....	42
2.6 NECESIDAD ENERGETICA.....	43
2.7 ANALISIS DE RESULTADOS.....	44
2.8 DATOS DE LAS VELOCIDADES ANUALES DEL VIENTO.....	45
2.9 MEDISIONES DE LAS VELOCIDADES DEL VIENTO.....	46
2.10 ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	51

CAPITULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 TEMA.....	53
3.2 JUSTIFICACION.....	53
3.3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	54
3.3.1. Factibilidad tecnológica.....	54
3.3.2. Factibilidad económica.....	54
3.3.2. Factibilidad social.....	54
3.4. ESTUDIO PROYECTADO DE UNA RED DISTRIBUCION.....	55
3.2 DISEÑO DE LA TORRE.....	57
3.3. DISEÑO DE LOS ALABES.....	60
3.3.1. Aplicación de las ecuaciones.....	65
3.4 BALANCEO DINÁMICO.....	67
3.5 DISEÑO DEL EJE.....	69
3.5.1 Eje de 50.8 mm.....	71
3.6 DISEÑO DE BRIDAS ACERO INOXIDABLE.....	74
3.6.1 Propiedades físicas.....	75
3.7 NÚMERO DE POLOS, NÚMERO DE BOBINAS DEL AEROGENERADOR.....	76
3.7.1 Selección de imanes de Neodimio.....	77

3.7.2 Diseño del rotor de imanes permanentes.....	78
3.7.3 Diseño de los bobinados.....	80
3.8 CONEXIÓN DE LAS BOBINAS.....	81
3.9. TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DEL AEROGENERADOR.....	82
3.10 BASES DE APOYO DEL EJE.....	83
3.11 FABRICACION DE LA VELETA.....	88
3.11.1 Simulación Del Fuerza En Las Chumaceras de piso de 25.4mm.....	90
3.12 FIJACION ESTRUCTURA CABLES TENSORES.....	95
3.12.1 Anclajes de sujeción.....	95
3.13 CIMENTACIÓN.....	96
3.14 IMPLEMENTACÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	98
3.14.1 Rectificador de corriente.....	98
3.14.2 El controlador.....	99
3.14.3 Inversor CD-CA Onda Sinusoidal Pura.....	101
3.14.4 Acumulador o Batería.....	102
3.15. IMPLEMENTACION Y FUNCIONAMIENTO DEL AEROGENERADOR.....	103
3.16. DIRECCIONAMIENTO DEL VIENTO EN EL SECTOR.....	104
3.17. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	105
3.18. MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DEL AEROGENERADOR.....	106
3.19. PRESUPUESTO GENERAL.....	107
CONCLUSIONES.....	108
RECOMENDACIONES.....	109
BIBLIOGRAFÍA.....	110
Bibliografía citada.....	110
Bibliografía consultada.....	110
Linkografía.....	111

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Aplicaciones de ls sistemas eolicos.....	4
Tabla 1. 2 Potencial eólico en la provincia de Cotopaxi.....	14
Tabla 1. 3 Valores del exponente de Hellmann.....	25
Tabla 1. 4 Tipos de torres.....	31
Tabla 2. 1 La necesidad energetica.....	44
Tabla 2. 2 Velocidades del viento según atlas eólico	45
Tabla 2. 3 Medición del viento semanal	46
Tabla 2. 4 Medición del viento mensual	48
Tabla 2. 5 Medición del viento semestral	49
Tabla 2. 6 Comparación velocidades del viento.....	51
Tabla 3. 1 Costos por instalación de red de distribución	56
Tabla 3. 2 material estructura torrea	57
Tabla 3. 3 Material del alabe	60
Tabla 3. 4 Resumen del análisis del alabe.....	60
Tabla 3. 5: Pesos de los alabes	69
Tabla 3. 6 Material del eje \varnothing 25.4 mm.....	69
Tabla 3. 7 Resumen de resultados del eje \varnothing 25.4 mm	70
Tabla 3. 8 Material \varnothing 50.8 mm	71
Tabla 3. 9 Resultados simulación	72
Tabla 3. 10Material tubo rectángulo	84
Tabla 3. 11 Condiciones de funcionamiento	85
Tabla 3. 12 Fuerza y pares de reacción en restricciones	85
Tabla 3. 13 Materia de la veleta.....	88
Tabla 3. 14 Fuerza y pares de reacción en restricciones	89
Tabla 3. 15 propiedades físicas presiones chumacera	91
Tabla 3. 16 Material(es) chumacera.....	91
tabla 3. 17 Presión: 1 Eje paralelo	91
Tabla 3. 18 Resumen de resultados	92
Tabla 3. 19 Especificaciones Técnicas	98
Tabla 3. 20 Especificaciones de acuerdo al fabricante	103

Tabla 3. 21 Pruebas de funcionamiento	105
Tabla 3. 22 Partes del aerogenerador	106
Tabla 3. 23 Costos de Aerogenerador	107
Tabla 3. 24 Recursos de computación	107

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Anemómetro de hilo caliente.....	6
Figura 1. 2 Procesos de formación de las brisas de mar y de tierra.....	7
Figura 1. 3 Aceleración del viento.....	8
Figura 1. 4 Cima redondeada.....	9
Figura 1. 5 Efecto túnel.....	11
Figura 1. 6 Estudio de vientos de Cotopaxi satelital.....	13
Figura 1. 7 Aerogenerador Darreius	16
Figura 1. 8 Aerogeneradores Savonius	17
Figura 1. 9 Aerogeneradores Monopala	18
Figura 1. 10 Aerogenerador Bipala.....	19
Figura 1. 11 Aerogenerador Tripala.....	19
Figura 1. 12 Aerogenerador Multipala.....	20
Figura 1. 13 Partes del aerogenerador.....	23
Figura 1. 14 Inversor de corriente.....	26
Figura 1. 15 Regulador de carga.....	27
Figura 1. 16 Rectificadores	27
Figura 1. 17 Banco de baterías	28
Figura 1. 18 Almacenador de energía	29
Figura 1. 19 Torres tubulares, celosía, híbridas, mástil tensado.....	30
Figura 1. 20 Bases de anclaje	32
Figura 1. 21 Modelos de tensores.....	33
Figura 1. 22 Anemómetro de cazoletas.....	34
Figura 1. 23 Tacómetro	35
Figura 1. 24.....	36
Figura 1. 25 Autodesk inventor	36

Figura 3. 1 red proyectada 6 km de construcción.....	55
Figura 3. 2 Inicio de la red proyectada.....	55
Figura 3. 3 Red final proyectada.....	55
Figura 3. 4 Desplazamiento de la estructura celosía.....	58
Figura 3. 5 Fuerzas Fx.....	58
Figura 3. 6 Fuerza Fz	59
Figura 3. 7 Fuerza Fz	59
Figura 3. 8 Alabe	60
Figura 3. 9 Tensiones 1 alabe	62
Figura 3. 10 Tensiones 2 alabe	62
Figura 3. 11 Tensiones principales	63
Figura 3. 12 Tensiones principales	63
Figura 3. 13 Desplazamiento en x	63
Figura 3. 14 Desplazamiento en Y	64
Figura 3. 15 Desplazamiento en z.....	64
Figura 3. 16 Balanceo del Aerogenerador.....	67
Figura 3. 17 Desbalance máximo de un rotor.....	68
Figura 3. 18 Tensión de von mises	71
Figura 3. 19 Tensión Von Mises.....	73
Figura 3. 20 Tensión xy	74
Figura 3. 21 Brida para alabes	74
Figura 3. 22 Imanes de neodimio n48	78
Figura 3. 23 Rotor de imanes permanentes	79
Figura 3. 24 Resinado de imanes	80
Figura 3. 25 Sistema trifásico estrella-estrella	81
Figura 3. 26 Bobinas cubiertas de resina	82
Figura 3. 27 Base con anillos para carbones	83
Figura 3. 28 Sistema de generación eléctrica	83
Figura 3. 29 Bases de aerogenerador	84
Figura 3. 30 Restricciones de caras análisis mecánico tubo rectángulo	85
Figura 3. 31 Tensión de Von Mises	86
Figura 3. 32 Primera Tensión	86

Figura 3. 33 Desplazamiento	87
figura 3. 34Desplazamiento x, y, z	87
Figura 3. 35 Armado de veleta	88
Figura 3. 36 Selección de caras para la simulación	89
Figura 3. 37 Tensión de Von Mises	90
Figura 3. 38 Tensión XY	90
Figura 3. 39 Cara(s) seleccionada fuerzas chumacera	92
Figura 3. 40 Tensión de Von Mises	93
Figura 3. 41Tensión Principal	93
Figura 3. 42 Tensión Desplazamiento.....	94
Figura 3. 43Primera deformacion principal	94
Figura 3. 44 Ubicación de tensores.....	95
Figura 3. 45 Anclajes varilla de 8mm	96
Figura 3. 46 Profundidad del area.....	97
Figura 3. 47 Armado de la cimentación	97
Figura 3. 48Rectificador Puente	98
Figura 3. 49 Controlador de carga.	101
Figura 3. 50Inversor CD-CA Onda Sinusoidal Pura	101
Figura 3. 51 Batería.....	102
Figura 3. 52 Aerogenerador implementado.....	104
Figura 3. 53Dirección del viento	104

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 2. 1 Resultado del viento semanal.....	47
Grafico 2. 2 Resultado del viento mensual	49
Grafico 2. 3 Resultado del semestral	50

INDICE DE ANEXOS

Anexo A	106
Anexo B.....	112
Anexo C.....	114
Anexo D	115
Anexo E.....	120
Anexo F.....	121
Anexo G	122
Anexo H	123
Anexo I.....	124
Anexo J.....	125



TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE AERO GENERACION DE FLUJO TURBULENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA EN EL SECTOR DE PASACHI, EL MORRO, CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO ACADÉMICO 2014-2015”

AUTORES:

Duchi López Víctor Alfonso

Freddy Mauricio Quintanilla Marín

RESUMEN

El tema de investigación se refiere al diseño e implementación de un aerogenerador, donde se demostrara las características técnicas y análisis de sus materiales el funcionamiento de los elementos que constituirán la máquina para la generación eléctrica. El prototipo aprovechara las buenas condiciones del viento siendo capaz de generar 144 Kwh al tener un voltaje de generación de 18V de corriente continua con un amperaje de 8A que será suficiente para cubrir la demanda existente en la vivienda de 209 w. Para ello el sistema constara de una parte mecánica, eléctrica y electrónica que harán el proceso de convertir la energía cinética del viento en energía alterna y posteriormente la convertirán en energía continua capaz de abastecer de carga al acumulador y convertirla en energía útil para la vivienda. La contribución de este proyecto va encaminado a los principios del buen vivir incentivado por el gobierno nacional cumpliendo con el objetivo 3, que es mejorar la calidad de vida de la población para que con ello lleven una vida satisfactoria y más digna.

DESCRIPTORES: Generación eléctrica mediante el viento turbulento para mejorar la calidad de vida



COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
ACADEMIC UNIT OF SCIENCES OF THE ENGINEERING AND
APPLIED CAREER OF ENGINEERING IN
ELECTROMECHANICAL

TOPIC: “DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A GENERATION SYSTEM AERO TURBULENT FLOW FOR OBTAINING ELECTRICAL ENERGY FOR A HOME IN THE FIELD OF PASACHI , EL MORRO , CANTON LATACUNGA, COTOPAXI PROVINCE ACADEMIC YEAR 2014-2015.”

AUTHORS:

Duchi López Víctor Alfonso

Freddy Mauricio Quintanilla Marín

ABSTRACT

The research topic concerns the design and implementation of a wind turbine, where the specifications and materials analysis operation of the elements that constitute the machine for power generation was demonstrated. The prototype build on good wind conditions being able to generate 144 kWh to have a generation voltage of 18V DC 8A with an amperage that is sufficient to cover the demand housing 209 Jan w. For this, the system will consist of a mechanical, electrical and electronics that make the process of converting the kinetic energy of wind into alternative energy and subsequently become capable of supplying continuous power to the battery charging and turn it into useful energy for housing. The contribution of this project is aimed at the principles of good living encouraged by the national government fulfilling the objective 3, which is to improve the quality of life of the population to thereby lead a fulfilling and dignified life.

DESCRIPTORS: Wind power generation right through to improve the quality of life.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de Agronomía de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **TOVAR COBO CÉSAR EDUARDO**, cuyo título versa **“EVALUACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA Y SU INCIDENCIA EN EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DEL BARRIO ILLUCHI, PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI AÑO 2014”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Diciembre del 2015

Atentamente,

Lic. Martha Zenaida Chasi
DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS
C.C. 0502223092

INTRODUCCION

A lo largo del tiempo, en lugares remotos y alejados la electricidad ha sido una necesidad frecuente y de difícil accesibilidad por los gastos que conllevarían llevar a esos lugares una red de distribución eléctrica que viéndolo desde el punto de costo beneficio existiría un costo elevado y un beneficio mínimo para los pocos moradores del sector de Pansachi.

Debido a las grandes corrientes de aire que por las condiciones geográficas se produce turbulencias y velocidades del viento que se pueden utilizar para el aprovechamiento en el sector de Pansachi se vio conveniente realizar la implementación de un aerogenerador eólico que servirá para la generación eléctrica en la vivienda ubicada en el sector de Pansachi.

Dentro de la investigación se deberá tomar en cuenta la fundamentación teórica para la construcción del aerogenerador tomando en cuenta: construcción mecánica, construcción aerodinámica, resistencia de materiales, fuerza del viento, condiciones climáticas, entre otras. Esto ayudara a un buen funcionamiento del prototipo para la generación de energía eléctrica.

La presente investigación será realizada para dar solución a las carencias energéticas en lugares de difícil acceso y de bajos recursos económicos utilizando energías renovables y amigables con el medio ambiente disminuyendo la emisión el consumo de productos fósiles e incentivando fuentes de energía amigables con el medio ambiente.

Cabe recalcar que en estos lugares siempre se ha buscado nuevas formas de generación eléctrica mediante energías renovables por el alto costo que implica una red de distribución eléctrica que llegue al sector de Pansachi y por el mínimo de habitantes que existe en esta zona.

CAPÍTULO I; Este capítulo consta de la fundamentación teórica, de un sistema de generación eólica, los tipos de aerogeneradores, elementos utilizados para la generación eléctrica que sustentan la investigación que fueron obtenidas de libros, revistas, publicaciones y la web. Además detalla el funcionamiento de los componentes que conforman el aerogenerador, también especifica los elementos utilizados para la toma de datos y mediciones.

CAPÍTULO II; Describe la metodología utilizada así como la localización del proyecto y el requerimiento energético de la vivienda, se comprueba si las condiciones climáticas y velocidades del viento son adecuadas para la generación eléctrica. Además se realiza la interpretación de resultados y la factibilidad de la implementación con la debida comprobación y solución de la hipótesis

Contiene las especificaciones y las características de los materiales que fueron seleccionados para el diseño e implementación del aerogenerador con su correspondiente análisis, además el proceso que se llevó a cabo para la fabricación y el montaje del prototipo y finalmente se realizó un análisis económico tomando en cuenta todos los parámetros de costo beneficio que implica la instalación de un aerogenerador en el sector de Pansachi.

CAPÍTULO II; Contiene las especificaciones y las características de los materiales que fueron seleccionados para el diseño e implementación del aerogenerador con su correspondiente análisis; Además el proceso que se llevó a cabo para la fabricación y el montaje del prototipo y finalmente se realizó un análisis económico tomando en cuenta todos los parámetros de costo beneficio que implica la instalación de un aerogenerador en el sector de Pansachi.

2.2 HIPÓTESIS

¿LA IMPLEMENTACION DE UN AEROGENERADOR DE FLUJO TURBULENTO PERMITIRA LA GENERACION DEL SUMINISTRO ELECTRICO PARA LA HACIENDA DEL GRUPO AGROPECUARIO SAN JOSE DE ALAQUEZ?

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE AEROGENERACION DE FLUJO TURBULENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA EN EL SECTOR DE PASACHI, EL MORRO, CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO ACADÉMICO 2014-2015”

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un aerogenerador capaz de soportar turbulencias por cambios de los vientos, económicamente rentable y eficiente.
- Análisis y determinación de los materiales seleccionados en la fabricación siendo probados con un software que nos determinara los esfuerzos que realizaran los materiales del prototipo.
- Implementar un sistema de generación eléctrica mediante un aerogenerador para la obtención de energía eléctrica renovable y limpia cubriéndolas necesidades energéticas en lugares aislados y remotos cumpliendo con el objetivo del buen vivir.

CAPÍTULO I

MARCO TEORICO

En este capítulo se instruirá terminologías básicas sobre la utilización de las energías renovables como es la energía eólica, para la obtención de energía eléctrica, se detallara cómo trabaja un sistema eólico, el funcionamiento de sus elementos, se alcanzará así una fundamentación hipotético elemental necesaria para el análisis e interpretación de datos que se planteara en el diseño e instalación.

1.1. ANTECEDENTES

La energía eólica es una de las formas de energía más antiguas usadas por la humanidad. Desde el principio de los tiempos, los hombres utilizaban los molinos de viento para moler cereales o bombear agua. Con la llegada de la electricidad, a finales del siglo XIX los primeros aerogeneradores se basaron en la forma y el funcionamiento de los molinos de viento. Sin embargo, hasta hace poco tiempo no la generación de electricidad a través de aerogeneradores no ha jugado un gran papel.

Con la primera crisis del petróleo en los años 70, sobre todo a partir de los movimientos contra la energía nuclear en los años 80 en Europa, se despertó el interés en energías renovables. Se buscaron nuevos caminos para explotar los recursos de la Tierra tanto ecológicamente como rentables económicamente. Los aerogeneradores de aquella época eran demasiado caros, y el elevado precio de la energía que se obtenía a través de los mismos era un argumento para estar en contra de su construcción. Debido a esto, los gobiernos internacionales.

Promovieron la energía eólica en forma de programas de investigación y de subvenciones, la mayoría de las mismas aportadas por los gobiernos regionales.

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) presentó el primer *Atlas Eólico del Ecuador*, con fines de generación.

Producto es un referente informativo energético para los ecuatorianos y se elaboró mediante un mapeo satelital, que identificó las zonas más idóneas para desarrollar estudios de viento y verificar el potencial eólico a nivel nacional.

De esta manera, el MEER afirma su compromiso con las políticas del Gobierno Nacional en lo concerniente a la diversificación de la matriz energética y suma los esfuerzos realizados por la entidad en los últimos años en el área de la energía eólica.

1.2. ENERGÍA EÓLICA EN EL ECUADOR

- La energía eólica es aquella que se produce aprovechando la fuerza cinética del viento. Este tipo de energía es una de las fuentes de energía renovable con mayor crecimiento en el mundo. La energía eólica es utilizada principalmente para producir energía eléctrica mediante aerogeneradores.
- En Ecuador, la energía eólica se está aprovechando en la isla San Cristóbal con una capacidad de 2,4 MW y en la provincia de Loja, en el cerro Villonaco, con una potencia instalada de 16.5 MW (que contempla 11 aerogeneradores), además está en construcción un proyecto en la isla Baltra con una capacidad de 2.25 MW. El equivalente de la energía proporcionada por estos proyectos puede abastecer los hogares de 150 mil ecuatorianos.

La provincia de Cotopaxi según el atlas eólico en la web contribuye un papel fundamental para la estimación de potencial energético de acuerdo con el mapeo satelital, además existe en la provincia sectores muy alejados como es el caso de los páramos donde se hace difícil y en ocasiones imposible el acceso de líneas de energía eléctrica, tal es el caso del Sector de Pansachi, del cantón Latacunga, en la Provincia de Cotopaxi, encontrándose con muchos inconvenientes para el cableado eléctrico convencional, por su crítica geografía, además las condiciones de esta zona son propicias para implementar sistemas eólicos por la alta y favorable velocidad del viento

CHAFLA YAMBAY EDISON XAVIER SANDOVAL, VIZUETE PAOLA NATALY: que elaboraron el proyecto de tesis titulado “ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE LA ENERGÍA EÓLICA PARA SU APROVECHAMIENTO EN VIVIENDAS DE LA COMUNIDAD DE APAGUA PROVINCIA DE COTOPAXI”, en el año 2011, manifiesta que:

“ENERGÍA EÓLICA.- Es la energía obtenida del viento, es decir, 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 una fuente de energía renovable que utiliza la fuerza del viento para generar electricidad. El principal medio para obtenerla son los aerogeneradores, por ejemplo “molinos de viento” de tamaño variable que transforman con sus aspas la energía cinética del viento en energía mecánica.

ENDARA LEMA LUIS DAVID, TOCTAGUANO CASA PABLO FERNANDO: en su trabajo de grado “CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO DE BAJAS REVOLUCIONES POR MINUTO PARA UNA VIVIENDA RURAL, UBICADA EN EL SECTOR DE PANSACHÍ EL MORRO PERTENECIENTE A LA PARROQUIA MULALÓ DEL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI” en el año 2011 manifiesta que:

“Las aplicaciones de la energía eólica pueden agruparse en tres bloques principales: producción de energía eléctrica, transformación en trabajo y otras aplicaciones industriales. La primera de éstas es la más extendida y la que más se está utilizando en la actualidad. Estas aplicaciones básicas, se pueden llevar a cabo con sistemas de baja, media, alta potencia”. (p 22).

Claro ejemplo para producir electricidad con una central eólica es necesario que el viento sople a una velocidad de entre 3 y 25m/s. Las aplicaciones son de acuerdo al grado del sistema de generación Kw como se muestra en la Tabla 1.1.

Tabla 1. 1 Aplicaciones de ls sistemas eolicos

Sistemas de Baja potencia	Son máquinas pequeñas que se utilizan para alimentar cargas que están alejadas de las redes eléctricas, se combinan con bancos de baterías para almacenar la electricidad. Abastecer una potencia inferior a los 100 Kw
Sistemas de media potencia	La potencia media de generación ronda los 150 Kw Estos sistemas se aplican a colectividades mayores. Su utilización es como fuente complementaria conectada a la red local
Sistemas de Alta potencia	Son máquinas de gran tamaño que se conectan a una red eléctrica. Los tamaños, en cuanto a producción de potencia se refiere, oscilan entre 300 Kw. y 2.500 Kw

Grupo de investigación

1.3. ENERGÍA EÓLICA

FRANQUESA Teresa, SUREDA Jaume (2007), Conocimientos básicos en educación ambiental, Segunda edición, Editorial GRAO, de IRIF, S.L, Estados Unidos., manifiesta que:

“La energía eólica utiliza la fuerza del viento para producir electricidad y se usa como fuerza motriz (por ejemplo, bombas de agua). La energía eólica tiene interés comercial para la producción de electricidad en las instalaciones de molinos de viento a gran escala. A pequeña escala, un molino de viento

puede suministrar energía para usos locales, como la elevación de agua para el riego.” (Pág. 93).

La energía eólica es el tipo de energía renovable más extendida a nivel internacional debido a su fácil instalación y por su potencia instalada. La energía eólica proviene del movimiento de masa de aire es decir del viento.

En la tierra el movimiento de las masas de aire se deben principalmente a la diferencia de presiones existentes en distintos lugares de esta, moviéndose de alta a baja presión, este tipo de viento se llama viento geostrofico.

1.4. FLUJO TURBULENTO

VILLARRUBIA Miguel. Energía Eólica. Barcelona: España, editorial CEAC, (2004. Pág 30-37), expresa que:

“Flujo turbulento: Este tipo de flujo es el que más se presenta en la práctica de ingeniería. En este tipo de flujo las partículas del fluido se mueven en trayectorias erráticas, es decir, en trayectorias muy irregulares sin seguir un orden establecido, ocasionando la transferencia de cantidad de movimiento de una porción de fluido a otra, de modo similar a la transferencia de cantidad de movimiento molecular pero a una escala mayor”.

En este tipo de flujo, las partículas del fluido pueden tener tamaños que van desde muy pequeñas, del orden de unos cuantos millares de moléculas, hasta las muy grandes, del orden de millares de pies cúbicos en un gran remolino dentro de un río o en una ráfaga de viento.

Cuando se compara un flujo turbulento con uno que no lo es, en igualdad de condiciones, se puede encontrar que en la turbulencia se desarrollan mayores esfuerzos cortantes en los fluidos, al igual que las pérdidas de energía mecánica, que a su vez varían con la primera potencia de la velocidad.

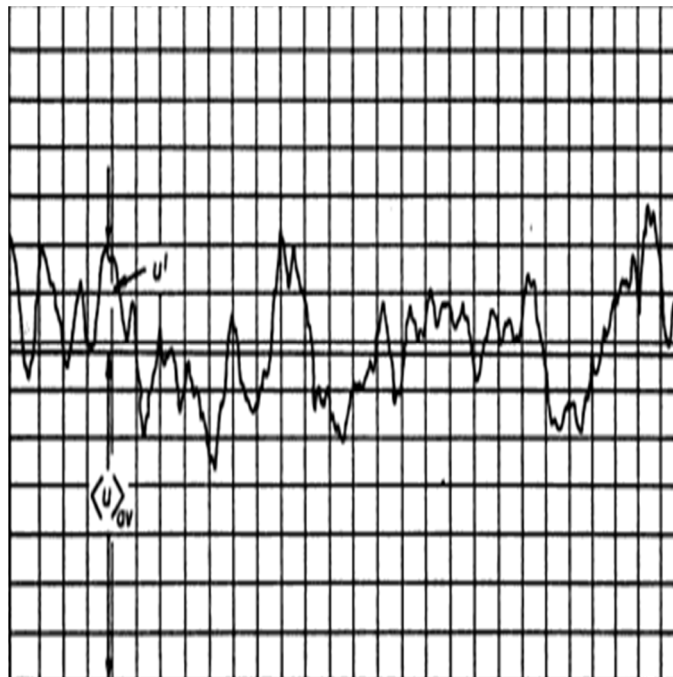
1.4.1. Características del flujo turbulento

A los modelos de movimiento atmosférico se les superponen pequeñas fluctuaciones. Si se mide una componente de la velocidad con un anemómetro de respuesta razonable rápida a los cambios del viento, se pueden registrar con facilidad las oscilaciones turbulentas del viento se muestra del viento son más notorias donde existen diferentes corrientes de vientos.

Se muestra, como ejemplo, corresponde un registro de la señal procedente de un anemómetro de hilo caliente. En él, la variación del viento con el tiempo muestra perturbaciones estadísticamente de naturaleza eléctrica que fluctúa sobre un valor medio tomado como invariante para largo periodos.

La imagen registro de la variación del viento mediante un anemómetro hilo caliente que nos va dando el resultado según la variación de la velocidad del viento y el cambio que sufre por esta el instrumento de medición y nos va mostrando en la graficación tanto cambios del incremento de velocidad como decremento de la velocidad, como muestra la figura 1.1:

Figura 1. 1 Anemómetro de hilo caliente



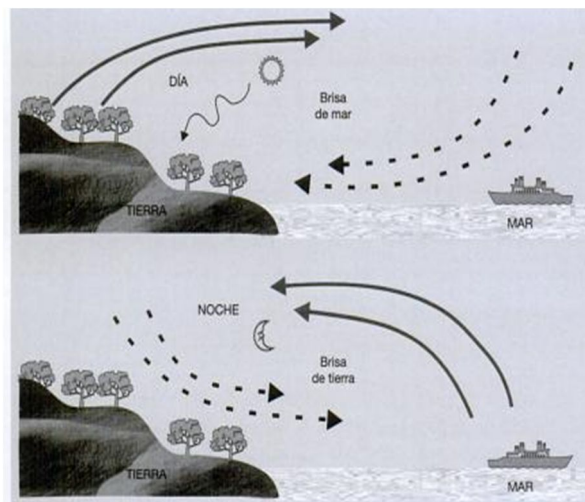
Fuente: (Villarubia, 2004)

1.4.2. Vientos locales

VILLARRUBIA Miguel. Energía Eólica. Barcelona: España, editorial CEAC, (2004 pág.35), expresa que:

“Existen condiciones climáticas locales que originan un tipo de viento que se apartan de las leyes generales expuestas anterior para los vientos globales a gran escala entre ellos cabe citar”, véase en la figura 1.2:

Figura 1. 2 Procesos de formación de las brisas de mar y de tierra



Fuente (Villarubia, 2004)

Los vientos: son grandes masas de aire en movimientos. Los vientos se clasifican en vientos permanentes, estacionales y locales. Los vientos permanentes, llamados así porque soplan todo el año con igual dirección, se forman en las altas presiones ubicadas sobre los océanos, a 30° de latitud norte y sur. Allí se forman todo el año vientos húmedos y cálidos. Parte de ellos se dirige hacia el Ecuador y recibe el nombre de vientos alisios. La otra parte, se desplaza hacia la baja presión ubicada a los 60° de latitud y se llama vientos del oeste.

También son vientos permanentes aquellos muy fríos que nacen en las altas presiones polares y se mueven a la faja de los 60° de latitud. Los vientos estacionales, como su nombre lo indica, son los que se mueven según la estación del año.

1.5. INFLUENCIA DEL RELIEVE Y LOS OBSTÁCULOS

1.5.1. Velocidad del viento

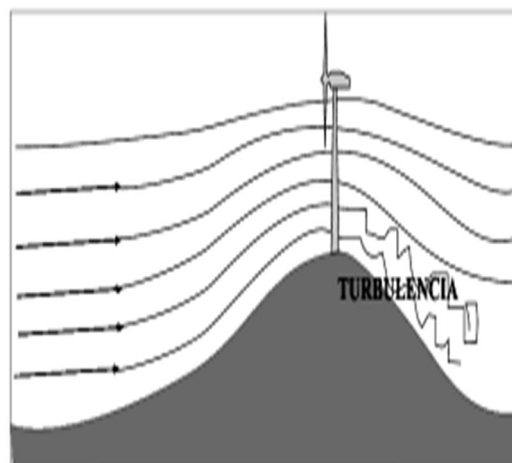
EQUIPO INIECO. “Desarrollo de proyectos de instalaciones de energía mini-eólica aislada”. España, editorial PUBLICACIONES VÉRTICE S.L, 2011, (Pág. 39-42), se describe a continuación:

“Hemos visto por tanto, que la altura a la que se situó el aerogenerador será determinante en cuanto a la producción eléctrica del mismo. Sin embargo no debemos caer en el error de utilizar perfiles naturales para alcanzar este propósito.

Podemos llegar a considerar la altura de un acantilado como un valor añadido a la hora de la colocación de nuestro aerogenerador, sin embargo, la posible ventaja por la altura ganada, desaparecerá como consecuencia de las turbulencias que provoca la propia pared del acantilado, como veremos a continuación”.

Se trata de analizar la orografía en los inicios de la investigamos tales como los llamados efectos aceleradores, los accidentes del terreno suaves como colinas o vanguardias que influyen positivamente en la aceleración local del viento. Véase la figura 1.3:

Figura 1. 3 Aceleración del viento

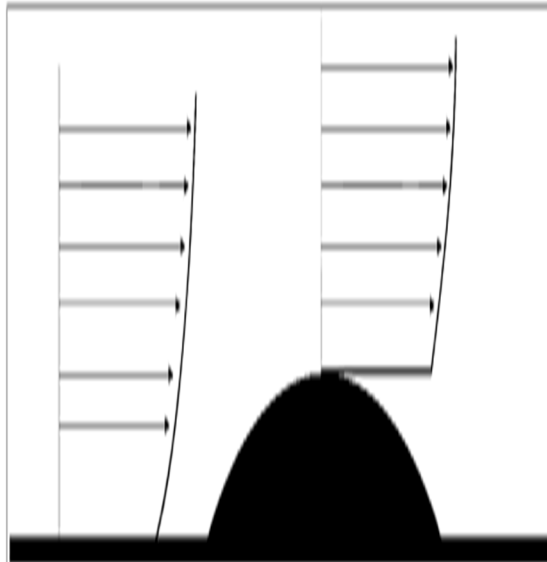


Fuente:(Equipo Inieco, 2011)

Estos tipo de colinas acelera la velocidad del viento al llegar a final de la loma y son adecuados para la instalacion de aerogeneradores.

Una colina suave y sin alta vegetación y cima redondeada son lugares adecuados para la instalación de un parque eólico. Véase la figura 1.4:

Figura 1. 4 Cima redondeada



Fuente:(Equipo Inieco, 2011)

En cuanto al estudio de los obstáculos, tales como edificios árboles o accidentes del terreno provocan disminución de la velocidad del viento y aumento de las turbulencias. La presencia de obstáculos en el radio de un kilómetro del parque eólico tendrá que tenerse en cuenta con especial atención, sobre todo si se encuentra en la dirección predominante del viento.

Por tanto, los obstáculos originan sobre el viento el siguiente efecto

- En la zona posterior se produce una disminución de la velocidad del viento y un aumento de su turbulencia aunque ya no es de consideración ya que el viento ya pasó por la cima redondeada.
- Estos efectos pueden manifestarse hasta una distancia de unas 5 veces la altura del obstáculo mientras más sea la distancia que recorre el viento mayor afectación.

- La rugosidad del terreno es directamente proporcional al efecto que el obstáculo origina sobre la velocidad del viento. Superficies poco rugosas (superficie del mar) hace que el efecto de la turbulencia se prolongue durante más metros.

1.6. TIPOS DE EFECTO SEGÚN EL AREA DEL TERRENO

1.6.1. Efecto túnel

LUNA Edison. Tesis de grado. Estudios de Tipos de viento, Guayaquil: Ecuador: España, 2008, manifiesta que:

“Es el resultado de la incidencia del viento en un paso estrecho entre dos montañas o sobre dos edificios altos, el aire disminuye su velocidad y se comprime en la parte que está expuesta al viento, razón por la cual busca una salida por el espacio libre que tiene entre los dos obstáculos hacia el área de sotavento.

La elevada velocidad que se logra en este tipo de accidentes geográficos es un factor recomendable para la instalación de turbinas eólicas, pero no es una regla general debido a que tiene que verificarse primero que el obstáculo debe estar suavemente enclavado en el paisaje.

Las montañas son muy accidentadas se generará un alto nivel de turbulencia en la zona del túnel, lo cual como ya se explicó anteriormente es perjudicial para las aspas de un generador “(pág.32-33).

Un efecto acelerado del viento similar al anterior, provocado por la compresión del viento a su paso por un suave estrechamiento, lo constituye el llamado efecto túnel, el efecto positivo se verá seguramente eliminado con la aparición de turbulencias pero en caso de ser una reducción paulatina la velocidad del viento ira aumentando de forma positiva y ayudara a que se incremente la velocidad del viento disminuye notoriamente las turbulencias que existían en ese parte del terreno figura 1.5.

Figura 1. 5 Efecto túnel



Fuente: (Méndez, 1995)

1.7. RECURSOS EÓLICOS EN EL ECUADOR Y SU MATRIZ ENERGÉTICA

Ecuador cuenta con un alto potencial para desarrollar proyectos de energía eólica. Varios estudios oficiales concluyen que algunos sectores del territorio nacional cuentan la capacidad, velocidad y fuerza del viento, que se requiere para utilizar estos recursos como generadores de energía limpia.

Estos descubrimientos se inscriben dentro del proceso de diversificación de la matriz energética emprendido por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER).

Fuente: Atlas eólico meer 2013 – potencial eólico bruto

1.7.1. Mapa eólico del ecuador

El Atlas Eólico del Ecuador agrupa varios mapas geo referenciados los cuales muestran indicadores importantes para la estimación del recurso eólico, tales como: velocidad y dirección del viento, densidad de potencia, altura, rugosidad y pendiente del terreno, entre otras. Ecuador presenta las condiciones anuales de viento para todo el territorio Ecuatoriano con una resolución de 200m x 200m.

Cabe recalcar la orografía del Ecuador desempeña un papel fundamental de las cuatro zonas climáticas bien delimitado, con sus características de estas son:

1. Zona Oriental o Amazónica.- en la basta y brumosa vegetación selvática influye característicamente la disminución de la velocidad de los vientos alisios en los niveles más cerca al suelo.
2. Zona Sierra, la Cordillera de los Andes presar los vientos, resultando en una aceleración de estos vientos, una definición que se conoce en el estudio de la mecánica de fluido efecto Venturi.

Los vientos elevados, se originan en los emplazamientos muy elevados, de dificultad de entrada, la energía del viento se reduce proporcionalmente a la bajada de la densidad que se produce con la altitud.

3. Zona Costa, se intercalan los vientos alisios del Este con dos circulaciones locales: la brisa se crea por el contraste de las temperaturas entre el continente y el océano, y el trayecto valle-montaña por la influencia de la Cordillera de los Andes. La conexión del viento global con el local da lugar a una mayor variación espacial del recurso y a la localización de un tipo de área con velocidades que superan a su entorno.
4. Islas Galápagos, reúne tres características principales en su distribución de viento: son islas, volcánicas y bajo la influencia de los alisios. Por lo general reciben viento global excepto perturbado que en el continente; de tal manera, los vientos alisios a esta latitud tan baja son de disminución intensidad. Finalmente, la orografía del archipiélago volcánico, hace que las pendientes sean pronunciadas y configuren un enredo, el viento converge y diverge en términos generales “acelera y frena” en un espacio pequeño relativamente en los cambios de dirección.

1.7.2. Estudio de viento en la provincia

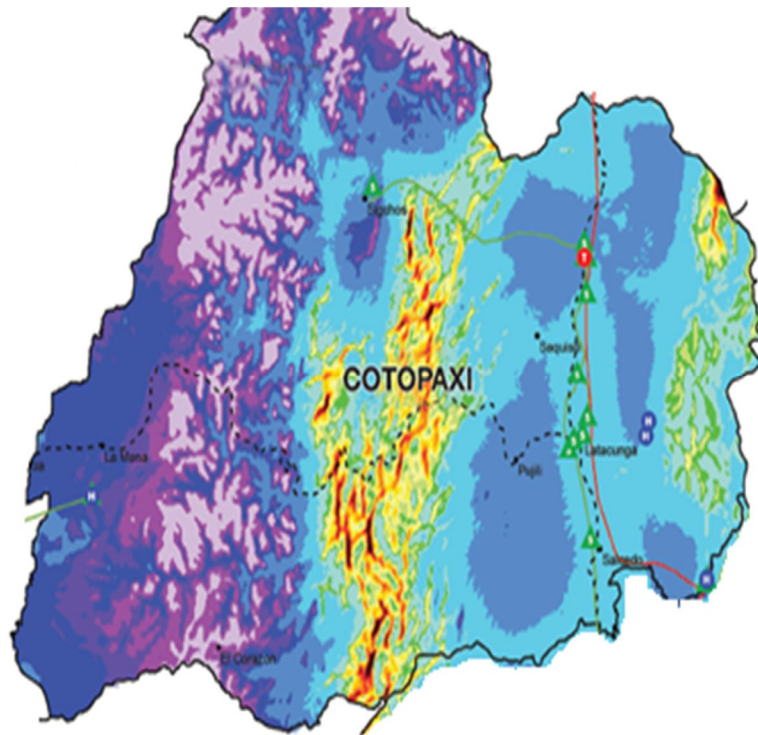
Los vientos elevado de la interacción océano - atmosfera tienen incidencia en las zonas localizadas del noroeste de Cotopaxi pero cabe señalar por orientar masas

de aire de disminución de energía en las zonas de dominio. Los vientos superiores de energía hacen su trayecto por la cordillera occidental formados en la parte norte del país y que tienen un gran potencial para la generación eléctrica mediante este recurso renovable.

La zona más oportuna bajo las condiciones para la implementar el estudio de la energía eólica en Cotopaxi se delimita en la parte norte de la Provincia, en las zonas aledañas a la estación meteorológica COTOPAXI - MINITRAK pertinente a los límites geográficos con la provincia de Pichincha que se encuentran la mayor velocidades del viento dentro de la provincia de Cotopaxi.

Los vientos consecutivos de estas últimas interacciones son de gran contenido energético, y poseen además gran dominio sobre la zona de Paramo Grande por la su trayecto que llega al área de Cotopaxi permite tener un flujo constante del viento durante la mayoría de meses del año con sus picos más altos en los meses de verano. Como se muestra en la figura 1.6:

Figura 1. 6 Estudio de vientos de Cotopaxi satelital




Fuente: <http://www.energia.gob.ec/biblioteca/>

1.7.3. Potencial eólico en la provincia de Cotopaxi

A continuación se muestra una tabla con el potencial eólico perteneciente a la provincia de Cotopaxi, la toma de datos se realizó bajo los parámetros establecidos, con velocidades del viento en kilómetros cuadrados que se deber tomar en cuenta el momento de diseñar un aerogenerador que trabaje en esas velocidades. Como se muestra en la tabla 1.2:

Tabla 1. 2 Potencial eólico en la provincia de Cotopaxi

POTENCIAL EÓLICO - ELÉCTRICO ESTIMADO DEL ECUADOR									
PROVINCIA	POTENCIAL INSTALABLE					INTEGRACIÓN ACUMULADA			
	RANGO VELOCIDAD m/s	ÁREA km ²	POTENCIA INSTALABLE MW	FACTOR DE CAPACIDAD	ENERGIA ANUAL GWh/año	VIENTO m/s	ÁREA km ²	POTENCIA INSTALABLE MW	ENERGIA ANUAL GWh/año
COTOPAXI 	7,0-7,5	2,51	7,54	0,2	12,95	>7	5,99	17,98	30,87
	7,5-8,0	1,84	5,52	0,25	11,85	>7,5	3,48	10,44	22,41
	8,0-8,5	0,8	2,4	0,3	6,18	>8	1,64	4,92	12,67
	> 8,5	0,84	2,52	0,35	7,57	>8,5	0,84	2,52	7,57

Fuente: <http://www.energia.gob.ec/biblioteca/>

1.8. AEROGENERADORES

VILLARRUBIA Miguel. Energía Eólica. Barcelona: España, editorial CEAC, (2004), expresa que:

“Los aerogeneradores denominado generadores de energía eléctrica que están formados por una turbina de viento adaptada a un alternador o un dínamo. Las turbinas aportan a proteger el ecosistema contra la polución, de tal manera; contra la contaminación del agua, que se propagaría al originar energía por medios convencionales. Si se explotara una central térmica proveída con carbón, el rendimiento de un aerogenerador de gran tamaño

conlleva para el entorno medio ambiente su inoculación con toneladas de dióxido de carbono, moléculas en suspensión y nube negro” (pág. 86-87).

Actualmente las turbinas de viento se desplazan por dos medios: el arrastre, el viento impulsa las aspas, y la altura, en el que las aspas giran de un modo parecido a las alas de un aeroplano entre una corriente de aire. Las turbinas que actúan por su ascenso giran a alta velocidad y son, por su diseño, más eficaces y su forma de atrapar las corrientes.

1.9. TIPOS DE AEROGENERADORES

Los aerogeneradores se clasifican de acuerdo a su tipo de eje, a la orientación con respecto al viento, el número de palas, control de potencia y por la regulación activa por pérdida de potencia aerodinámica.

- Aerogeneradores de traslación
- Aerogeneradores de rotación. Esta categoría se divide en:
- Aerogeneradores de eje vertical
- Aerogeneradores de eje horizontal

1.9.1. Aerogeneradores de eje vertical

VILLARRUBIA Miguel. Energía Eólica. Barcelona: España, editorial CEAC, (2004), expresa que:

“Los aerogeneradores de eje vertical, también conocidos como VAWT por sus siglas en inglés, tienen su eje de rotación en situación perpendicular respecto al plano del suelo.

Se puede distinguir dos tipos principales:

- **Aerogeneradores Darreius**
- **Aerogeneradores Savonius”**

Aerogeneradores de eje vertical.- El hecho del que el generador del que el generador eléctrico y el resto de maquinarias se sitúa en al nivel del suelo, facilitando su mantenimiento.

Además, el aerogenerador es capaz de trabajar con cualquier dirección del viento, sin necesidad de mecanismo de orientación. En contra, pesa la necesidad de tensores para su sujeción, lo que limita su localización en áreas de orografía compleja y puede dar lugar a turbulencias que reduzcan su eficiencia, la necesidad de motores auxiliares para su arranque y la dificultad de conservación, especialmente para la sustitución de los cojinetes principales, operación que requiere demostrar la totalidad del dispositivo. Véase en la en la figura 1.7:

Figura 1. 7 Aerogenerador Darreius



Fuente: (Villarubia, 2004)

Los aerogeneradores Savonius son también máquinas de eje vertical en las que los elementos captadores consisten en dos o más filas de semicilindros a menudo helicoidales.

Se trata de dispositivos de bajo rendimiento y utilizables solo para pequeñas potencias, se emplean habitualmente para la alineación de equipos de pequeño

consumo en lugares sin red de distribución, como repetidores de telecomunicación, balizas marinas, bombeo etc. que son de mucha ayuda en este tipo de lugares. Como se muestra en la figura 1.8:

Figura 1. 8 Aerogeneradores Savonius



Fuente: (Villarubia, 2004)

1.9.2. Aerogeneradores de eje horizontal

QUINTERO RAMÍREZ SNEIDER, SIZA ERNESTO, que realizó el proyecto de tesis titulado “Diseño, Simulación y construcción de un prototipo de Aero generación de eje horizontal”, en el año 2009, expresa que:

“Se conoce como HAWT, que proviene de las siglas en inglés (horizontal axis wind turbine), son los generadores más comunes y en ellos se han concentrado el diseño y la investigación, en los últimos años. Estos generadores se caracterizan porque su eje rotacional se encuentra paralelo al suelo y la dirección del viento. Su mayor ventaja, cuando estos aerogeneradores se encuentran a una altura entre 40 y 60 metros del suelo, es la de aprovechar mejor la velocidad del viento, además, los mecanismos que se utilizan para convertir la energía del viento en otro tipo de energía se encuentra ubicada entre la torre y la góndola; también se caracteriza por tener una eficacia muy alta” (pág. 26).

Los aerogeneradores denominados HAWT son los más comunes y está muy potenciada su investigación y desarrollo. Aprovechan mejor las corrientes atmosféricas al estar situados entre 40 ó 50 metros de altura, pero no pueden aprovechar los vientos superiores a los 100 Km. hora. Los sistemas mecánicos que

transforman la energía cinética en electricidad están situados tanto en la torre como en la góndola lo que hace que incremente su eficacia.

- *Aerogeneradores monopala*

Los aerogeneradores Monopala requieren una mayor velocidad de giro para producir la misma energía de salida. Esto supone un inconveniente, ya que introduce en el eje unos esfuerzos muy variables que acorta la vida de la instalación, además de crear desventajas en lo que respecta al ruido como al aspecto visual.

Al tener una sola pala, necesitan de un contrapeso en el lado del buje opuesto a la pala que equilibre el rotor. Obviamente, esto anula el ahorro de peso comparado con un diseño Bipala. Véase en la figura 1.9:

Figura 1. 9 Aerogeneradores Monopala



Fuente: <http://www.ecovive.com/los-aerogeneradores-segun-el-numero-de-palas>

- *Aerogeneradores Bipala*

Los diseños de Bipala tienen la ventaja de ahorro en cuanto a coste y peso, pero, al igual que los Monopala, necesitan una velocidad de giro más alta para producir la misma cantidad de energía de salida.

Los aerogeneradores Bipala requieren de un diseño más complejo, con un rotor basculante (bujes oscilante), que tiene que ser capaz de inclinarse para evitar fuertes sacudidas en la turbina cada vez que una de las palas pasa por la torre.

Los ingenieros de los aerogeneradores actuales evitan construir grandes máquinas con un número par de palas, pues pueden dar problemas de estabilidad de la turbina en una estructura rígida. Véase en la figura 1:10

Figura 1. 10 Aerogenerador Bipala



Fuente: <http://www.ecovive.com/los-aerogeneradores-segun-el-numero-de-palas>

La mayoría de los aerogeneradores modernos son Tripala, con el rotor a barlovento, usando motores eléctricos para sus mecanismos de orientación, a este diseño se le llama el clásico “concepto danés”.

La gran mayoría de las turbinas vendidas en los mercados mundiales poseen este diseño de “concepto danés”, el motivo es la fricción con el aire: con tres palas rinden un 4% más que con dos y con 2 palas rinden un 10% más que con una. Otra de las características es el uso de un generador asíncrono. Véase en la figura 1:11

Figura 1. 11 Aerogenerador Tripala



Fuente: <http://www.ecovive.com/los-aerogeneradores-segun-el-numero-de-palas>

- *Aerogeneradores Multipala*

Las turbinas Multipala todavía conservan similitud con los antiguos molinos Multipala que se usaban para bombear agua de los pozos.

Los nuevos modelos son cada vez más estéticos sin perder eficiencia, como el de la foto en la parte inferior, el Wind Dancer, una turbina eólica residencial de 8 aspas que ofrece aplicaciones residenciales muy buenas, especialmente para lugares con vientos sin mucha fuerza, y es además virtualmente silenciosa al poseer un número mayor de aspas tendrá la capacidad de entrar en funcionamiento a muy bajas revoluciones y generar electricidad suficiente para abastecer el domicilio para el que este aportando con electricidad y con este tipo de energías se incentiva a cuidar el medio ambiente al ser una energía renovable y que no produce emisiones ni contaminantes evitando así el desgaste de la capa de ozono. Véase en la figura 1:12.

Figura 1. 12 Aerogenerador Multipala



Fuente: <http://www.ecovive.com/los-aerogeneradores-segun-el-numero-de-palas>

QUINTERO RAMÍREZ RONY SNEIDER, SIZA GABRIEL ERNESTO, que realizó el proyecto de tesis titulado “Diseño, Simulación y construcción de un /prototipo de Aero generación de eje horizontal”, en el año 2009, expresa que:

“Control de potencia. Algunos aerogeneradores pueden hacer que las aspas varíen su ángulo de inclinación de incidencia con respecto al viento, para de esta forma controlar la potencia del viento cuando es excesiva y así la resistencia de las palas al viento y evitar daños estructurales en el sistema” (pág. 28)

El control es necesario para el funcionamiento de un aerogenerador funciona de tal manera el control utiliza desde el momento que entra en la producción hasta la potencia producida alcanzada su valor nominal. El denominado control aerodinámico, mantiene la potencia volcada a la red constante e igual a la potencia nominal.

1.10. COMPONENTES DEL AEROGENERADOR

➤ Estátor

MARTIN Juan, García María, Automatismos Industriales. Editorial Editex, 2009, manifiesta que:

“El Estátor es la parte fija de la máquina. Está formada por chapas magnéticas ranuradas (o pizas polares), en la que se aloja el devanado. La conexión eléctrica se realiza desde el exterior a través de caja de bordes. (Pág. 105)”.

El Estátor es la parte fija de una máquina rotativa y uno de los dos elementos fundamentales para la transmisión de potencia (en el caso de motores eléctricos) o corriente eléctrica (en el caso de los generadores eléctricos), siendo el otro su contraparte móvil, el rotor. El término aplica principalmente a la construcción de máquinas eléctricas y dependiendo de la configuración de la máquina.

➤ **Buje**

DE JUANA José. Energías renovables para el desarrollo, Tercera edición, Thomson editores Spain, Madrid, España. 2009. manifiestan que:

“El buje es el componente de la aeroturbinas que conecta las palas al eje principal, conectando a su vez a la caja de cambios. A través del buje se transmite el par del motor al generador, y en general todas las cargas aerodinámicas y el peso de las palas a la góndola, y finalmente a la torre. Esto hace que su cálculo estructural sea relativo complejo”. (pág. 65)

Un buje es el elemento de una máquina donde se apoya y gira un eje. Puede ser una simple pieza que sujeta un cilindro de metal o un conjunto muy elaborado de componentes que forman un punto de unión. Se caracterizan por su construcción y sistema de giro.

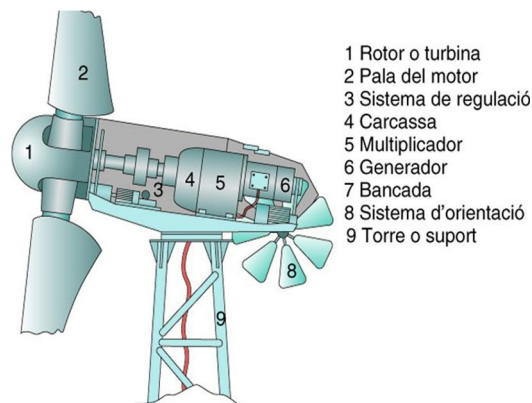
- **Torre:** Soporta la góndola y el rotor, la altura varía ya que la velocidad del viento aumenta según nos alejamos del nivel del suelo.
- **Turbina Eólica:** Se encarga de captar energía cinética del viento y transformarla en energía mecánica en su eje.
- **Pala (aspas):** Transforma por aprovechamiento aerodinámico la energía cinética del viento en energía mecánica en el eje del generador.
- **Generador Eléctrico:** Transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Existen fundamentalmente 3 tipos de generadores: Generador asíncrono de jaula de ardilla, Generador asíncrono de rotor bobinado y Generador síncrono de imanes permanentes.
- **Multiplicador:** Sistema mecánico encargada de elevar la velocidad de giro del sistema mediante un conjunto de engranajes comunica al eje arrastrado o de salida una velocidad de giro mayor que la del eje motor o de entrada, desde la velocidad de la turbina (20-30 rpm) a la velocidad del generador (1000-1500 rpm).
- **Mecanismo de Orientación:** Utilizado para mantener el rotor de la turbina en

posición contra el viento (perpendicular a la dirección del viento) para que a través del rotor pase la mayor proporción posible de energía eólica.

- **Veleta:** Mide la dirección del viento, envía señales al controlador electrónico de forma que hace girar el aerogenerador en contra del viento utilizando el mecanismo de orientación.

(Véase figura 1.13).

Figura 1. 13 Partes del aerogenerador



FUENTE: https://tecnomac.wikispaces.com/E%C3%92LICA/turbina_eolica.jpg

1.11. DISEÑO DE PALAS

Es conocido también como diseño de regulación por pérdidas aerodinámicas. Las características de este diseño, la pala está ligeramente curvada lo largo de su eje longitudinal de esta forma el aspa perderá sustentación de forma lenta y progresiva, en vez de hacerlo bruscamente, cuando la velocidad del viento alcanza valores críticos.

1.11.1 Ecuaciones para calcular dimensiones de los alabes

Se obtiene a partir de la ecuación de generadores de potencia de.

$$d = \sqrt{\frac{8xP}{\pi \cdot p \cdot v^3 \cdot cp \cdot ne \cdot nt}} \quad (Ec: 01)$$

d: diámetro rotor

p: potencia de diseño del aerogenerador

v: velocidad del viento
 A: área barrida por la turbina
 Cp: coeficiente de potencia
 ne: eficiencia del generador
 nt: coeficiente de transmisión

La velocidad media del viento se la obtiene de la velocidad máxima que es mayor de 8 m/s y de la velocidad mínima que es aproximadamente 4m/s

Energía cinética para volúmenes

$$\text{Densidad del aire } \delta = \frac{m}{V} = 1.2 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Velocidad del viento } v = \frac{m}{s} = 3 \frac{m}{s} \text{ min } 7 \frac{m}{s} \text{ max}$$

$$\text{Area} = 2\pi \cdot r^2 \gg \pi \cdot 1.40^2 = 6.15m^2$$

$$Ec = \frac{1}{2} \frac{m}{V} v^2 \gg Ec = \frac{1}{2} \delta v^2 \quad (\text{Ecuacion uno}) \quad (\text{Ec: 02})$$

Caudal del aire

$$Q = A \cdot v \gg (\text{Ecuación dos}) \quad (\text{Ec: 03})$$

Potencia = (Ecuación uno) x (Ecuación dos)

$$Pot = \left(\frac{1}{2} \delta v^2\right) \cdot (A \cdot v) \gg Pot = \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot v^3 \cdot A \quad (\text{Ecuacion tres})$$

(Ec: 04)

La energía cinética para transformarse en energía mecánica es de un porcentaje del 0.42 % entonces para calcular la potencia real tenemos que calcular con ese porcentaje real.

1.11.2 LEY EXPONENCIAL DE HELLMANN

La velocidad del viento varía con la altura, siguiendo aproximadamente una ecuación de tipo estadístico, conocida como ley exponencial de Hellmann, de la forma:

$$\overline{V}_h = \overline{V}_a \left(\frac{H_h}{H_a} \right)^\alpha \quad \text{Ec. 1}$$

\overline{V}_h : es la velocidad del viento a la altura h.

α : es el exponente de Hellmann que varía con la rugosidad del terreno (véase los datos en la **Tabla 1.3**).

\overline{V}_a = velocidad media (m/s) del viento medida a intervalos cortos de tiempo a la altura donde se obtienen los datos H_a (en m).

\overline{V}_h = velocidad media (m/s) del viento obtenida a intervalos cortos de tiempo a la altura deseada H_h (en m).

Tabla 1. 3 Valores del exponente de Hellmann

Lugares llanos con hielo o hierva	α : 0.08 / 0.12
Lugares llanos (mar, costa)	α : 0.14
Terrenos poco accidentados	α : 0.13 / 0.16
Zonas rústicas	α : 0.2
Terrenos accidentados o bosques	α : 0.2 / 0.26
Terrenos muy accidentados y ciudades	α : 0.25 / 0.4

Fuente: Grupo Investigador

El potencial eólico se determina mediante la Ec. 2

$$\text{Potencial eólico} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot r^2 \cdot \pi \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:

ρ = la densidad del aire en el sector

v = la velocidad media del viento

r = radio de giro de las aspas

π = número phi

La variación de la densidad en el lugar de estudio está determinada por la Ec. (3).

$$\rho = 1,225 e^{\left[\left(\frac{-Z}{8435}\right) - \left(\frac{T-15}{288}\right)\right]} \quad \text{Ec. 3}$$

1.12. ELEMENTOS DE CONTROL Y CARGA

Los principales elementos de control y carga del sistema de generación, son:

- **Inversor de corriente:** Este elemento permite convertir la corriente continua (CC) en alterna (CA). Los inversores son dispositivos electrónicos los cuales permiten interrumpir las corrientes y cambiar su polaridad, de acuerdo a si el sistema de generación va a estar aislado de la red o conectado a ella, para los conectados a la red podemos utilizar inversores de conmutación natural, ya que la red determina el estado de conducción hacia los dispositivos eléctricos conectados al sistema, para sistema aislados se utilizan inversores de conmutación forzados ya que estos permiten generar CA mediante conmutación forzada, que se refiere a la apertura y cierre forzado por el sistema de control. Véase figura 1.14.

Figura 1. 14 Inversor de corriente



FUENTE: <http://www.solostocks.com/inversor>

- **Regulador de carga:** Este elemento permite proteger a la batería en caso de sobrecarga o descargas profundas lo que minimiza la vida útil del sistema de almacenamiento, el regulador monitorea constantemente la tensión del banco de baterías, cuando la batería se encuentra cargada interrumpe el proceso de carga abriendo el circuito entre la generación y las baterías, cuando el sistema comienza a ser utilizado y las baterías a descargarse el regulador nuevamente conecta el sistema. Véase figura 1.15

Figura 1. 15 Regulador de carga



Fuente: <http://eliseosebastian.com/Solar-Controllers>

- **Rectificadores:** En electrónica, un rectificador es un elemento o circuito que permite la corriente alterna en corriente continua. Esto se realiza utilizando diodos rectificadores, ya sean semiconductores de estado sólido. Véase en la figura 1.16

Figura 1. 16 Rectificadores



Fuente: <http://www.sumiseran.es/contents/es/d17.html/> jpg

- Banco de baterías

ESCUADERO LÓPEZ José María. Manual de energía eólica, segunda edición, Mundi prensa, Madrid, España, 2003, expresa que:

“Es un acumulador de energía estacionarios con capacidad para suministrar potencia en corriente directa a los esquemas de protección, control, señalización y todo lo que requiera de corriente directa a través de centros de carga que almacenaran energía durante el tiempo que las carguen”.
(pág.32)

Es el dispositivo que contiene varias celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en energía electricidad mediante un proceso de transducción que tiene una durabilidad dependiendo el tipo de batería utilizada y el tipo de uso de la aplicación dependerá el tamaño de la batería a mayor tamaño mayor tiempo de duración. Véase en la figura 1.17:

Figura 1. 17 Banco de baterías



Fuente: <http://subestacionesdedistribucion.blogspot.com/2012/10/bancos>

1.13. COMO ALMACENAR LA ENERGÍA

ESCUADERO LÓPEZ José María. Manual de energía eólica, segunda edición, Mundi prensa, Madrid, España, 2003, expresa que:

“Cuando hay vientos, los aerogeneradores producen electricidad pero ¿Qué ocurre cuando no hay viento? El método más usado para el almacenamiento

de energía son los acumuladores, que almacenan la electricidad producida para usarla cuando la necesitemos, haya viento o no.

Las baterías sin embargo presentan inconvenientes adicionales. Son un peligro potencial por la emanación de gases tóxicos, producen pérdidas eléctricas y aunque su vida media puede ser muy alta, su coste lo es también.

Un banco de baterías se constituye de distintas unidades de células de 2v conectadas varias células juntas podemos conseguir un voltaje deseado 12, 24 o 68v” (Pág. 104).

Es un dispositivo que es capaz de almacenar energía eléctrica para utilizarla cuando sea necesario. Un ejemplo es una roca subiéndola a una colina puede considerarse como un tipo de batería ya que la energía utilizada para subirla (energía química de los músculos) es convertida y acumulada como energía cinética o potencial a lanzarla desde la colina hacia abajo.

La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación eólica es la de acumular la energía que se produce durante las horas de viento para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo. Otra importante función de las baterías es la de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar. Como se muestra la figura 1.18:

Figura 1. 18 Almacenador de energía



1.14. TORRE

Equipo Inieco, Programación, organización y supervisión del aprovisionamiento y montaje de instalaciones de energía eólica, editorial Vértice, 2011, expresa que:

“La torre soporta la góndola y el roto. Puede ser tubular o celosía (estas últimas, aunque más baratas, están en desuso ya que las tubulares son mucho más atractivas estéticamente y algo más segura.

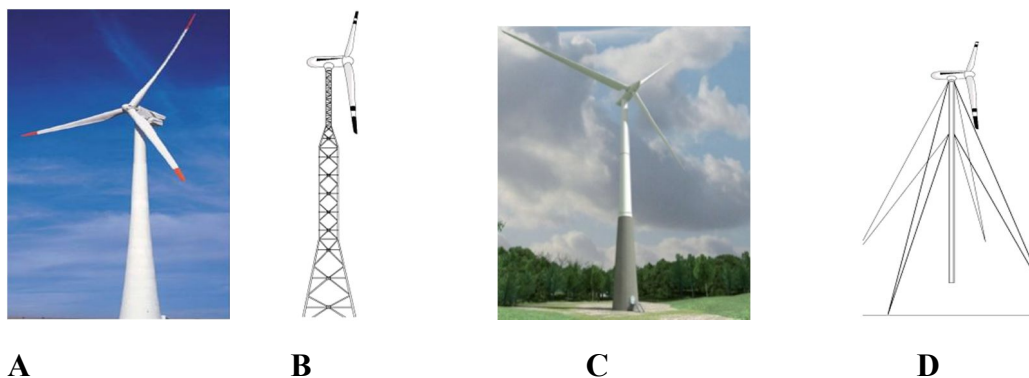
El grosor y altura de la torre varían en función de las características de las turbinas y el lugar donde se vaya ubicar debido a las condiciones climáticas.

Además del peso de los componentes del aerogenerador, tiene que soportar la fuerza que el viento ejerce contra la torre directamente y por otra la fuerza de transferencia del rotor” (Pág.38)

A continuación clasificar las torres de los aerogeneradores en 4 grupos como se muestra a continuación.

- Torres Tubulares de acero.
- Torres de celosía.
- Torres Híbridas.
- Torres de mástil tensado con vientos.

Figura 1. 19 Torres tubulares, celosía, híbridas, mástil tensado.



Fuente: INIECO Programa de organización y supervisión del aprovechamiento y montaje de instalaciones de energía eólica, 2011.

Tabla 1. 4 Tipos de torres

Torres Tubulares	<p>Suelen ser de acero con sección circular.</p> <p>Dependiendo del tamaño pueden presentar con forma cilíndrica, troncocónica o una mezcla de ambas.</p> <p>Su instalación es fácil, su costo es alto</p>
Torres de Celosía	<p>Se utiliza para grandes sistemas debido a que se debe llevar una revisión periódica en las uniones de los ángulos de acero y tornillos.</p> <p>Tienen un costo relativamente bajo, son de fácil construcción y transporte</p>
Torres Híbridas	<p>Son las combinaciones de las ya mencionadas torres.</p> <p>Deduciríamos que es un híbrido entre una torre de celosía y una torre tensada</p>

Fuente: Grupo De Investigación

1.15. CIMENTACIÓN

DE JUANA José. Energías renovables para el desarrollo, Tercera edición, Thomson editores spain, Madrid, España. 2009, expresa que:

“La cimentación debe ser apropiada para mantener la aeroturbina derecha y estable bajo las condiciones extremas del viento, generalmente suele ser una zapata de cemento. El peso del cemento debe ser apropiado para evitar el vuelco.

La cimentación es el elemento de unión entre la torre y el terreno, y soporta todas las cargas estáticas y dinámicas del aerogenerador ayudando a tener la mayor estabilidad posible en el sistema por más variaciones del viento que exista permitirá tener estabilidad del sistema siendo mayor mientras mayor sea el área del terreno donde se ubique (Pág. 171)”.

Se denomina cimentación al conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo, distribuyéndolas de

forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que la de los pilares o muros que soporta, el área de contacto entre el suelo y la cimentación debe ser proporcionalmente más grande que los elementos soportados para tener una mejor resistencia a los movimientos que puede existir por los vientos y cambios de velocidades de los mismos.

1.16. ANCLAJE

Los Anclajes determinan un sistema constructivo que ofrece soporte y firme sujeción a cimentaciones profundas para el empotramiento de la base del aerogenerador. Como se muestra en la figura 1.20:

Figura 1. 20 Bases de anclaje

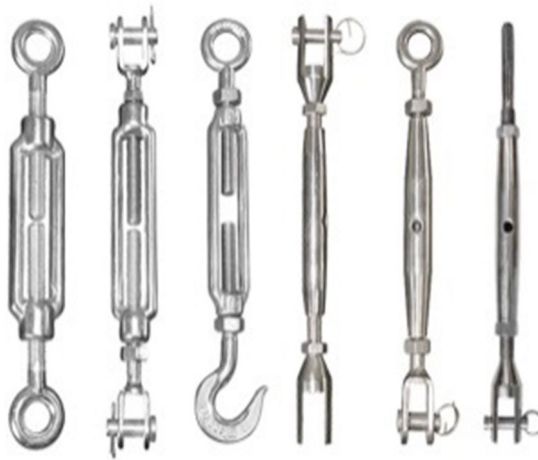


FUENTE:http://www.aditivosespeciales.com.pe/application/webroot/imgs/catalogo/thumb_construcion_de_cubo_para_anclaje.jpg

1.17. TENSORES

Lo puntual de tensores es de sujetar los componentes del aerogenerador en las condiciones climáticas adversas asociados en un punto del suelo o espacio. Como se muestra en la figura 1.21.

Figura 1. 21 Modelos de tensores



Fuente: http://www.sercables.com/images/5896_tensores.jpg

1.18. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

1.18.1. Anemómetro

MÉNDEZ MUÑIZ Javier, RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, Luis, Energía Eólica. España: Madrid, editorial Fundación Confemetal, 1995, manifiesta que:

“El primer paso para la valoración del recurso eólico aprovechable existente en un emplazamiento concreto consiste en realizar la medición de la velocidad del viento. Para conseguir dicho objetivo se emplean los anemómetros, siendo el más comúnmente utilizado el denominado “de cazoletas” (pág. 65)

Este tipo de instrumento tiene un eje, vertical respecto al suelo, y tres cazoletas que giran bajo la acción del viento. Cuanta más velocidad lleve el viento a más velocidad girara el anemómetro. Las revoluciones por minutos a las que giran las cazoletas, y por tanto la velocidad a la que sopla el viento, son registradas en un dispositivo electrónico para su posterior lectura y análisis.

Además de estos datos, la energía disponible dependerá también de la densidad el aire en el emplazamiento concreto, a mayor densidad mayor energía en menor volumen, por lo que estos aparatos llevan también incorporados sensores de temperatura (termómetro) y de presión atmosférica (barómetro), constituyendo auténticas estaciones meteorológicas. Véase en la figura 1.22:

Figura 1. 22 Anemómetro de cazoletas



Fuente: (Méndez, 1995).

1.18.2. Tacómetro

MALONEY J. (2006). Electrónica industrial moderna. 5a. edición. México: editorial Pearson Educación de México, S.A. de C.V manifiesta que:

“Un tacómetro es un dispositivo que mide la velocidad angular de un eje rotatorio. Las unidades más comunes para expresar la velocidad angular son revoluciones por minuto (r/min) y radianes por segundo. Un radian a $1/(2\pi)$ revoluciones, o aproximadamente 57 grados mecánicos. Utilizaremos exclusivamente las unidades de r/min.

Los tacómetros de uso industrial emplean uno de dos métodos de medición básica:

- 1. La velocidad angular está representada por la magnitud de un voltaje generado.**
- 2. La velocidad angular está representada por la frecuencia de un voltaje generado” (Pág. 440)**

El tacómetro mide la velocidad de giro de un eje, normalmente la velocidad de giro de un motor o máquina eléctrica. Se mide en revoluciones por minuto (RPM). Actualmente se utilizan con mayor frecuencia los tacómetros digitales, por su mayor precisión. Véase en la Figura 1. 23:

Figura 1. 23 Tacómetro



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=tacometro&biw>

1.18.3. Multímetro

GONZALES R. (2010) Fundamentos de energía eléctrica: manual de prácticas. Santo domingo. Rep. Dom. Editorial BUHO, expresa que:

“El multímetro es el instrumento que sirve para medir tensión (voltaje). Tiene varias escalas que se utilizaran dependiendo de la magnitud a medir y presenta medidas para ac y dc. Los terminales del voltímetro se colocaran en paralelo sobre el dispositivo. En caso de ser voltaje dc el terminal positivo (+) del voltímetro se conecta en el positivo de la fuente y el terminal negativo (-) del voltímetro se conecta en el negativo de la fuente.

Se tiene por norma que el color rojo indica positivo y el negro el negativo.

Cuando no sabemos qué valor de voltaje tenemos en un circuito, siempre se selecciona un valor alto en la escala y se va disminuyendo el selector de escalas hasta medir el voltaje del circuito”. (pág.145)

Es un instrumento electrónico de medición que generalmente calcula voltaje, resistencia y corriente, aunque dependiendo del modelo de multímetro puede medir otras magnitudes como capacitancia y temperatura. Gracias al multímetro

podemos comprobar el correcto funcionamiento de los componentes y circuitos electrónicos. Véase en la figura 1.24

Figura 1. 24

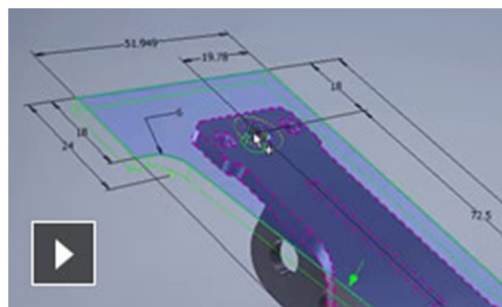


Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=multimetro&>

1.19 SOTFWARE AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL

El software de CAD 3D Inventor® ofrece un conjunto de herramientas profesionales para diseño mecánico, documentación y simulación de productos en 3D. Cree, gestione y entregue productos excelentes con las funciones de Digital Prototyping (inglés). Véase en la figura 1.25

Figura 1. 25 Autodesk inventor



Fuente: <http://www.autodesk.es/products/inventor/features/all/gallery-view>

1.19.1 Características principales

Inventor tiene la capacidad de crear la geometría de manera versátil, sin olvidar la funcionalidad automatizada y simulada, para reformar, reparar los datos que son

traídos del CAD. Inventor está dotado de herramientas fuertes para crear cualquier modelo matemático, desde una plantilla, ensambles, diseño por chapas, etc. Este software también permite el paso de datos para el cálculo que necesiten una interacción estructural por simulación.

1.20 MARCO LEGAL

En las últimas décadas, Ecuador ha desempeñado importantes cambios a nivel legislativo y regulatorio, como fue en 2008, la aprobación de una nueva Constitución, que posee ítems para nuestro estudio, los cuales son:

De la Constitución de la República del Ecuador, del Capítulo Segundo de los Derechos del Buen Vivir, se ha tomado en cuenta los siguientes artículos en los cuales se menciona los Derechos del Ambiente (Art. 14 y 15), Habitación y Vivienda (Art. 30), Personas Usuarias y consumidoras (Art. 52), Derechos de la Naturaleza (Art. 71 y 74), dichos artículos amparan el uso, la fomentación y aplicación de los recursos naturales en beneficio de todas las personas de nacionalidad ecuatoriana.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Art. 14.- 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.

Art. 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.

Art. 30. - Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

Art. 52. - Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características.

Art. 71. - La naturaleza o Pachamama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Art. 74. - Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho al beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.

De acuerdo a las leyes otorgadas por la Universidad nos valemos del Artículo 7 y 8 en los cuales se manifiesta lo siguiente:

Art. 7.- Para la obtención del grado académico de Licenciado, o del Título Profesional Universitario, el estudiante debe realizar y defender un proyecto de investigación conducente a una propuesta para resolver un problema o situación práctica, con características de viabilidad, rentabilidad y originalidad en los aspectos de acciones, condiciones de aplicación, recursos, tiempos y resultados.

Art. 8.- Los temas de trabajo de grado deben estar enmarcados en la constitución del Buen Vivir de Desarrollo Ciencia y Tecnología, Líneas de Investigación de la constitución y contribución al desarrollo.

1.20.1 Elepco S.A

1.20.1.1 La empresa eléctrica provincial Cotopaxi Elepco s.a.

Es la encargada de distribuir y comercializar la energía eléctrica en nuestra provincia en condiciones técnicas adecuadas, y preocupada por mejorar siempre el servicio al cliente; ha visto la necesidad de aplicar nuevas tecnologías en el proceso de comercialización de la energía, con el enfoque objeto de analizar los aspectos referenciales, comerciales la agencia reguladora como es el (CONELEC) emite los cargos tarifarios a ser aplicados en ELEPCO S.A.; valores que se indican a continuación: para nuestro estudio al comparar empíricamente los costos

CAPITULO II

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. *DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN*

Nuestra investigación se inicia con un análisis de las condiciones climáticas, velocidad del viento de la zona y la necesidad energética básica para una vivienda del sector de Pansachi del (Grupo Agropecuario San José de Aláquez) que cumpla con las necesidades energéticas de los habitantes también debemos tomar en cuenta la forma del terreno en el lugar debemos realizar la implementación en el lugar donde menor números de obstáculos tenga.

Según el tema de investigación, utilizaremos los métodos y técnicas adecuados para esta investigación, que dispondrá de elementos fundamentales e indispensables para el avance del diseño del proyecto de tesis, con efecto de investigar de fuentes bibliográficas, páginas de Internet y conocimientos adquiridos durante el periodo de estudio, con el propósito de discernir algunas generalizaciones básicas de la generación eléctrica, a partir del comportamiento de viento para un sistema eólico, su funcionamiento, partes del aerogenerador, reguladores de carga, inversores y demás equipos que conforman el sistema para su correcto funcionamiento.

Pertinentemente la indagación engloba las técnicas de diseño que se usa actualmente para realizar proyectos de este tipo, ejecutando con el objetivo general el cual exterioriza el tema de: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AERO GENERACIÓN DE FLUJO TURBULENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA EN EL SECTOR DE PANSACHI, EL MORRO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO ACADÉMICO 2014-2015”**.

2.2. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. Método de campo

En este estudio se realizó una investigación de campo, en el sector de Pansachi, en la hacienda del grupo agropecuario san José de Aláquez. Con el objetivo de estudiar el lugar para obtener datos reales que determinaron: los problemas del sector, los recursos disponibles, que permitieron resolver el problema de falta de energía eléctrica, usando un aerogenerador de viento turbulento, mediante un prototipo experimental que este apto para las condiciones y que ayudara en investigaciones posteriores para el avance tecnológico de comunidades que tengan este tipo de problemas.

2.2.2. Método de observación

Este método se encamino, estableciendo las necesidades energéticas tomando en cuenta las condiciones climáticas del lugar de Pansachi observando las condiciones del lugar, indagando proyectos que en el sector no tuvieron resultado, para aplicar la investigación a un diseño de aerogenerador que no se vea afectado por los cambios repentinos de vientos funcionando con bajas y altas revoluciones, esto se logró examinando las diferentes corrientes de vientos en diferentes épocas del año y tomando en cuenta sus diferentes direcciones para que el aerogenerador pueda aprovecharlas al máximo.

2.2.3. Método hipotético-deductivo

El análisis metódico se llevó a cabo, partiendo de un análisis magro de proyectos de generación eléctrica mediante aerogeneradores de flujo laminar existentes en el país y fuera del , para adaptarlos a la investigación y fabricación de un prototipo micro, que sea capaz de funcionar en condiciones turbulentas en lugares alejados, utilizando instrumentos científicos que nos arrojaron datos para el diseño del aerogenerador que soporta el trabajo requerido con materiales capaces de

soportaran esfuerzos propios de la zona y los diferentes direccionamientos del viento.

2.2.4. Método descriptivo

Se examinó a través de la adquisición de datos de la zona mediante instrumentos de medición electrónicos que nos arrojaron datos con los que se realizó tabulaciones de los fenómenos naturales de la zona que posteriormente nos ayudaron a realizar los cálculos para el estructuramiento del aerogenerador de flujo turbulento cumpliendo las variables de estudio presentadas en la investigación.

2.3. TECNICA DE INVESTIGACION

2.3.1. Observación

Nos permitió analizar el comportamiento climático en la zona en diferentes condiciones geográficas para encontrar el lugar con menor turbulencia y mayor velocidad del viento donde ubicamos la torre para el proyecto de generación eólica en colaboración de los habitantes del lugar que conocen las condiciones climáticas en las diferentes estaciones del año.

2.3.2. Población

Se determinó que en Pansachi en su particularidad habitan un porcentaje pequeño de residentes, que no permite realizar un estudio por ser el universo reducido, aunque el proyecto está encaminado al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la hacienda se realizó el estudio y tabulaciones a las condiciones *climáticas*.

2.3.3. Medición

Las mediciones se llevaron a cabo con instrumentos electrónicos para medir, temperatura, velocidades del viento, que nos ayudaron a determinar en qué condiciones deberá trabajar el prototipo en el transcurso de las diferentes épocas del año, evaluando los resultados que se obtuvo durante 6 meses de mediciones,

obtuvimos la conclusión para llevar a cabo el mejor diseño según las corrientes del viento con diferentes velocidades que son diarias en el sector de implementación.

2.4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Los datos geográficos de la Provincia de Cotopaxi se ubican en la cuarta hoya desde el norte denominada hoya central Oriental de Patate, la hoya se encuentra con llanuras y paramos. Su extensión total es de 5.956 km².

El prototipo del aerogenerador eólico se comprende en la hacienda Agropecuaria San José de Aláquez localizado a 10 kilómetros de la parroquia rural del cantón Latacunga, la ruta es de acceso de tercer orden desde el punto de inicio con un tiempo aproximado de unas horas con quince minutos de distancia desde el cantón Latacunga.

Hacienda Agropecuaria San José De Aláquez se limita con los siguientes puntos:

- Norte: Las parroquias José Guango Bajo y Mulalo.
- Sur: Las parroquias San Buenaventura y Juan Montalvo.
- Este: Los páramos de Pansachi.
- Oeste: La Parroquia de Guaytacama

2.5. ESPECIFICACIÓN DE LAS RESIDENCIAS

Generalmente apreciamos escasas residencias a los alrededores la más cercana se encuentra a 15 minutos del lugar en vehículo, las siguiente está a unos 30 minutos en el lugar existe baja o casi escasa cobertura telefónica es difícil la comunicación.

La residencia está constituida en dos partes una casa de cemento con techo de eternit que consta de 4 habitaciones, cocina, comedor, baño y dormitorio. En el lugar existe bajas temperaturas por ser paramo y encontrarse a gran altura del nivel del mar con diversos fenómenos climáticos.

La otra vivienda es utilizada como bodega o comedor también utilizado como bodega para los implementos agrícolas del lugar está constituida de adobe con techo de paja tiene muchos años construidos.

2.6. NECESIDAD ENERGETICA DE LA HACIENDA SAN JOSE DE ALAQUEZ

En el lugar no se dispone de energía eléctrica por su ubicación no llega la red de distribución por su alto costo, las personas poseen viviendas pequeña y con escasos aparatos eléctricos tales como radios, cargadores de celulares, artefactos básicos, focos para el alumbrado, que para su utilización necesitan plantas de generación eléctrica mediante gasolina que deben pedir prestado haciendo su transportación difícil a su vivienda.

De acuerdo con la investigación conjeturamos el consumo base de la vivienda tomando en cuenta la utilización de energía eléctrica: entre las 5:00 a 7:00 am, 18:00 a 21:00 pm y al medio día para el almuerzo tendrán el consumo de un radio y cargador de celulares, estas son las horas en que los miembros de la familia pasan en la vivienda debido a sus labores agrícolas que desempeñan. En ocasiones los moradores bajan a la ciudad a dormir por la falta de servicios básicos o a suministrarse de víveres para sobrevivir y comprar productos básicos. Como se muestra a continuación en la tabla 2.1 nos indican el consumo diario que tendría ese domicilio si dispusieran de electricidad.

La tabla nos especifica que elementos electrónicos y eléctricos se utilizarían y el consumo que se tendría diariamente según las horas de uso que tendría esto varía con el tipo de tecnología se utiliza.

Tabla 2. 1 La necesidad energetica

DEMANDA ENERGÉTICA GENERAL							
ITEM	DESCRIPCIÓN	POTENCIA (W)	CANTIDAD	POTENCIA INSTALADA (W)	HORAS DE USO	FACTOR DE CONSUMO	CONSUMO (W)
1	LAMPARAS	100	5	500	7	0.29	145.83
2	CARGADOR CELULAR	33	2	66	4	0.17	11.00
3	LAPTOP	40	1	40	5	0.21	8.33
3	RADIO	80	1	70	5	0.21	14.58
4	DVD	60	1	60	2	0.08	5.00
5	TV	150	1	150	4	0.1667	25.00
						TOTAL	209.75

Grupo Investigador

El diseño fue realizado para la generación de esta potencia, esto se realizó a través del diseño del rotor y el estator siendo capaz de la generación una potencia mayor para no tener problemas de abastecimiento eléctrico.

2.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Terminada la etapa de recolección de datos que se llevó a cabo durante 6 meses de las diferentes corrientes de vientos se inicia con la etapa de análisis, tomando en cuenta el método a utilizar y el tipo de herramientas estadísticas son las adecuadas para la investigación.

El tipo de análisis estadístico dependió de lo siguiente:

- La cantidad de datos obtenidos
- La hipótesis a comprobar
- El diseño que deberá tener nuestro prototipo

La formulación de las tablas estadísticas nos permitió evaluar los datos facilitando el proceso utilizando lógica inductiva como deductiva y así explicaron de una forma fácil y clara mediante las gráficas de resultados que arrojaron los datos tomados (véase en Anexos A).

2.8. DATOS DE VELOCIDADES ANUALES DEL VIENTO

ATLAS EOLICO DEL ECUADOR

Tabla 2. 2 Velocidades del viento según atlas eólico

Velocidad Media Anual del Viento a 50 m.				Velocidad Media Anual del Viento a 80 m.				Velocidad Media Anual del Viento a 30 m.			
km/h		m/s		km/h		m/s		km/h		m/s	
	< 10.8		< 3.0		< 10.8		< 3.0		< 10.8		< 3.0
	10.8 - 12.6		3.0 - 3.5		10.8 - 12.6		3.0 - 3.5		10.8 - 12.6		3.0 - 3.5
	12.6 - 14.4		3.5 - 4.0		12.6 - 14.4		3.5 - 4.0		12.6 - 14.4		3.5 - 4.0
	14.4 - 16.2		4.0 - 4.5		14.4 - 16.2		4.0 - 4.5		14.4 - 16.2		4.0 - 4.5
	16.2 - 18.0		4.5 - 5.0		16.2 - 18.0		4.5 - 5.0		16.2 - 18.0		4.5 - 5.0
	18.0 - 19.8		5.0 - 5.5		18.0 - 19.8		5.0 - 5.5		18.0 - 19.8		5.0 - 5.5
	19.8 - 21.6		5.5 - 6.0		19.8 - 21.6		5.5 - 6.0		19.8 - 21.6		5.5 - 6.0
	21.6 - 23.4		6.0 - 6.5		21.6 - 23.4		6.0 - 6.5		21.6 - 23.4		6.0 - 6.5
	23.4 - 25.2		6.5 - 7.0		23.4 - 25.2		6.5 - 7.0		23.4 - 25.2		6.5 - 7.0
	25.2 - 27.0		7.0 - 7.5		25.2 - 27.0		7.0 - 7.5		25.2 - 27.0		7.0 - 7.5
	27.0 - 28.8		7.5 - 8.0		27.0 - 28.8		7.5 - 8.0		27.0 - 28.8		7.5 - 8.0
	28.8 - 30.6		8.0 - 8.5		28.8 - 30.6		8.0 - 8.5		28.8 - 30.6		8.0 - 8.5
	30.6 - 32.4		8.5 - 9.0		30.6 - 32.4		8.5 - 9.0		30.6 - 32.4		8.5 - 9.0
	32.4 - 34.2		9.0 - 9.5		32.4 - 34.2		9.0 - 9.5		32.4 - 34.2		9.0 - 9.5
	34.2 - 36.0		9.5 - 10.0		34.2 - 36.0		9.5 - 10.0		34.2 - 36.0		9.5 - 10.0
	> 36.0		> 10.0		> 36.0		> 10.0		> 36.0		> 10.0

Fuente: <http://www.energia.gob.ec/biblioteca/>

En la provincia de Cotopaxi Cantón Latacunga observamos una coloración amarilla en un pequeño porcentaje que representa una velocidad promedio de 7.5 a 8 m/s que tiene un gran potencial eólico para la generación eléctrica según los estudios realizados por el ministerio de electricidad y energías renovables, también se puede observar una coloración celeste que se encuentra en gran parte del mapa en el sector del Cantón Latacunga teniendo velocidades promedio del viento a nivel anual de 4.5 a 5 m/s según la información que nos da el mapa eólico del Ecuador a alturas de 30, 50 y 80 metros que nos ayudaran dentro de esta comprobación de la investigación.

Además a tener velocidades a esas alturas se tomara en cuenta que no posee obstáculos y será un viento con una velocidad constante y sin cambios bruscos de velocidad ideales para la generación eólica con la capacidad de generar 17.98 MW y 30.87 GWh/año esto nos determina que la generación eólica es posible y adecuada en la provincia de Cotopaxi siendo las velocidades del viento adecuadas para la producción energética.

2.9. MEDICIONES DE LAS VELOCIDADES DEL VIENTO

La información obtenida es real, los mismos son considerados desde Enero 2015 Junio del 2015 y fueron realizados en base a un anemómetro ubicado en el Páramo de Pansache en la hacienda del grupo Agropecuario San José de Aláquez.

El Anemómetro Ambient Weather WS-2080 consta de un sistema de adquisición de datos, sensores de temperatura, sensores de humedad, censa la velocidad de viento a diferentes medidas, posee una veleta incorporada al sistema la cual brinda la dirección del viento.

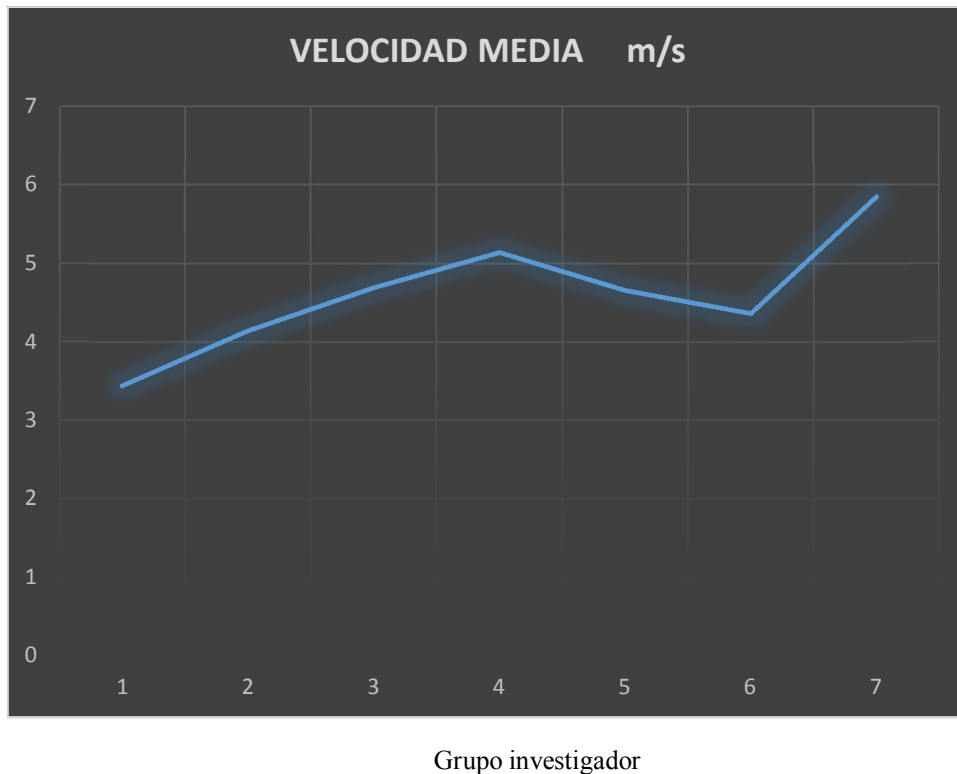
A continuación se analizan las tablas de resultados de las velocidades del viento generalmente con datos semanales, mensuales y semestrales teniendo en cuenta que las mediciones fueron realizadas a nivel del suelo donde se presentan obstáculos y cambios de dirección del viento a continuación se detalla la información obtenida en esta investigación.

Tabla 2. 3 Medición del viento semanal

FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	TEMPERATURA MEDIA °C	VELOCIDAD MAXIMA m/s	VELOCIDAD MINIMA m/s	VELOCIDAD MEDIA m/s
2015-03-01	11	21	16	5.78	1.11	3.445
2015-03-02	10	20	15	6.61	1.67	4.14
2015-03-03	8	15	11.5	7.22	2.15	4.685
2015-03-04	12	19	15.5	9.17	1.11	5.14
2015-03-05	11	19	15	8.33	0.98	4.655
2015-03-06	9	18	13.5	7.61	1.11	4.36
2015-03-07	11	19	15	8.72	2.98	5.85

Fuente: <http://www.energia.gob.ec/biblioteca/>

Grafico 2. 1 Resultado del viento semanal



En la Grafica 2.1 se muestra datos semanales como resultados de las velocidades del viento se puede observar un ligero cambio en las velocidades que se va incrementando y disminuyendo, existe variaciones de los vientos que son mínimas que posteriormente se podrá analizar de mejor manera con mayor número de datos y podremos tener una mejor interpretación de los resultados tabla 2.4.

Hasta el momento los resultados nos demuestran que existe velocidades adecuadas para la generación eléctrica con velocidades cambiantes de mínimos a máximos y viceversa también existe variación en la dirección del viento los vientos tienen una dirección desde el norte hacia el sur.

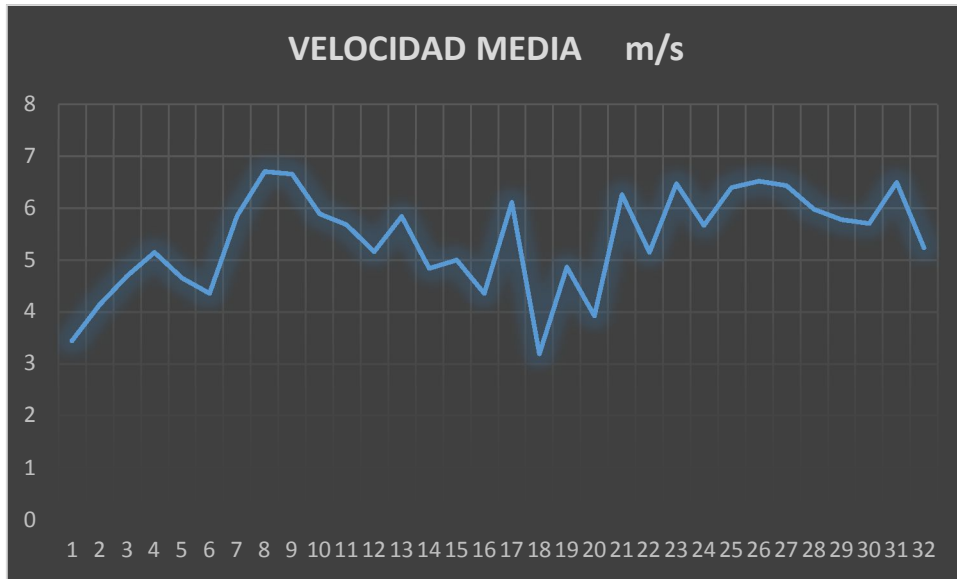
Los datos nos indican que existe un gran potencial eólico en el sector superior al esperado, los datos superan las velocidades del viento a los que se tiene en el mapa eólico del Ecuador sin embargo existe turbulencias por encontramos a una altura cero y por lo cambiante del terreno en la zona, conforme vamos obteniendo datos llegaremos a la determinación de las soluciones que se le puede dar a la existencia de turbulencias o cómo podríamos evitarlas o disminuirlas.

Tabla 2. 4 Medición del viento mensual

FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	TEMPERATURA MEDIA °C	VELOCIDAD MAXIMA m/s	VELOCIDAD MINIMA m/s	VELOCIDAD MEDIA m/s
2015-03-01	11	21	16	5.78	1.11	3.445
2015-03-02	10	20	15	6.61	1.67	4.14
2015-03-03	8	15	11.5	7.22	2.15	4.685
2015-03-04	12	19	15.5	9.17	1.11	5.14
2015-03-05	11	19	15	8.33	0.98	4.655
2015-03-06	9	18	13.5	7.61	1.11	4.36
2015-03-07	11	19	15	8.72	2.98	5.85
2015-03-08	10	18	14	9.72	3.68	6.7
2015-03-09	10	18	14	9.13	4.17	6.65
2015-03-10	12	20	16	8.15	3.61	5.88
2015-03-11	11	20	15.5	7.48	3.87	5.675
2015-03-12	10	20	15	6.15	4.17	5.16
2015-03-13	11	18	14.5	8.61	3.06	5.835
2015-03-14	11	22	16.5	7.45	2.22	4.835
2015-03-15	11	18	14.5	8.33	1.67	5
2015-03-16	10	18	14	6.78	1.94	4.36
2015-03-17	11	19	15	9.72	2.5	6.11
2015-03-18	8	15	11.5	5.28	1.11	3.195
2015-03-19	10	18	14	7.78	1.94	4.86
2015-03-20	10	16	13	6.73	1.11	3.92
2015-03-21	8	20	14	8.61	3.89	6.25
2015-03-22	11	18	14.5	6.39	3.89	5.14
2015-03-23	7	21	14	9.33	3.61	6.47
2015-03-24	11	21	16	7.45	3.89	5.67
2015-03-25	11	19	15	8.89	3.89	6.39
2015-03-26	10	24	17	9.14	3.89	6.515
2015-03-27	10	18	14	8.96	3.89	6.425
2015-03-28	9	18	13.5	8.06	3.89	5.975
2015-03-29	11	16	13.5	7.94	3.61	5.775
2015-03-30	9	19	14	8.06	3.33	5.695
2015-03-31	11	18	14.5	9.08	3.89	6.485
PROMEDIO	10	18	14	8	3	5

Grupo investigador

Grafico 2. 2 Resultado del viento mensual



Grupo investigador

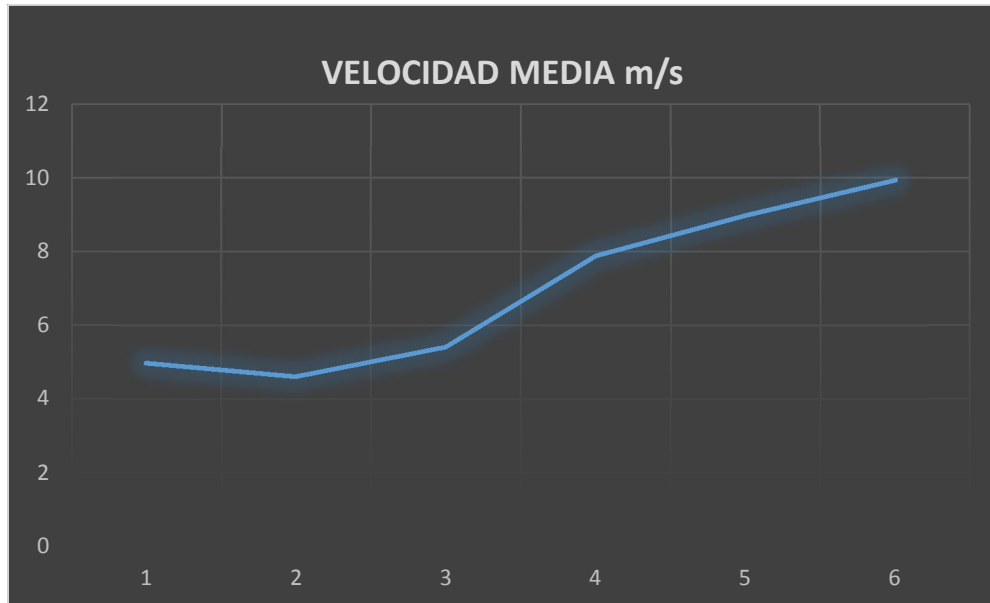
En el mes como resultados de las velocidades del viento como se muestra en la Grafica 2.2 tenemos una mínima de 3.1 m/s de 6.8 m/s lo que nos da una media de 4.5 que es apta para la generación eléctrica con vientos con turbulencia mínimos que existirán por las deformaciones geográficas del lugar del lugar y por la velocidad del viento.

Tabla 2. 5 Medición del viento semestral

TOTAL							
MES	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	TEMPERATURA MEDIA °C	VELOCIDAD MAXIMA m/s	VELOCIDAD MINIMA m/s	VELOCIDAD MEDIA m/s	VELOCIDAD GENERACION EOLICA m/s
ENERO	10	18	15	8.94	1	4.97	3
FEBRERO	10	19	14	8.34	0.88	4.61	3
MARZO	10	18	14	9.72	1.11	5.415	3
ABRIL	9	17	13	13.98	1.79	7.885	3
MAYO	8	17	12	15.78	2.15	8.965	3
JUNIO	6	15	11	16.8	3.04	9.92	3

Fuente: Grupo Investigador

Grafico 2. 3 Resultado del semestral



Fuente: Grupo Investigador

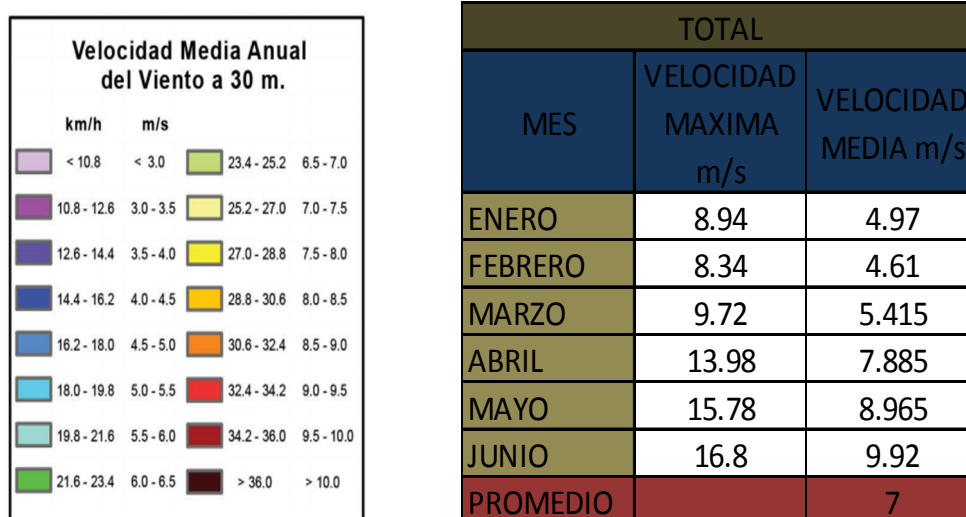
Tenemos un análisis general de los 6 meses de estudio y su variación de temperatura y la velocidad del viento con sus resultados máximos y mínimos para cada uno de ellos. Tomando en cuenta que la velocidad de viento para comenzar a generar es de 3 m/s y que existen turbulencias en vientos por las condiciones geográficas del lugar siendo críticas en velocidades mayores a los 16 m/s no obstante existirá turbulencia en velocidades más bajas por la variación de velocidades del viento de mínimas a máximas y por la geografía del lugar.

El estudio nos indica que la velocidad del viento en los primeros meses del año tiene sus valores mínimos y progresivamente va subiendo a sus valores más altos, por el contrario la temperatura sucede lo inverso, la temperatura en los primeros meses es más elevada y va descendiendo.

Como resultado determinamos que a mayor temperatura existente menor velocidad del viento y a menor temperatura mayor velocidad del viento. En el sector de Pansachi por estar ubicado en los páramos las temperaturas son más bajas que en la ciudad y existen vientos adecuados para la generación eólica en estos sectores que son remotos.

2.10. ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS Y DATOS MEER

Tabla 2. 6 Comparación velocidades del viento



Fuente: Grupo Investigador

Al comparar los datos obtenidos de las mediciones en el sector de Pansache y los datos tomados del Ministerio de Electricidad y Energías renovables determinamos que la velocidad del viento en el sector de Pansache tiene un potencial eólico medio 7m/s mayor al que nos muestra en el atlas eólico del ecuador según se ve en el mapa el lugar de estudio tiene un potencial eólico de 4.5 a 5 m/s a alturas de 30,50 y 80 metros (Véase Anexo B)

Sin embargo al ser un lugar montañoso y con diversa vegetación existe cambios de dirección del viento que provocan inestabilidad y turbulencias por ello se determinó utilizar un aerogenerador de flujo turbulento para la generación eléctrica que tendrá la capacidad de soportar las condiciones del lugar y las características de los materiales soportaran oxidación deformación y los esfuerzos a los que estarán sometidos.

Como antecedentes en el sector se implementó un aerogenerador con el título “CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO DE BAJAS REVOLUCIONES POR MINUTO PARA UNA VIVIENDA RURAL, UBICADA EN EL SECTOR DE PANSACHÍ EL MORRO

PERTENECIENTE A LA PARROQUIA MULALÓ DEL CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI.”. Siendo para flujo laminar debido a las corrientes y diferentes direcciones del viento el prototipo no soporto las condiciones climáticas y el esfuerzo realizado por los alabes llegando a un punto de ruptura donde los alabes salieron destruidos y la estructura que soportaba al aerogenerador se deformato por el esfuerzo que realizo. (Véase Anexo C)

VERIFICACION DE LA HIPOTESIS

HIPOTESIS

¿LA IMPLEMENTACION DE UN AEROGENERADOR DE FLUJO TURBULENTO PERMITIRA LA GENERACION DEL SUMINISTRO ELECTRICO PARA LA HACIENDA DEL GRUPO AGROPECUARIO SAN JOSE DE ALAQUEZ?

HIPOTESIS NULA

¿LA IMPLEMENTACION DE UN AEROGENERADOR DE FLUJO TURBULENTO **NO** PERMITIRA LA GENERACION DEL SUMINISTRO ELECTRICO PARA LA HACIENDA DEL GRUPO AGROPECUARIO SAN JOSE DE ALAQUEZ?

VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseño e implementación de un aerogenerador de flujo turbulento.

VARIABLE DEPENDIENTE

Generación del suministro eléctrico para la hacienda del Grupo Agropecuario San José de Alquez.

DEMOSTRACION DE LA HIPOTESIS

Mediante los datos obtenidos y tabulados de la velocidad del viento podemos verificar que hay cambio de velocidades teniendo un promedio de **7m/s**.

Al tener velocidades mayores de 3m/s se rompe el momento de inercia y el prototipo entrara en funcionamiento como se lo fundamenta en el Capítulo I.

Al existir variaciones de la velocidad del viento con picos máximos y mínimos característicos del sector de Pansache y por su orografía se demuestra según los datos estudiados que existen turbulencias.

Comprobando que las turbulencias dejaron en desuso un proyecto de generación eléctrica de flujo laminar mencionado anteriormente.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

En el presente capítulo se detalla el análisis estructural de cada uno de los parámetros más importantes a valorar para el análisis mecánico del aerogenerador, se considerará los materiales idóneos para la fabricación.

Concluyendo, que para alcanzar se diseñara el prototipo de acuerdo con las condiciones apropiadas con tablas estandarizadas de materiales, con el software Autodesk inventor simulando así las cargas para los análisis. Además se debe considerar la velocidad y estabilidad que presente el viento.

3.1 TEMA

“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE AEROGENERACION DE FLUJO TURBULENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA UNA VIVIENDA EN EL SECTOR DE PASACHI, EL MORRO, CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO ACADÉMICO 2014-2015”

3.2 JUSTIFICACION

La presente investigación tiene como objeto el diseño e implementación del aerogenerador de flujo turbulento mediante el principio de generación eléctrica debido que no es factible la construcción de una red de distribución por parte de la empresa eléctrica por su alto costo y un número reducido de beneficiarios.

Según las condiciones del lugar es factible la generación eólica, teniendo en cuenta el análisis de las partes del aerogenerador, por simulación el diseño se propone mediante un análisis dinámico y de esfuerzos también el dimensionamiento de la estructura de la torre.

Se plantea como desenlace, la implementación de un sistema de Aero generación eólico que sea eficaz, que genere electricidad a partir de la fuerza mecánica del viento, que se tendrá el día y la noche, visto desde la perspectiva los instrumentos que se utilizarán son los recursos renovables e inagotables mencionando además la fabricación de las piezas que costara la máquina y las especificaciones de los elementos utilizados.

3.3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

3.3.1. Factibilidad tecnológica

Como un proceso, es necesario conocer las diferentes estructuras y equipos de generación eléctrica para ello se analizó el mejor sistema utilizando tecnología para la generación eléctrica en la implantación utilizando equipos avanzados y sofisticados para el buen desarrollo y funcionamiento del Sistema en el lugar que se encuentra aislado y carece de tecnología.

3.3.2. Factibilidad económica

Los recursos financieros para el diseño de este prototipo son costeados por el grupo investigador del proyecto para el Grupo agropecuario san José de Aláquez, el cual consta con el diseño e implementación de un aerogenerador de viento turbulento con sus complementos e instalaciones eléctricas en la vivienda que será beneficiada.

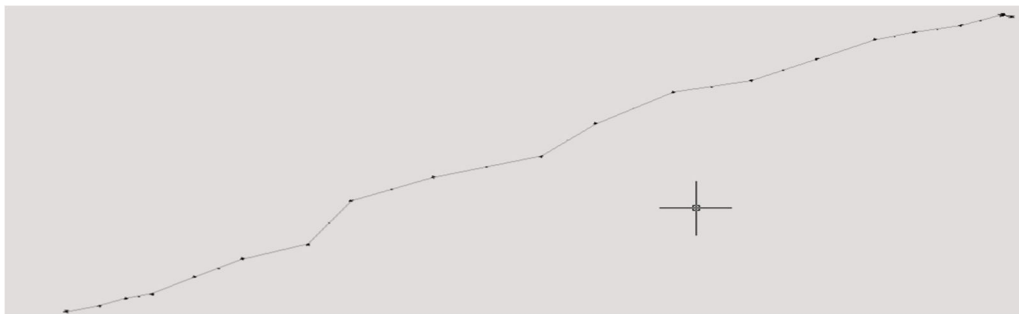
3.3.2. Factibilidad social

Este proyecto está considerado por el grupo investigador como factible ya que cuenta en el mercado con los equipos y elementos necesarios para el diseño e implementación de este prototipo, que está acorde con la tecnología actual, al mismo tiempo se cuenta también con la aprobación de moradores del sector y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi cumpliendo con las normas del buen vivir para los moradores incentivado por el gobierno a la vez mejorando las condiciones del buen vivir.

3.4. ESTUDIO PROYECTADO DE UNA RED DE DISTRIBUCION

Hemos realizado el estudio de factibilidad de una red de distribución para abastecer de energía eléctrica al sector de Pansachi a continuación se detalla costos planos proyectados que se deberían seguir para realizar esta línea de distribución y costos de construcción de la red.

Figura 3. 1 red proyectada 6 km de construcción



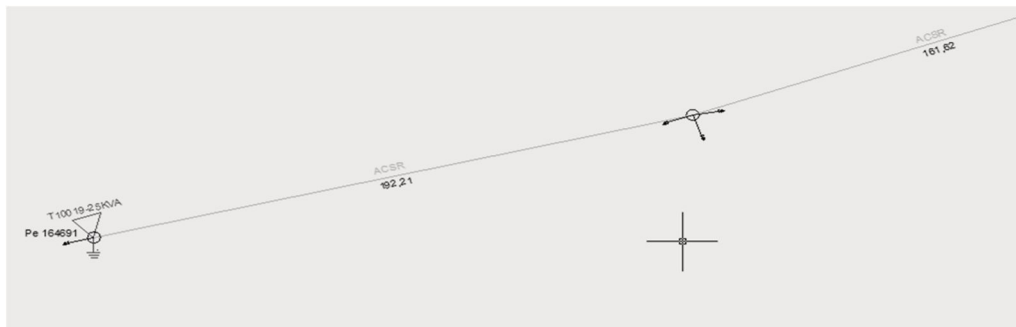
Grupo Investigador

Figura 3. 2 Inicio de la red proyectada



Grupo Investigador

Figura 3. 3 Red final proyectada



Grupo Investigador

En las figuras: 3.1; 3.2; 3.3; se muestra la proyección de la red de distribución desde el ultimo poste con numeración 164692 con sus correspondientes coordenadas en el plano de la red existente hasta el sector de Pansachi que aproximadamente son 6 km de red eléctrica que se debería llevar a cabo, a continuación se muestra costos del material para la construcción de la red (véase en la tabla 3.1).

Tabla 3. 1 Costos por instalación de red de distribución

LISTADO DE MATERIALES	Uni,	Cant,	Precio Unitario USD \$	Precio Total USD \$	Cantidad	Precio Total USD \$
ABRAZ. DOBLE DE 6 1/2 RACK	UNI	23	4.93	113.39	23	113.39
ABRAZ. EXT. CADENA DOBLE 5 1/2	UNI	13	6.94	90.22	13	90.22
ABRAZ. EXT. CADENA SIMP. 5 1/2	UNI	5	5.82	29.10	5	29.10
ABRAZ. PERNO CENT. SIMP. 5 1/2	UNI	25	4.10	102.50	25	102.50
ABRAZ. PERNO CENT. DOBLE 5 1/2	UNI	15	5.41	81.15	15	81.15
ABRAZ. SIMPLE DE 6 1/2 RACK	UNI	30	4.55	136.50	30	136.50
ABRAZADERA TRANSFORMADOR 5 1/2	UNI	12	9.09	109.08	12	109.08
AISLADOR DE RETENIDA ANSI 54-2	UNI	65	3.43	222.95	65	222.95
AISLADOR DE SUSPENSION POLIMER	UNI	13	15.10	196.30	13	196.30
AISLADOR PIN ANSI 55-4	UNI	19	6.06	115.14	19	115.14
AISLADOR ROLLO ANSI 53-2	UNI	158	1.13	178.54	158	178.54
ALAMBRE SOLID. COBRE N°8	MTS	100	1.26	126.00	100	126.00
BASE PORTAFUSIBLE 250 AM CON T	UNI	6	13.00	78.00	6	78.00
BASTIDORES DE UNA VIA	UNI	158	2.54	401.32	158	401.32
BLOQUE DE ANCLAJE DE 40X30X20	UNI	105	8.00	840.00	105	840.00
BRAZO TENSOR FAROL 1.50MTS	UNI	16	20.70	331.20	16	331.20
CABLE ACERO TENSOR 3/8	MTS	2494	1.05	2,618.70	2494	2,618.70
CABLE ANTI 3X1/0#1X1/0 ACSR AVG	MTS	950	3.80	3,610.00	950	3,610.00
CABLE ANTIHURTO ALUMINIO 3 X 6	MTS	50	1.52	76.00	50	76.00
CABLE COBRE AISLADO 1/0	MTS	56	9.35	523.60	56	523.60
CABLE COBRE DESNUDO N°2	MTS	120	3.85	462.00	120	462.00
CAPACETA GALVANIZADA TRIFASICA	UNI	2	24.70	49.40	2	49.40
CINTA DE ARMAR 5 MM.	MTS	497	0.55	273.35	497	273.35
CONDUCTOR ALUMINIO ACSR # 1/0	MTS	20050	0.85	17,042.50	20050	17,042.50
CONDUCTOR ALUMINIO ACSR # 2	MTS	870	0.61	530.70	870	530.70
CONDUCTOR ALUMINIO ACSR # 3/0	MTS	1000	1.49	1,490.00	1000	1,490.00
CONEC. HERMETICO P. NEUTRO DP10	UNI	350	3.50	1,225.00	350	1,225.00
CONEC. WEITAP 1/0 CU2/0-2 92001	UNI	2	4.10	8.20	2	8.20
CONEC. WEITAP 1/0-CU#2 51725 BA	UNI	6	3.20	19.20	6	19.20
CONEC. WEITAP 2 CU 2 CON BALA	UNI	223	3.05	680.15	223	680.15
CONEC. HERMETICO P. FASE DP5/6	UNI	700	2.02	1,414.00	700	1,414.00
CONECTOR CUNA CON ESTRIBO	UNI	6	7.50	45.00	6	45.00
CONECTOR CUNA ESTRIBO PARA N. 2	UNI	6	9.65	57.90	6	57.90
CONECTOR DP7 DOBLE DENTADO HER	UNI	34	3.26	110.84	34	110.84
CRUCETA EN L 3/16"X7CMX150CM.	UNI	35	26.20	917.00	35	917.00
CRUCETA HIERRO "L" 2 MTS.	UNI	6	34.50	207.00	6	207.00
CRUCETA HIERRO 1MTS	UNI	9	22.20	199.80	9	199.80
CRUCETA HIERRO L 75X75X6MX2.4M	UNI	6	28.80	172.80	6	172.80
ESLABON EN "U" CON PASADOR 5/8	UNI	138	1.47	202.86	138	202.86
FUSIBLE NIEZEL EN 6S	UNI	700	0.65	462.00	700	462.00
GRAFA DERIVACION EN CALIENTE	UNI	12	10.60	127.20	12	127.20
GUARDACABOS 3/8"	UNI	192	0.60	115.20	192	115.20
HORQUILLA ANCLA 5/8 GUARD 1/2"	UNI	177	4.10	725.70	177	725.70
INTERRUPTOR AUTOMATICO 2/50AMP	UNI	50	5.72	286.00	50	286.00
PARARRAYO DE 10 KV	UNI	12	76.60	919.20	12	919.20
PERNO "U" 5/8X70 CRUCETA HIERR	UNI	71	2.66	188.86	71	188.86
PERNO CADMIADO DE 3/8 X 1 1/2	UNI	12	0.43	5.16	12	5.16
PERNO DE OJO 5/8 X 12"	UNI	72	4.80	345.60	72	345.60
PERNO DE OJO 5/8 X 14"	UNI	36	5.10	183.60	36	183.60
PERNO ESPARRAGO DE 5/8 X 12"	UNI	2	3.65	7.30	2	7.30
PERNO ESPARRAGO DE 5/8 X 14"	UNI	20	4.20	84.00	20	84.00
PERNO MAQUINA 1/2 X 1 1/2	UNI	45	0.58	26.10	45	26.10
PERNO PIN ESPIGA CORTA 5/8	UNI	26	2.58	67.08	26	67.08
PERNO PUNTA POSTE DOBLE 5/8	UNI	14	10.82	151.48	14	151.48
PERNO PUNTA POSTE SIMPLE 3/4	UNI	55	13.31	732.05	55	732.05
PERNO PUNTA POSTE SIMPLE 5/8	UNI	29	9.17	265.93	29	265.93
PIE AMIGO ANG. IZQUI Y DER 0,70	UNI	25	7.70	192.50	25	192.50
PIE AMIGO ANGULO 1/D 4X4X0,60	UNI	9	5.18	46.62	9	46.62
PIE AMIGO ANGULO IZ Y DER 1,45	UNI	7	15.40	107.80	7	107.80
PIE AMIGO PLETINA 0,60 MTS	UNI	34	3.85	130.90	34	130.90
PINZA ANCLAJE ACOMETIDA DP1P1	UNI	45	1.37	61.65	45	61.65
PORTAFUSIBLE AEREO ENC APSU DP8	UNI	30	2.22	66.60	30	66.60
POSTE HORMIGON 11 MTS X 500 KG	UNI	3	196.00	588.00	3	588.00
POSTE HORMIGON 12 MTS X 500 KG	UNI	20	257.00	5,140.00	20	5,140.00
POSTE HORMIGON 9 MTS X 400 KG	UNI	2	140.00	280.00	2	280.00
POSTE PLAS. FIB. VIDRIO 12X500KG	UNI	7	650.00	4,550.00	7	4,550.00
PRECINTO PLASTICO INTERPERIE	UNI	100	0.14	14.00	100	14.00
PREFORM. TERMINAL N. 1/0 DG4544	UNI	6	2.36	14.16	6	14.16
PREFORM. TERMINAL N. 2 DG4542	UNI	15	2.20	33.00	15	33.00
PREFORM. TERMINAL N. 3/0 DG4546	UNI	30	3.40	102.00	30	102.00
PREFORMADO CABLE TENSOR N 3/8	UNI	50	4.10	205.00	50	205.00
PROYECTORES PARA PUNTA DE CON	UNI	6	0.55	3.30	6	3.30
SECC. PORTAFUSIB. 15 KV. 100 AM	UNI	9	100.00	900.00	9	900.00
SUELDA EXOTERMICA N. 65	UNI	12	3.75	45.00	12	45.00
TABLERO METALICO MED. BIFASICO	UNI	350	30.40	10,640.00	350	10,640.00
TACO FISHER # 10	UNI	20	0.07	1.40	20	1.40
TIRAFONDOS 1/4 X 1 1/2	UNI	16	0.07	1.12	16	1.12
TIRAFUSIBLE DE 1 AMP	UNI	9	2.32	20.88	9	20.88
TRAN MONOF 25KVA 13.800 T.CSP	UNI	1	1,600.00	1,600.00	1	1,600.00
TRANS TRIFASICO 30 KVA-13800V	UNI	2	2,180.00	4,360.00	2	4,360.00
TUERCA DE OJO 5/8"	UNI	36	1.70	61.20	36	61.20
VARILLA ANCLAJE 5/8X2.0 ARANDE	UNI	10	10.50	105.00	10	105.00
VARILLA COPERWELD	UNI	4	7.80	31.20	4	31.20
SUBTOTAL MATERIALES	USD \$			69,081.18		69,081.18

Grupo Investigador

Por medio de esta proyección concluimos que la construcción de una nueva red de distribución al sector no es factible por la distancia que se tiene y los costos que demandarían esta obra el monto de inversión estaría comprendida entre los 60 mil dólares que es muy costoso para la empresa eléctrica ELEPCO S.A. y la factibilidad es nula por el número reducido de moradores por ello es prudente la instalación de una generación eléctrica que demandara menor inversión..

3.2 DISEÑO DE LA TORRE

Se puede observar que para la construcción de la torre, hay gran variedad de estructuras, para soportar la góndola y además partes del aerogenerador: formas tubulares, de celosía, entre otras. Para la realización del proyecto, se escoge la torre de celosía, debido a que ofrece mayor distribución de cargas en toda la estructura y mejor estabilidad.

El tipo de torre es de base cuadrada con uniones de forma triangular lo que permite sostener altas magnitudes de esfuerzos generados por peso de la góndola y el movimiento del eje.

Para la construcción de la torre, se establece una comparación de los tipos de materiales, con el fin de escoger la más adecuada para las condiciones que necesita el aerogenerador. El material de objeto de estudio fue el acero, que se sometió a una simulación de cargas en el programa Autodesk Inventor.

Informe de análisis de la estructura de la torre celosía

Tabla 3. 2 material estructura torrea

Nombre	Acero, suave tubo cuadrado rectangular	
General	Densidad de masa	7,860 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207,000 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345,000 MPa

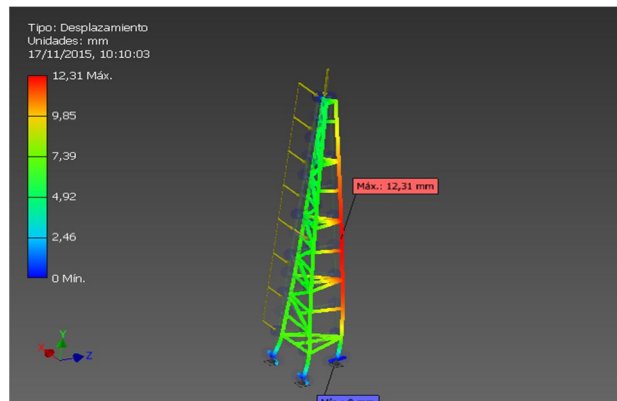
Grupo Investigador

Nombre	Mínimo	Máximo	
Desplazamiento	0,000 mm	12,312 mm	
Fuerzas	Fx	-710,633 N	430,876 N
	Fy	-1232,027 N	893,623 N
	Fz	-13673,351 N	13936,516 N

Grupo Investigador

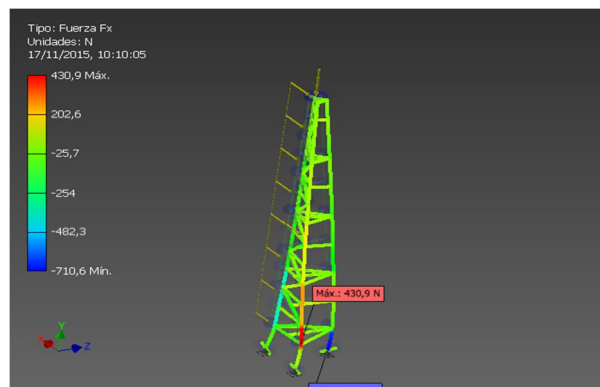
Con los resultados en la tabla 3.2; 3.3 La torre de acero sufre una deformación en su estructura de ser máx. 12.31 mm, mín. 0.0 mm de su posición inicial tanto X, Y, Z es depreciable ya que si soporta la carga del prototipo y tendrá la capacidad de soportar el aerogenerador de viento turbulento como se indica a continuación. (Véase figura 3.4.)

Figura 3. 4 Desplazamiento de la estructura celosía



Grupo Investigador

Figura 3. 5 Fuerzas Fx

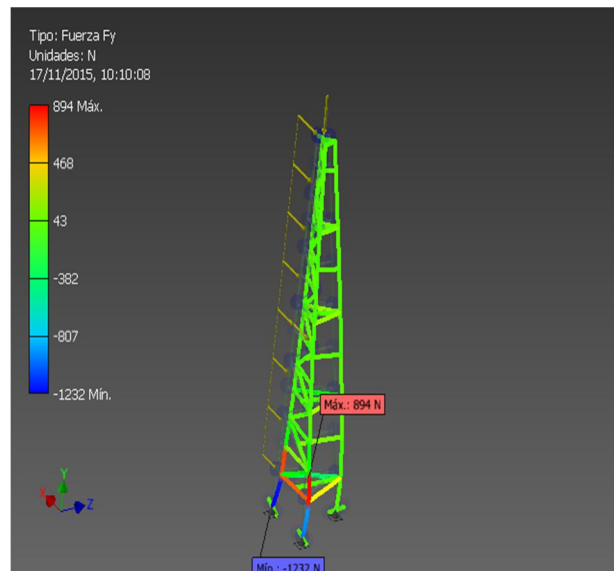


Grupo Investigador

En esta figura 3.5 se aprecia una carga puntual de 430.9 N “máx.”, mín de 254 N donde analizaremos la fluctuación de deformación de la base tanto en F_y , F_z .

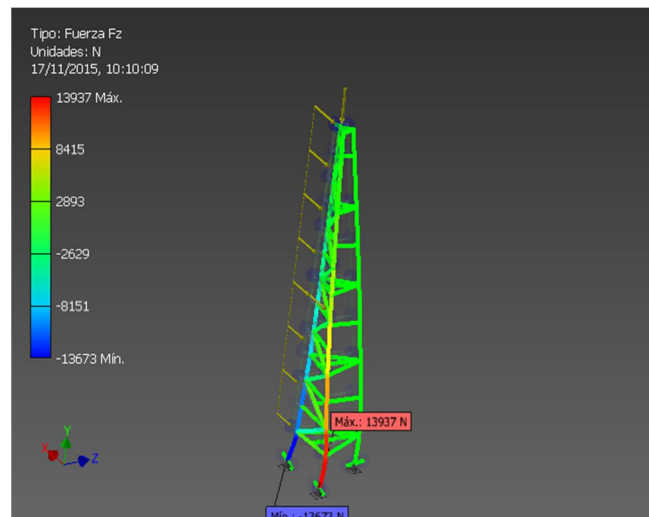
En la figura 3.4 aplicamos una fuerza F_y de 894 N máx, mín de con relación al eje x -1232 N donde se aprecia que la deformación de (Anexo D)

Figura 3. 6 Fuerza F_z



Grupo Investigador

Figura 3. 7 Fuerza F_z



Grupo Investigador

Análisis de las fuerzas.- es evidente que el material acero es apto para la construcción de la torre, la deformarse del tubo de acero rectangular posee características técnicas por lo tanto el material que utilizaremos es el acero se fija

parámetros de costos y de fácil acceso comercial por consiguiente se escogió un tubo se sección cuadrática.

3.3. DISEÑO DE LOS ALABES

Se debe tomar en consideración la aerodinámica de los cuerpos, los primeros pasos para diseñar los alabes es por medio de este ensayos se deberá conocer las características aerodinámicas es decir la simetría redondeada y el borde del perfil. Véase figura 3.8.

Figura 3. 8 Alabe

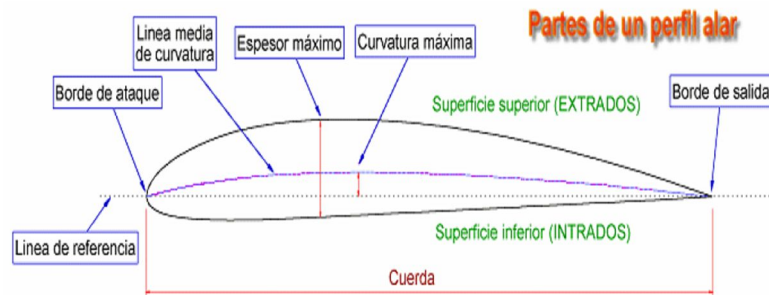


Tabla 3. 3 Material del alabe

Nombre	Fibra Vidrio revestido	
General	Densidad de masa	1,13 g/cm ³
	Límite de elasticidad	82,75 MPa
	Resistencia máxima a tracción	82,68 MPa
Tensión	Módulo de Young	2,93 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,35 su
	Módulo cortante	1,08519 GPa
Nombre(s) de pieza	Hélices del Aerogenerador	

Grupo Investigador

Tabla 3. 4 Resumen del análisis del alabe

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	2107180 mm ³	
Masa	2,38111 kg	
Tensión de Von Mises	0,0000416301 MPa	0,382274 MPa

Primera tensión principal	-0,197936 MPa	0,515249 MPa
Tercera tensión principal	-0,507392 MPa	0,192709 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,23309 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0,488668 MPa	0,464967 MPa
Tensión XY	-0,110225 MPa	0,131651 MPa
Tensión XZ	-0,151878 MPa	0,0890308 MPa
Tensión YY	-0,206305 MPa	0,242 MPa
Tensión YZ	-0,0289111 MPa	0,0326944 MPa
Tensión ZZ	-0,200152 MPa	0,201919 MPa
Desplazamiento X	-0,0154312 mm	0,0063579 mm
Desplazamiento Y	-0,13268 mm	0,0000952702 mm
Desplazamiento Z	-0,000176736 mm	0,191527 mm

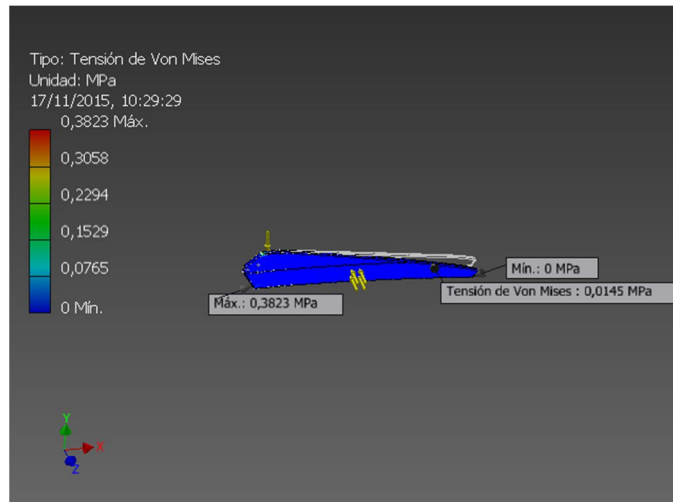
Grupo Investigador

Se procederá al análisis, tensión de Von Mises (véase figura 3.8), donde la magnitud física proporcional de los datos a la energía de distorsión. Se deberá usar en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño de los alabes para bajo el criterio siguiente:

- Se asignó E-glass stitched MAT-E600 que consiste en dos o más capas de mechas de fibra de vidrio que están unidos a coser, por capa de mechas y capas diferente es compatible con la UP, vinilo - éster, resina fenólica y epoxi, su uso se utiliza más ampliamente en la industria del barco y las aplicaciones típicas de uso final incluyen cascos FRP barco, laminados, carcasas de automóviles, aparatos de refrigeración y formas estructurales
- Fibra de vidrio RF3000 (Ductos de aire acondicionado). No se contrasta a condiciones críticas de temperatura.
- Rollos MBI (Techumbres Metálicas): Rollo flexible de fibra de vidrio aglutinada con resinas termofijas recubierta (vinil satinado o polipropileno reforzado). Uso recubrimiento de muros, naves industriales de gran ligereza.

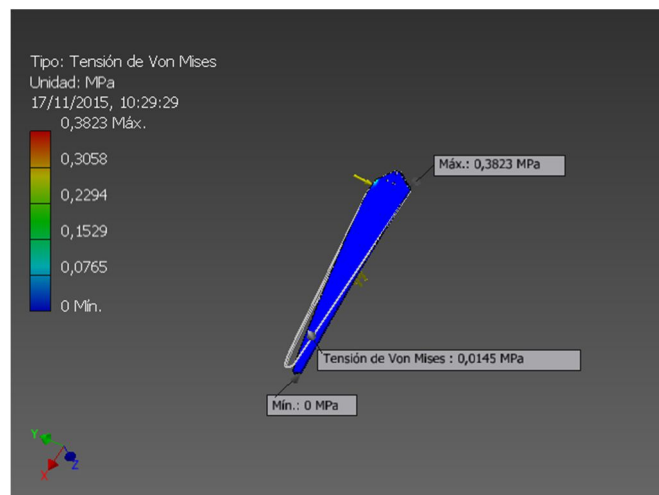
- Para preparar la resina adquirimos, acelerador de cobalto, catalizador es decir por cada 100 g de resina, utilizamos 1,5% de acelerador de cobalto y 2% de catalizador ósea de 2 a 5 gotitas en mezcla homogénea.

Figura 3. 9 Tensiones 1 alabe



Grupo Investigador

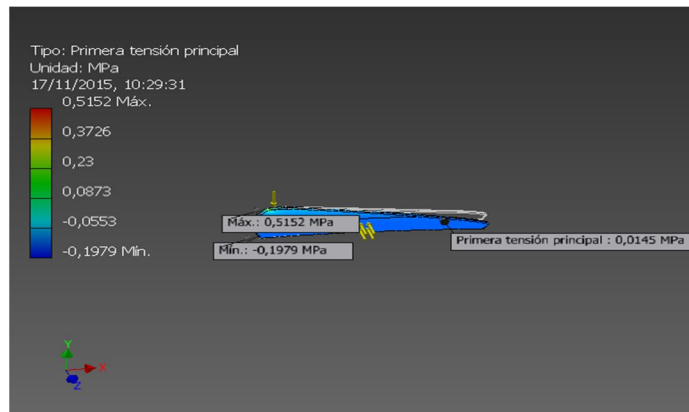
Figura 3. 10 Tensiones 2 alabe



Grupo Investigador

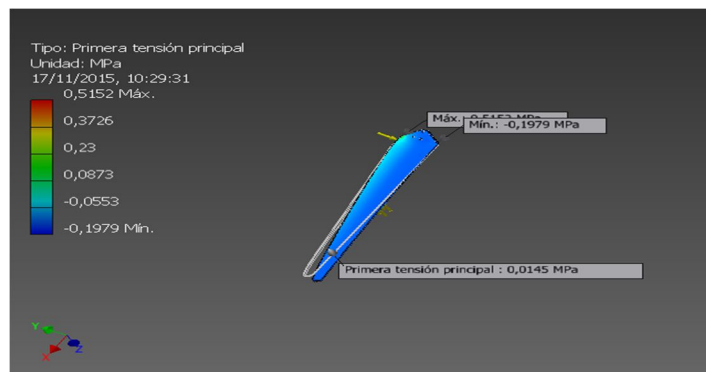
En el perfil de diseño (Anexos planos Hélices), para el aerogenerador el grupo de investigación tomo en consideración el coeficiente de resistencia del material de tal manera que las tensiones de las figuras 3.9-3.10 se deforman disminuyendo una tensión opuesta de 0,0145 MPa.

Figura 3. 11 Tensiones principales



Grupo Investigador

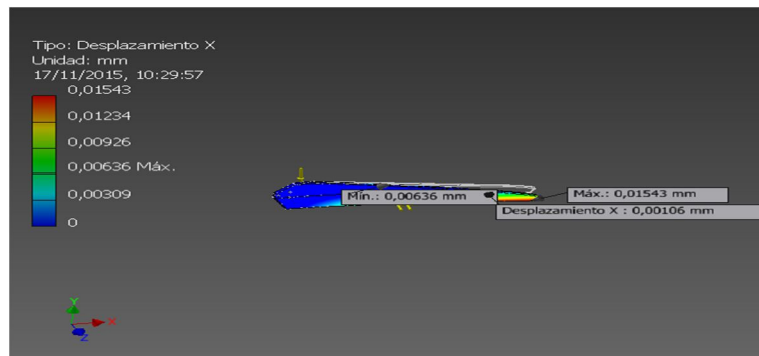
Figura 3. 12 Tensiones principales



Grupo Investigador

Mediante el análisis de tensiones principales de la figuras 3.11, 3.12, se concluye que los valores máximas dependerá de la presión que se somete es punto específico que nos demuestran Y 0,1927 MPa con una presión en Z, Z 0.5152 MPa con presión Y 0.0145 MPa, X -0.0001 MPa y una presión en Y 0.1927 MPa.

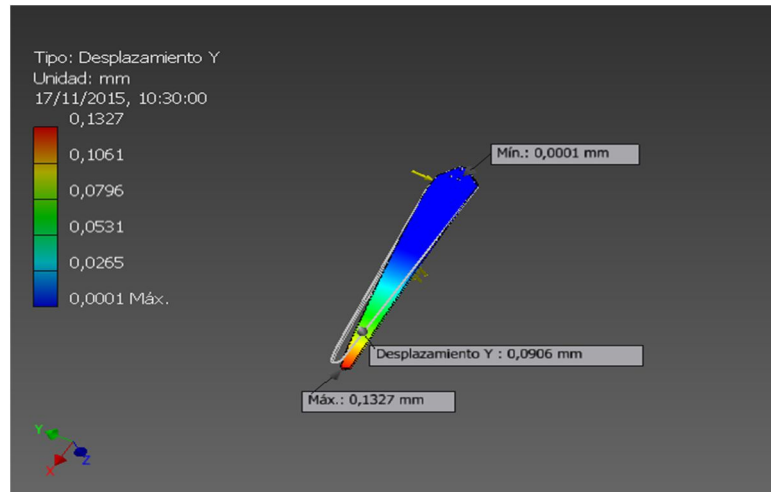
Figura 3. 13 Desplazamiento en x



Grupo Investigador

Se considera al interpretación de la figura 3.13 identificamos el desplazamiento mín: 0.00636mm, máx: 0.01543mm donde se identifica los valores críticos de ruptura del alabe cabe recalcar que no se desvía en esta figura.

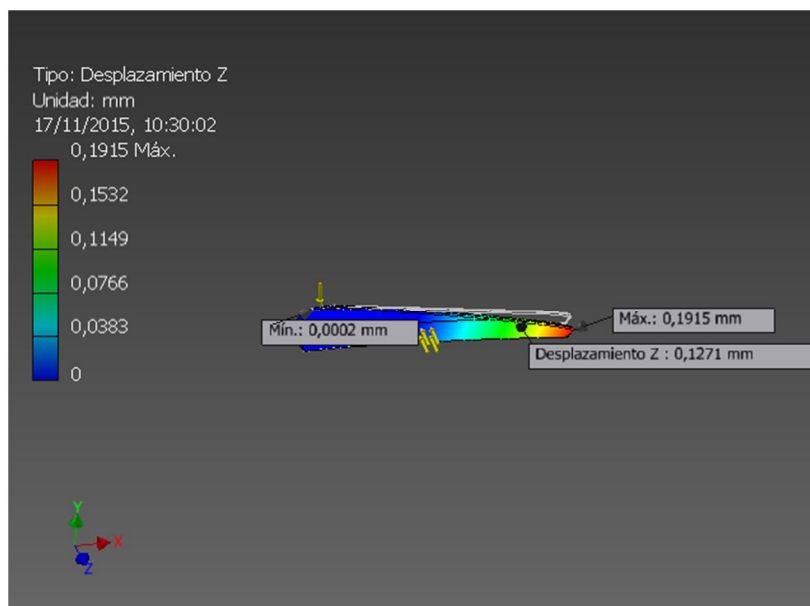
Figura 3. 14 Desplazamiento en Y



Grupo Investigador

La simulación obtenida en Y en la figura 3.14 se demostrara que en condiciones climáticas los alabes soportan el punto de ruptura máx: es 0.1327 mm en la parte izquierda del fig. Se demuestra los colores mediante la aplicación del software.

Figura 3. 15 Desplazamiento en z



Grupo Investigador

Se procederá el análisis con respecto a la figura 3.15 al desplazamiento en Z la tensión que ejerce es: 0.1271 mm con respecto al eje de las abscisas mín: 0.0002 mm, el alabe de acuerdo a su volumen se mantendrá en condiciones óptimas de funcionamiento adecuado.

3.3.1. Aplicación de las ecuaciones

Aplicación de la ecuación 01.

$$d = \sqrt{\frac{8xP}{\pi \cdot p \cdot v^3 \cdot cp \cdot ne \cdot nt}} \quad Ec: 01$$

$$d = 1.1 \quad (Resp)$$

D: diámetro rotor

p: potencia de diseño del aerogenerador

V: velocidad del viento

A: área barrida por la turbina

Cp: coeficiente de potencia

ne: eficiencia del generador

nt: coeficiente de transmisión

La velocidad media del viento se la obtiene de la velocidad máxima que es mayor de 8 m/s y de la velocidad mínima que es aproximadamente 4m/s

$$d = \sqrt{\frac{8x140w}{\pi \cdot 1.23 \frac{kg}{m^3} \cdot (4 \cdot m/s)^3 \cdot 0.42}}$$

$$d = \sqrt{\frac{1120}{97.56}} \gg d = 1.1$$

La energía cinética para transformarse en energía mecánica es de un porcentaje del 59,3% entonces para calcular la potencia real tenemos.

Potencia real

$$Pot = \frac{59,3\%}{100\%} \cdot \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot v^3 \cdot A$$

$$Pot = \frac{0.593}{2} \cdot \delta \cdot v^3 \cdot A$$

$$Pot = 0.2965 \cdot \delta \cdot v^3 \cdot \text{Potencia maxima}$$

$$Pot = \frac{0.593}{2} \cdot \delta \cdot v^3 \cdot A \gg Pot = 0.2965(1.2 \frac{kg}{m}) \cdot (8)^3 \cdot (6.15m^2)$$

$$Pot = 1120.34w \times 0.48 = 240 w$$

Para la potencia generada tomaremos en cuenta los cálculos de potencia máxima y mínima que tendrá nuestro aerogenerador.

Puesto que el viento no suele ser constante por ello haremos un cálculo aproximado de la potencia del viento tomando en cuenta que, transformaremos energía cinética en energía mecánica para girar el rotor.

Aplicación de la ecuación 03

Caudal del aire

$$Q = A \cdot v \gg (\text{Ecuación dos}) \quad (\text{Ec: 03})$$

Potencia = (Ecuación uno) x (Ecuación dos)

$$Pot = \left(\frac{1}{2} \delta v^2\right) \cdot (A \cdot v) \gg Pot = \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot v^3 \cdot A \quad (\text{Ecuación tres}) \quad (\text{Ec: 04})$$

Potencia mínima

$$Pot = \frac{0.593}{2} \cdot \delta \cdot v^3 \cdot A \gg Pot = 0.2965(1.2 \frac{kg}{m}) \cdot (4)^3 \cdot (6.15m^2)$$

$$Pot = 140w$$

Potencia media

$$Pot\ med = \frac{Pot\ max + Pot\ min}{2} \gg Pot\ med = \frac{537.6 + 140}{2} = 338.8\ w$$

3.4 BALANCEO DINÁMICO

Consideramos que una pieza se encuentra desbalanceada cuando su centro de masa (centro de gravedad) no coincide con su centro geométrico. Esta condición es causada por una distribución desigual del peso del rotor alrededor de su centro geométrico.

Figura 3. 16 Balanceo del Aerogenerador



Grupo Investigador

Norma para evaluar la calidad del desbalance:

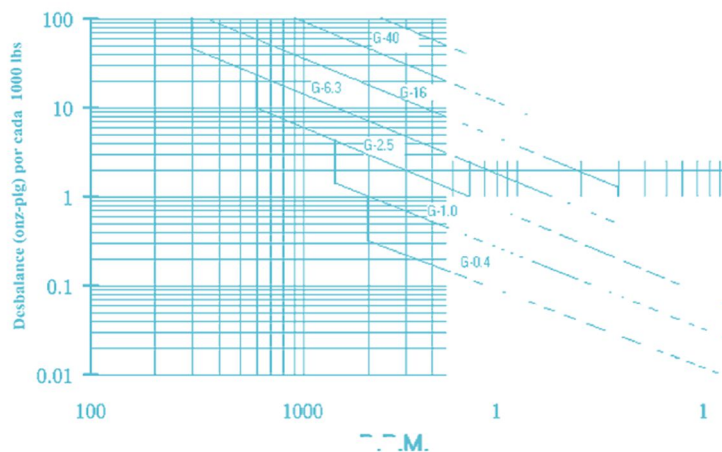
La norma comúnmente utilizada para evaluar la severidad del desbalance es la ISO 1940. Primeramente, tenemos que recalcar que toda pieza rotatoria, aun cuando haya sido confeccionada guardando el mayor cuidado, siempre presenta desbalance. Este desbalance residual, dependiendo del tipo de pieza, de su peso y de su velocidad, debe ser menor al desbalance máximo fijado por la norma.

La norma clasifica las piezas rotatorias según sus aplicaciones, así por ejemplo:

- G-40:
 - Es la norma válida para llantas de automóvil

- Cigüeñales de motores de cuatro tiempos con 6 o más cilindros
- G-16:
 - Ejes de cardanes
 - Partes de maquinaria agrícola
 - Cigüeñales de máquinas con seis o más cilindros bajo condiciones especiales
- G 6.3:
 - Partes de maquinaria de proceso
 - Engranajes de turbinas de uso marino
- G 2.5:
 - Componentes de turbinas a gas o vapor
 - Rotores de turbo-generadores
 - Turbo-compresores
 - Máquinas herramientas
- G 1:
 - Tocabiscos y fonógrafos
 - Armaduras eléctricas pequeñas con requerimientos especiales (Véase la figura 3.14 desbalance máximo de un rotor de 1000 lbs).

Figura 3. 17 Desbalance máximo de un rotor



Grupo Investigador

Se valoró de acuerdo con los procedimientos que no se tiene un software simulación al identificar la figura 3.16 desbalance máximo del rotor se compara que no es viable nuestro rotor con los alabes a 1000 lbs se considera optar por el método de tanteo por pesos en los alabes o palas para mantener balanceado nuestro sistema, consiste en ir reduciendo la longitud (\emptyset) del alabe hasta llegar a las mediciones adecuadas en la que quedo:

Tabla 3. 5: Pesos de los alabes

Longitud (mm)	Peso (Kg)	Características
140	3.00	Vibraciones, pandeo del aerogenerador.
110	2.8	Vibraciones moderadas
700	2.6	Condiciones estables

Grupo Investigador

3.5 DISEÑO DEL EJE

Se cuenta con ejes de Acero Inoxidable AISI 304 de \emptyset 25.4 mm de 500 mm de longitud el cual esta acoplado al generador. (Véase anexos catálogos).

Este eje tendrá la función de transmitir un torque generado por la alabes o palas de tal manera brindara la fuerza mecánica y posteriormente la resultante energía eléctrica. (Véase Planos Eje de 25.4 mm Anexos, se identifica en la tabla 3.5 Tipo de Material, finalmente tabla 3.6 Resumen de resultados) En la tabla 3.5 se muestran el material del Eje Inoxidable:

Tabla 3. 6 Material del eje \emptyset 25.4 mm

Nombre	Acero, baja aleación y alta resistencia	
General	Densidad de masa	7,84 g/cm ³
	Límite de elasticidad	275,8 MPa
	Resistencia máxima a tracción	448 MPa

Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,287 su
	Módulo cortante	77,7001 GPa
Nombre(s) de pieza	Eje del rotor 25.4	

Grupo Investigador

Tabla 3. 7 Resumen de resultados del eje \varnothing 25.4 mm

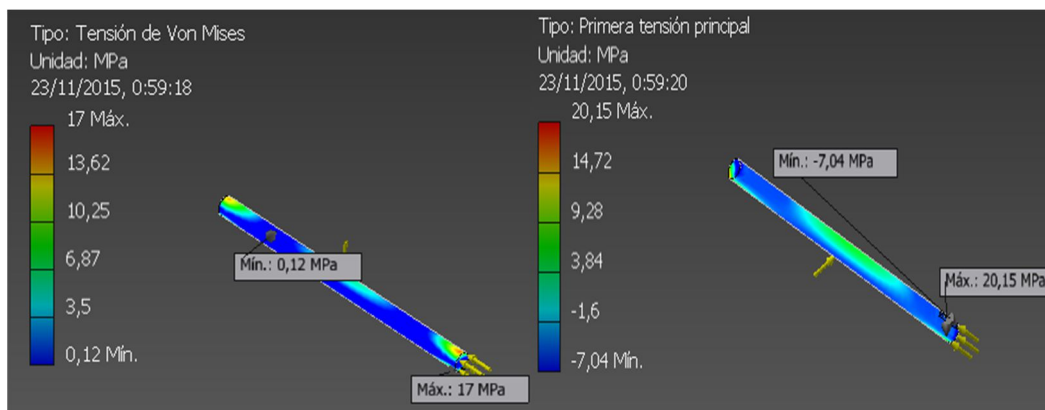
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	226591 mm ³	
Masa	1,77648 kg	
Tensión de Von Mises	0,123365 MPa	16,9981 MPa
Primera tensión principal	-7,03706 MPa	20,1549 MPa
Tercera tensión principal	-20,8683 MPa	5,39226 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0429203 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-7,33934 MPa	7,34206 MPa
Tensión XY	-1,91469 MPa	1,96263 MPa
Tensión XZ	-2,27785 MPa	2,00808 MPa
Tensión YY	-7,76331 MPa	5,88492 MPa
Tensión YZ	-2,31741 MPa	2,55009 MPa
Tensión ZZ	-20,5453 MPa	19,8205 MPa
Desplazamiento X	-0,00538072 mm	0,0000902024 mm
Desplazamiento Y	0 mm	0,0425929 mm
Desplazamiento Z	-0,00376305 mm	0,00353717 mm
Deformación equivalente	0,000000537431 su	0,0000748043 su
Primera deformación principal	-0,0000000289409 su	0,0000827513 su
Tercera deformación principal	-0,0000878582 su	0,000000019699 su
Deformación XX	-0,0000222508 su	0,0000260981 su

Deformación XY	-0,000012321 su	0,0000126295 su
Deformación XZ	-0,0000146579 su	0,000012922 su
Deformación YY	-0,0000272225 su	0,0000240046 su
Deformación YZ	-0,0000149125 su	0,0000164098 su
Deformación ZZ	-0,0000857795 su	0,0000805996 su

Grupo Investigador

Como se puede analizar las Fuerzas resultantes de la superficie volumétrica se considera que la tensión de Von Mises refleja un valor máximo de la presión 17 Mpa, ejerciendo por un peso de 0.12 Mpa de acuerdo al análisis de Mises, se aclara una analogía con la presión principal (Véase en la figura 3.15), el elemento mecánico tiene una presión máx de 20.15 Mpa, mín de -7.04 Mp claramente hay un tensión ponderable como se visualiza.

Figura 3. 18 Tensión de von mises



Grupo Investigador

3.5.1 Eje de $\varnothing 50.8 \text{ mm}$

Se procedió con el diseño mecánico del eje de acero inoxidable AISI 304 de $\varnothing 500.0 \text{ mm}$ (L) para acoplar las partes del prototipo:

Tabla 3. 8 Material $\varnothing 50.8 \text{ mm}$

Nombre	Acero inoxidable	
General	Densidad de masa	8,08 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a	540 MPa

	tracción	
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	74,2308 GPa
Nombre(s) de pieza	Eje de acero 50.8	

Grupo Investigador
 Tabla 3. 9 Resultados simulación

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	962642 mm ³	
Masa	7,77815 kg	
Tensión de Von Mises	0,000017716 MPa	0,00354273 MPa
Primera tensión principal	-0,00196413 MPa	0,00409411 MPa
Tercera tensión principal	-0,00474998 MPa	0,000620955 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,000000168521 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0,00472691 MPa	0,00358962 MPa
Tensión XY	-0,00142946 MPa	0,0015013 MPa
Tensión XZ	-0,00160857 MPa	0,0017881 MPa
Tensión YY	-0,00216325 MPa	0,00187697 MPa
Tensión YZ	-0,000420979 MPa	0,000907049 MPa
Tensión ZZ	-0,0021031 MPa	0,00185282 MPa
Desplazamiento X	0 mm	0,000000168513 mm
Desplazamiento Y	-0,0000000310358 mm	0,00000003456 mm
Desplazamiento Z	-0,0000000338867 mm	0,0000000317314 mm
Deformación equivalente	0,000000000835388 su	0,0000000164046 su
Primera deformación principal	-0,00000000174671 su	0,0000000184364 su
Tercera deformación principal	-0,000000018292 su	0 su
Deformación XX	-0,0000000181366 su	0,0000000158077 su

Deformación XY	-0,00000000962851 su	0,0000000101124 su
Deformación XZ	-0,0000000108349 su	0,0000000120442 su
Deformación YY	-0,00000000593629 su	0,0000000102607 su
Deformación YZ	-0,00000000283561 su	0,00000000610966 su
Deformación ZZ	-0,00000000530533 su	0,00000000873155 su

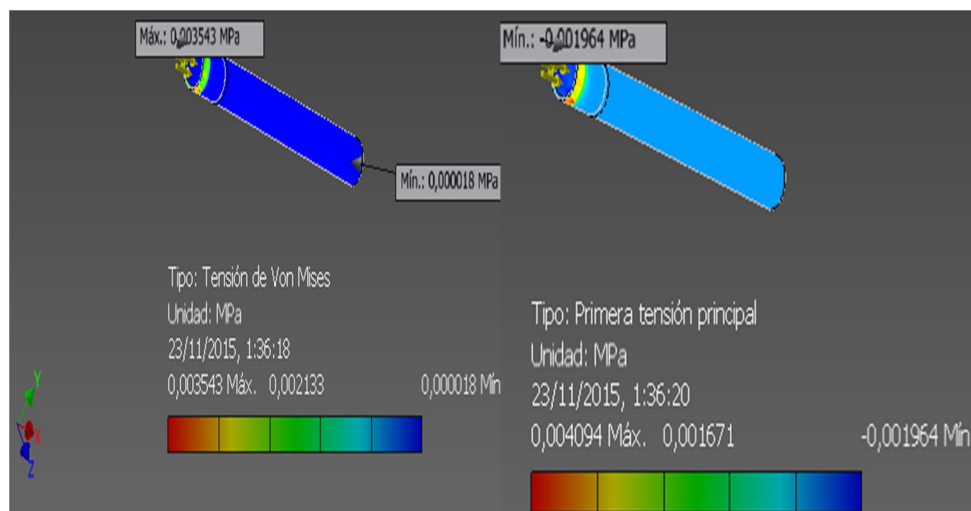
Grupo Investigador

Desenlace de la simulación eje de $\varnothing 50.8$ mm:

El eje de mayor diámetro tiene con el fin de girar libremente la sujeción de la chumacera cuadrada de $\varnothing 50.8$ mm se apoyará sobre un rodamientos de contacto angular (que hace la función de bocina). En la figura 3.18 Tensión Von Mises – figura 3.19 Tensión Principal se determinara las Tensiones que se ejerce por una fuerza, tensión con relación mecánicamente de máx 0.003543 MPa, min 0.000018 MPa y una presión principal máx 0.004094 MPa, min 0.001964 MPa se equilibra el análisis de cargas tanto la en punto fijo, en un determinado punto de presión.

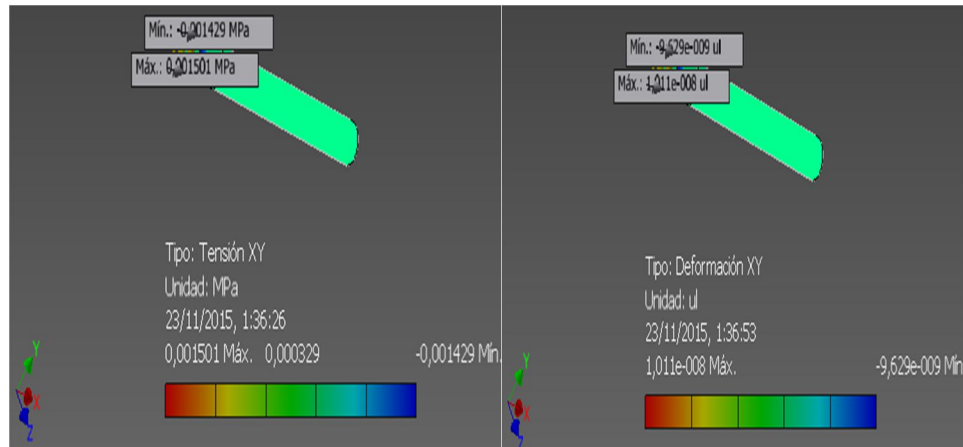
La simulación de la figura 3.19 Tensión XY, Figura 3.20 Deformación XY, se visualiza la Tensión en X con relación al eje Y donde muestra un cuadrícula horizontal colores donde el color turquesa establece el dimensiona apto tal como es rojo el punto crítico se compara con formación en el eje X y eje Y el color que predomina en la simulación es el turquesa donde consideramos que la distorsión no es representativa.

Figura 3. 19 Tensión Von Mises



Grupo Investigador

Figura 3. 20 Tensión xy



Grupo Investigador

3.6 DISEÑO DE BRIDAS ACERO INOXIDABLE

El diseño de las bridas corresponde con el catalogo del material de acero Inoxidable, (Véase en el catálogo planchas de acero especial). Se establece que la fórmula para la circunferencia de la brida tomamos la siguiente:

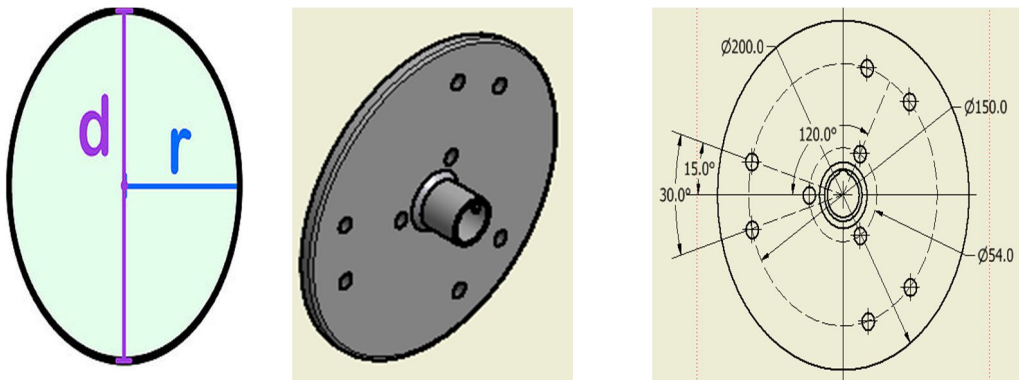
$$A = \pi r^2 \quad \text{Ecu 1}$$

$$A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$A = \pi \left(\frac{d^2}{4}\right)^2 \quad \text{Ecu 2 aplicada}$$

$$\text{Solución: } = \pi \left(\frac{200^2}{9}\right)^2 = 6205.3 \text{ mm}$$

Figura 3. 21 Brida para alabes



Grupo Investigador

Se debe calcular el perímetro de la siguiente manera:

$$P = \pi 2r \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$P = \pi 2(100) = 628 \text{ mm}$$

$A = \pi r^2$ Análogicamente secciones de la circunferencia se determina así:

$$A = \frac{b \times h}{2} \quad \text{Área del triángulo} \quad \text{Ecuación (4)}$$

$$A = \frac{P \times r}{2} \quad A \left[\frac{2\pi r}{2} \right] r = \text{Reemplazando } A \left[\frac{2\pi 100}{2} \right] 100 = 31400 \text{ mm} \times 9 \\ = 34300 \text{ mm} \cong 300 \text{ mm}.$$

Grupo Investigador

Se asigna valores para resultantes de la Ecuación 3, donde ya se tiene la separación de los perforación se asume para tener un equilibrio de las bridas de acero Inoxidable con respecto al centro de esta circunferencia es $0-360^\circ$ se divide para 3 obteniendo 120° de desfase, y aproximadamente 300 mm de eje de la abscisas de área haciendo una resta de polares $900-300 = 700 \text{ mm} \approx a \text{ cm } 70^\circ$.

3.6.1 Propiedades físicas

Se caracterizará la propiedades del acero Inox, aleaciones aumentan su resistencia mecánica básica. Las propiedades físicas y mecánicas (dureza, resistencia y ductilidad), la enorme resistencia a la fatiga y la capacidad de absorción de energía son algunos de los rasgos del acero inoxidable que fueron los adecuados en la fabricación del aerogenerador y mejorar el diseño con este material óptima para este proyecto.

Además tiene la ventaja que a la presencia de magnetismo o campos magnético no presenta atracción evitando desbalanceo o movimientos bruscos de los alabes por el material de construcción de los mismos.

3.7 NÚMERO DE POLOS, NÚMERO DE BOBINAS DEL AEROGENERADOR.

IRVING L. KOSOW (1975), en su libro “Maquinas Eléctricas y transformadores; manifiesta que:

“Ley de Faraday de la inducción electromagnética.- El enunciado general de la ley de Faraday puede expresarse así: El valor de la Tensión inducida en una sola espira de hilo, es proporcional a la velocidad de variación de las líneas de fuerza que la atraviesan”. (Pág. 4-5)

Se procederá a manejar una frecuencia de $30 \approx 50$ HZ, mediante las condiciones de la potencia que requerimos en el sector, el número de polos, bobinas que deberá tener es proporcional a esta frecuencia, se deduce que lo conveniente de un aerogenerador acorde a las condiciones meteorológicas se procederá a aplicar un sistema de rectificación, regulación, acumulación e inversión de corriente; El cual proveer de energía eléctrica a la vivienda que no poseen este servicio.

Datos

Nb= número de bobinas

P= número de polos (8)

K= constant (2)

$$Nb = \frac{3 \cdot P}{K}$$

p es numero de polos esto 4 polos positivos, 4 polos negativos. EC: 05

$$Nb = \frac{3 \cdot 8}{2}$$

$$Nb = 12 \text{ bobinas}$$

(Resp)

Fuente: Stephen J. Chapman “Maquinas Eléctricas”

- Se tiene un generador de c.a. de 8 polos y funciona de la siguiente manera:

$$\text{Tenemos } f = \frac{P}{2} \times \frac{rpm}{60} = \frac{PS}{120} \quad (\text{ecua 6})$$

$$V = \frac{120 f}{P} = \left[\frac{120 (\approx 50)}{4} \right] = 1800 \text{ rpm (Reemplazo ecua 6)}$$

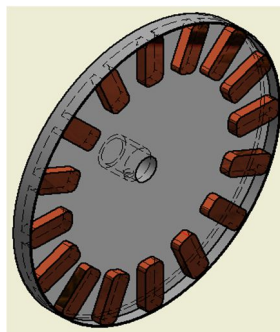
Fuente: IRVING L. KOSOW “Maquinas Eléctricas y Transformadores

3.7.1 Selección de imanes de Neodimio

Se utilizara Imanes de neodimio N48, por su característica de atracción magnética un polo norte y un polo sur como se muestra en la figura 3.22, donde se procederá a configurar 8 pares de polos (cuatro positivos- cuatro negativos) que se instaló en un disco de acero ASTM A 36 de \varnothing 300mm, aplicaciones del material:

- Conformación de estructuras en general con elementos de alma llena (flejes).
- Fabricación de tanques.
- Estructuras de puentes.
- Estructuras de barcos.
- Camisas de pilotos.
- Encofrados.
- Placas.
- Contención de tierra.
- Plataformas.
- Calderos.
- Tubería de grandes diámetros.

Figura 3. 22 Imanes de neodimio n48



Grupo Investigador

Las características del Imán de Neodimio N48 de acuerdo al fabricante:

Imán Forma: Bloques / Rectángulos / Prismas

Material: neodimio (Nd), Hierro (Fe) y Boro (B) (NdFeB), neodimio, NEO

Recubrimiento: Níquel (Ni-Cu-Ni)

Grado magnética: N48

Magnetización: Axial

Remanencia (Br): 13.7-14.1 Kg.N (T): 1.37-1.41 T

Producto Energético (BH)_{max}: 45-49 MGOe 358-390 KJ/m³

Coercitividad (H_{cb}): ≥10.5 KOe ≥836 KA/m

Intrínseco Coercitividad (H_{cj}): ≥11 KOe ≥875 KA/m

Temperatura Max: 80 °C

Largo (L): 50mm

Ancho (B): 21mm

Alto (H): 10mm

Tolerancia: ±0.05 mm

3.7.2 Diseño del rotor de imanes permanentes

Se diseñó un rotor técnicamente de acero ASTM A 36, plancha modelando una circular de Ø 300 mm de diámetro con un bocín en el centro mediante un proceso de desbaste se tiene un diámetro de 25.4 mm de forma que eje tenga un torque

apropiado al girar, en los extremos del bocín posee dos prisioneros de 8 mm para ajustar el eje, rotor, chumaceras. (Véase figura 3.23).

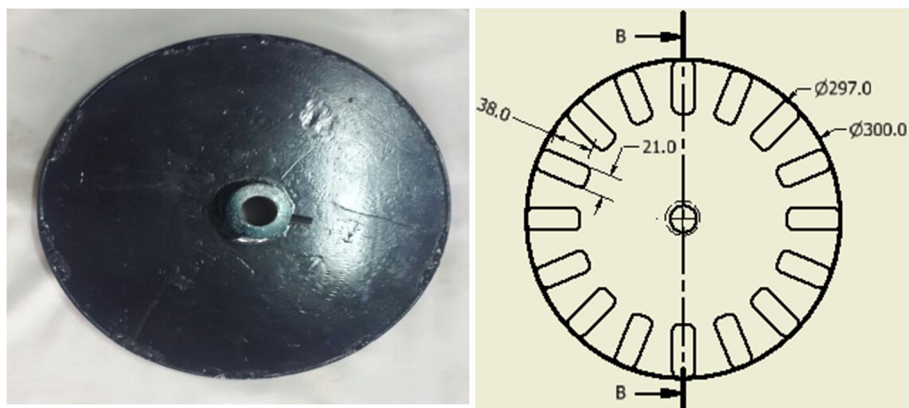
Se debe tener en cuenta que la plancha circular es metálica “Acero” composición atómica que tiene aleaciones como Fe, carbono, ferrita carburo, que es una aleación ferromagnética de modo que la atracción es mayor por las características específicas que tiene el imán de neodimio.

Se procede a colocar los imanes teniendo en cuenta la polaridad del polo sur, polo norte, teniendo cuidado con los imanes para evitar accidentes, se colocó pegamento epóxido entre la plancha de acero y el imán para evitar que los imanes se atraigan entre ellos.

Posteriormente soldamos una platina al extremo de la plancha de acero para evitar que se escape el campo magnético.

Finalmente fijamos plastilina en la circunferencia interior de los imanes para colocar una base de resina en todos los imanes para evitar que se muevan por algún golpe o movimiento brusco que pudiera existir en el aerogenerador cuando entre en funcionamiento. A continuación Véase en la figura 3.24 Resina de Imanes.

Figura 3. 23Rotor de imanes permanentes



Grupo Investigador

Utilizando la ecuación siguiente tenemos:

$$l = \pi 2r \quad l = 2\pi r = 2\pi(150)mm = 300\pi \equiv 942.47 \text{ mm}$$

Para el número de imanes (16) es:

$$A = \frac{b \times h}{2} \quad \text{Ecua (7)}$$

$$A = \frac{P \times r}{2} \quad A \left[\frac{2\pi r}{2} \right] r = \text{Reemplazando } A \left[\frac{2\pi 150}{2} \right] 150 = 22500\pi / 16 =$$

se tiene una matriz circular de 16 elementos quedando así una separación de 7.3mm

Figura 3. 24 Resinado de imanes



Fuente: Grupo de Investigación

3.7.3 Diseño de los bobinados

Se tomara en cuenta para los bobinados el número de espiras que va a tener cada una de ellas porque a mayor número de espiras mayor será el voltaje producido por el estator, también es importante tener en cuenta el grosor del cable esmaltado ya que a mayor grosor del cable utilizado mayor amperaje se obtendrá.

Para la construcción de las bobinas utilizaremos el calibre AWG 21 es un cable que nos generara un buen voltaje con un número apropiado.

$$f = i (l \times B)$$

$$\text{Dónde: } i_{\text{cable \# 21}} = 1.62 \times 3 (3\phi) = 4.86 \times 1.73 = 8.40 \text{ A} \quad (\text{Ecua 8})$$

Datos:

B: 1.41 Teslas.

I: 4.86 A

L: ?

$$\text{Donde: } L = \frac{v}{Bx^4} = \frac{20}{1.41\left(\frac{\ln}{\text{cm}^2}\right)x^4} = 3.556 \frac{\ln}{\text{cm}^2} \quad (\text{Ecu 9})$$

Fuente: IRVING L. KOSOW “Maquinas Eléctricas y Transformadores

Calculo fundamental de tensión para un generador c.c para fem:

$$Vg = BLv \quad (\text{Ecu 10})$$

$$Vg = 1.41 \text{ teslas} \times 3.556 \times 20 = 100.27 \text{ v}$$

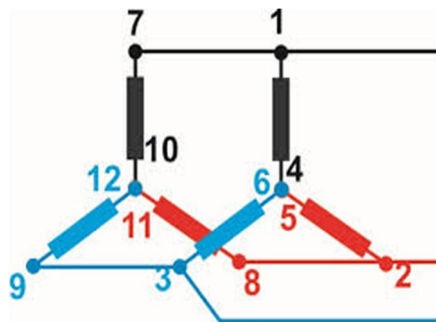
$$i = \frac{P}{Z.ca} = \frac{140 \text{ w}}{50\Omega} \approx 2.8 \text{ A}$$

3.8 CONEXIÓN DE LAS BOBINAS

La conexión trifásica estrella-estrella se asume la relación por cada 4 imanes deberá tener 3 bobinas. Este tipo de conexión es la más utilizada para la fabricación de generadores eólicos por su aprovechamiento y funcionamiento a bajas rpm y cuando los rpm son altos mantienen un voltaje estable sin sobrecargar a los bobinados sumando los campos enlazados y teniendo mayor eficiencia en nuestro sistema de generación.

Cada fase está desfasada 120 grados una de otra con ello se obtiene 3 fases que, como diseñadores de este prototipo asumimos que a mayor diámetro de calibre del cable es alto “amperaje” y viceversa el voltaje disminuye a si tenemos un diseño factible. Véase en la figura 3.25:

Figura 3. 25 Sistema trifásico estrella-estrella



Fuente: <https://www.google.com.ec/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images>

Se comprobó que tenga continuidad todo el circuito y proceder a soldar los empalmes con cautín, pomada y estaño. Para el aislamiento de cada empalme se colocó espagueti termoencogible. (Véase en anexos las conexiones de las bobinas)

Técnicamente se utilizó la resina Poliacrilarit SINTAPOL 999, secante (catalizador Peróxido de neg) para el recubrimiento de los bobinados para dar mayor fijación de la bobinas y la base, se asume que la resina no afecta el campo magnético de las bobinas por su composición, que procediendo con la fuerza mecánica transformada en electricidad por medio de la transferencia de B imanes se tendrá una regulación con el estator de los imanes aumentando y disminuyendo su aproximación. Como se muestra a continuación en la figura 3.26

Figura 3. 26 Bobinas cubiertas de resina



Grupo Investigador

3.9. TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DEL AEROGENERADOR

La energía que nos proporcionara el aerogenerador será alterna trifásica por el tipo de conexión realizada en los bobinados de estator, las tres fases que salen del aerogenerador las direccionamos hacia tres carbones deslizantes que giraran según el movimiento del aerogenerador, por tres anillos de cobre que trasladaran la energía por cables a la caja de control en la parte baja de la torre. Como se muestra a continuación en la figura 3.27:

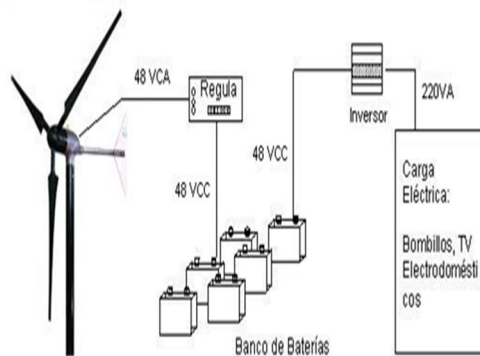
Figura 3. 27 Base con anillos para carbones



Grupo Investigador

En la caja de control se rectificara, regulara, almacenara e invertirá la corriente o $V_{generado}$, necesarios con un voltaje de 110 para el uso en la vivienda por lo que la generación obtenida en nuestro aerogenerador eólico tiene una \approx frecuencia de 50 Hz analógicamente es un generador de bajas de manera el diseño del sistema de generación es la determina (véase la figura 3.28 sistemas de generación eléctrica):

Figura 3. 28 Sistema de generación eléctrica



Fuente:<http://www.monografias.com/trabajos94/sistema-fotovoltaico-y-aerogenerador/sistema-fotovoltaico-y-aerogenerador.shtml>

3.10 BASES DE APOYO DEL EJE

Se procedió a unir por suelda las dos juntas UPN 120 de acero cuya longitudes se admite 120mm de altura, 60mm base porque se tendrá una simulación en inventor de la UNP 120 ASTM A36, se sugiera empotrar (superior) dos chumaceras de piso de 25.4mm para inmovilizar el eje del diámetro establecido que transmitirá

un torque del giro por los alabes que moverá el (véase en Anexo F Chumaceras) aerogenerador resultante por la fuerza del viento Como se muestra a continuación en la figura 3.29.

Figura 3. 29 Bases de aerogenerador



Grupo Investigador

Tabla 3. 10Material tubo rectángulo

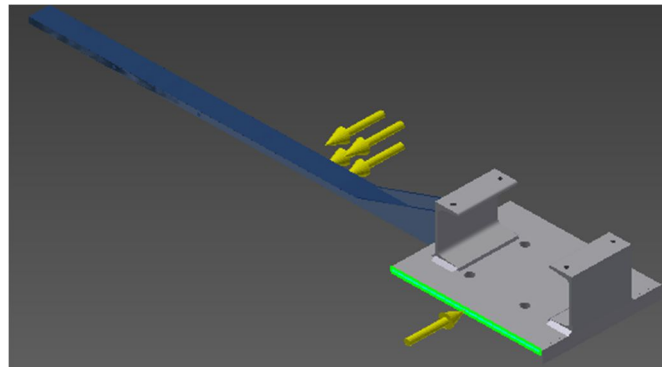
Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692 GPa
Nombre(s) de pieza	Base 1 Base 2 UPN 120 x 180mm UPN 120 x 180mm Soporte mastil cola	
Nombre	Hierro, fundido	
General	Densidad de masa	7,25 g/cm ³
	Límite de elasticidad	758 MPa
	Resistencia máxima a tracción	884 MPa
Tensión	Módulo de Young	120,5 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	46,3462 GPa
Nombre(s) de pieza	Chumacera cuadrada	

Tabla 3. 11 Condiciones de funcionamiento

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	686,000 N
Vector X	-686,000 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	0,000 N

Grupo Investigador

Figura 3. 30 Restricciones de caras análisis mecánico tubo rectángulo



Grupo Investigador

Tabla 3. 12 Fuerza y pares de reacción en restricciones

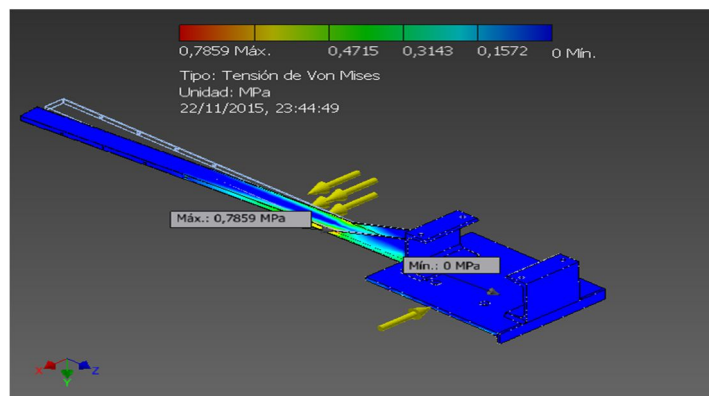
Nombre	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	677,539 N	677,539 N	5,32285 N m	0,0923913 N m
		0 N		4,12931 N m
		0 N		3,35753 N m

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	2734880 mm ³	
Masa	20,6358 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	0,785858 MPa

Primera tensión principal	-0,349253 MPa	0,946697 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0333667 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XY	-0,0952857 MPa	0,202459 MPa
Desplazamiento X	-0,0000444249 mm	0,0331645 mm
Desplazamiento Y	-0,0035054 mm	0,00035705 mm
Desplazamiento Z	-0,00127007 mm	0,00126476 mm
Primera deformación principal	-0,00000000338173 su	0,0000101226 su
Deformación XY	-0,00000162781 su	0,00000125332 su

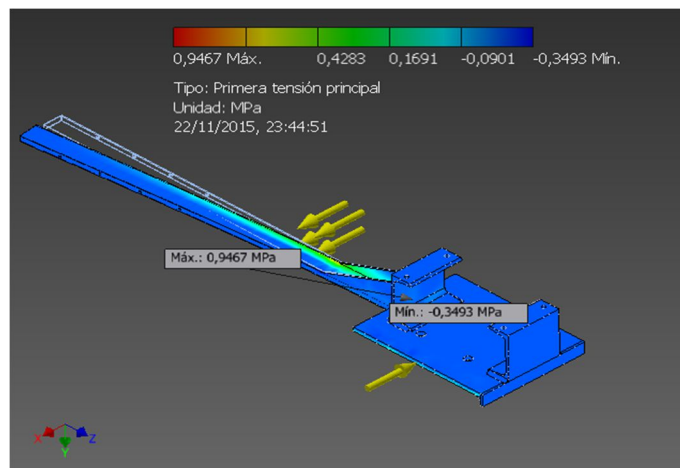
Grupo Investigador

Figura 3. 31 Tensión de Von Mises



Grupo Investigador

Figura 3. 32 Primera Tensión

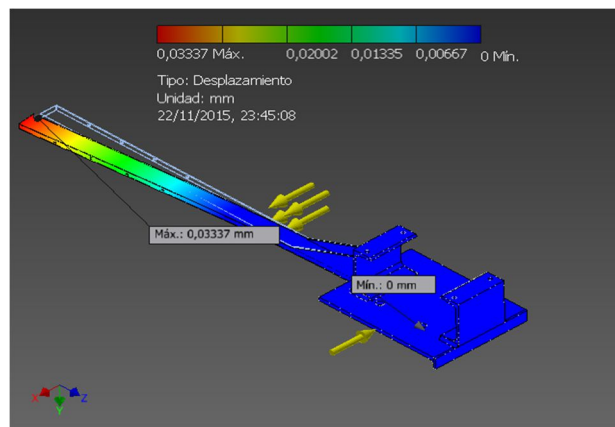


Grupo Investigador

Análisis de las Figura 3.31 Tensión de Von Mises, Figura 3.32 Primera Tensión, se basa al análisis mecánico del soporte de las base del aerogenerador que se idéntica las distorsiones de energía como resultado tenemos máx 0.7859 MPa (Von Mises)- 0.94.67 (tensión primera), min (0 Mises - 0.3493 T primera).

Se deberá conjeturar que las tensiones de distorsión anteriormente son mínimas y terminando con el estudio se diseña las partes mecánicas de prototipo.

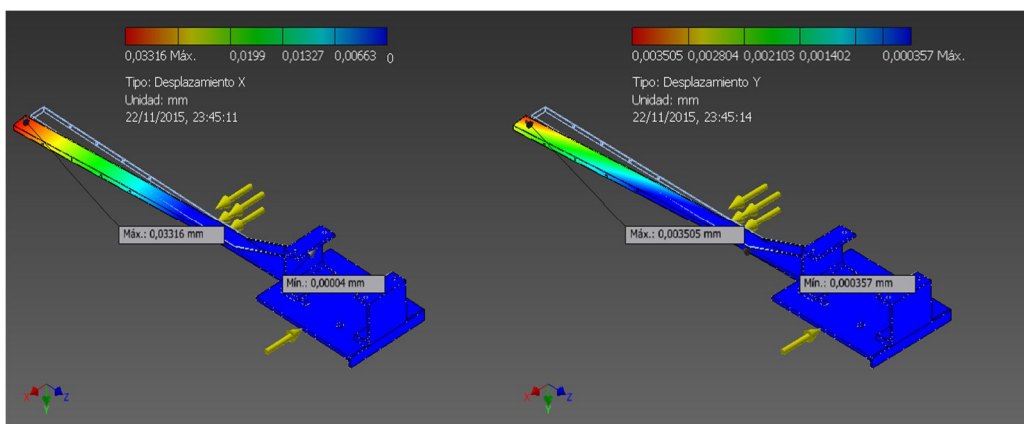
Figura 3. 33 Desplazamiento



Grupo Investigador

De acuerdo con el Figura 3.33, Desplazamiento de las partes analizadas. Se identificara la fuerza que se somete como resultado es el desfase (0.03337mm- 0.mm) \approx una milésima de mm que es apropiado para el diseño del soporte.

Figura 3. 34Desplazamiento x, y, z



Grupo Investigador

3.11 FABRICACIÓN DE LA VELETA

La estructura del aerogenerador eólico esta diseñada, secciones características peculiares, véase en la figura 3.4. Diseño, simulación Desplazamiento de la torre. Se consideró el criterio aerodinámico de mecánica de fluidos de los gases en movimiento y las fuerzas o reacciones a la que van a estar sometida nuestra veleta entonces concluimos la importancia de analizar aerodinámicamente nuestro modelo es bajo esta ley:

Que "la presión interna de un fluido (líquido o gas) decrece en la medida que la velocidad del fluido se incrementa", o dicho de otra forma "en un fluido en movimiento, la suma de la presión y la velocidad en un punto cualquiera permanece constante".

En la fabricación se utilizó un tubo rectangular de 50mm (h) x 30mm (b) Véase en anexos Plantilla del Soporte mástil características de los elementos, procedimientos una vez terminado este soporte se soldó en el extremo a la plancha base del aerogenerador. Véase a continuación en la figura 3.35 Se procederá al diseño de la veleta plasmada en una plantilla véase anexo.

Figura 3. 35 Armado de veleta



Grupo Investigador

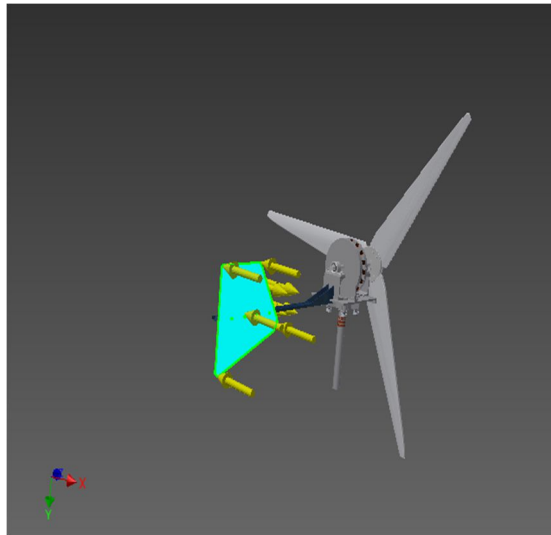
Tabla 3. 13 Materia de la veleta

	Policarbonato, claro	
General	Densidad de masa	1,2 g/cm ³
	Límite de elasticidad	62,01 MPa
	Resistencia máxima a tracción	68,9 MPa
Tensión	Módulo de Young	2,275 GPa

	Coefficiente de Poisson	0,38 su
	Módulo cortante	0,824275 GPa
Nombre(s) de pieza	Cola	

Grupo Investigador

Figura 3. 36 Selección de caras para la simulación



Grupo Investigador

Tabla 3. 14 Fuerza y pares de reacción en restricciones

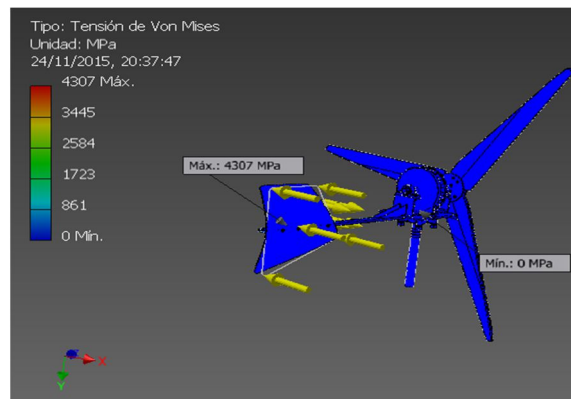
Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	8139370 N	-7458320 N	2484300 N m	-193686 N m
		169313 N		2401250 N m
		3254860 N		-606815 N m

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	13717500 mm ³	
Masa	61,0269 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	4306,69 MPa
Primera tensión principal	-801,621 MPa	7037,01 MPa
Tercera tensión principal	-4392,33 MPa	3124,42 MPa
Desplazamiento	0 mm	6,03275 mm
Coefficiente de seguridad	0,0480647 su	15 su
Tensión XY	-2046,65 MPa	2173,18 MPa
Primera deformación principal	-0,000191047 su	0,0255422 su

Deformación XY	-0,0126697 su	0,013453 su
Deformación XZ	-0,00484801 su	0,00755226 su
Presión de contacto	0 MPa	11495,6 MPa
Presión de contacto X	-10597,7 MPa	9805,35 MPa

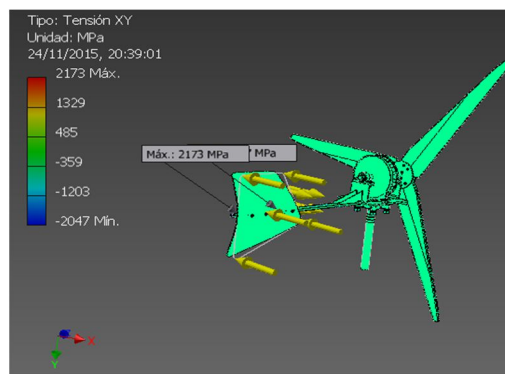
Grupo Investigador

Figura 3. 37 Tensión de Von Mises



Grupo Investigador

Figura 3. 38 Tensión XY



Grupo Investigador

Las figura 3.37, 3.38 concluimos que bajo la condición de torsión mecánica se deriva un valor apropiado para la aleta ya que se ejerció una presión derivada intrínsecamente puesta los valores se identifica en las fig.

3.11.1 Simulación Del Fuerza En Las Chumaceras de piso de 25.4mm

Se deberá seleccionar el elemento mecánico designado como es la chumacera de piso UCP 2005 la que procede bajo una norma estándar que consta de tal manera

de un soporte con rodamiento orientable a bolas de una hilera con una junta de retén estanca a ambos lados y por los diferentes tipos de soporte, el anillo externo del rodamiento a bolas está rectificadado en forma esférica al igual que el alojamiento del soporte para conseguir así un óptimo montaje que permita el autoalineamiento a continuación la interpretación de la simulación. (Véase en la tabla 3.16).

Tabla 3. 15 propiedades físicas presiones chumacera

Masa	13,7175 kg
Área	2831390 mm ²
Volumen	13717500 mm ³
Centro de gravedad	x=304,807 mm y=401,046 mm z=-39,1377 mm

Grupo Investigador

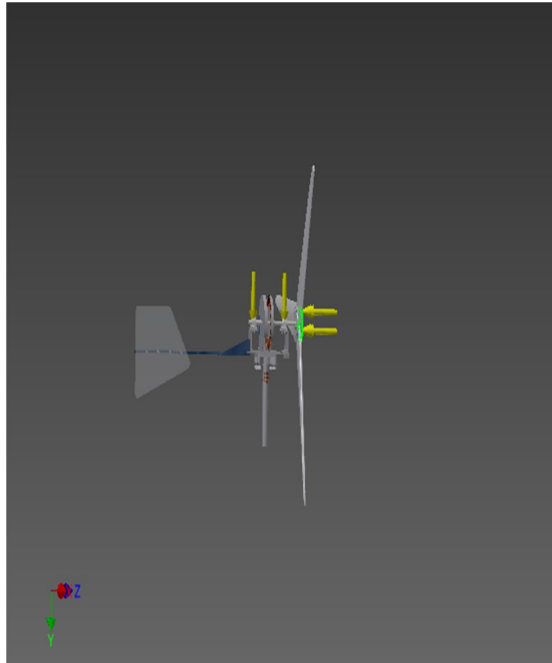
Tabla 3. 16 Material(es) chumacera

Nombre	Hierro, fundido	
General	Densidad de masa	7,25 g/cm ³
	Límite de elasticidad	758 MPa
	Resistencia máxima a tracción	884 MPa
Tensión	Módulo de Young	120,5 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	46,3462 GPa
Nombre(s) de pieza	chumacera de piso de 25.4 mm chumacera de piso de 25.4 mm Chumacera cuadrada	

tabla 3. 17 Presión: 1 Eje paralelo

Tipo de carga	Presión
Magnitud	100.000 MPa

Figura 3. 39 Cara(s) seleccionada fuerzas chumacera



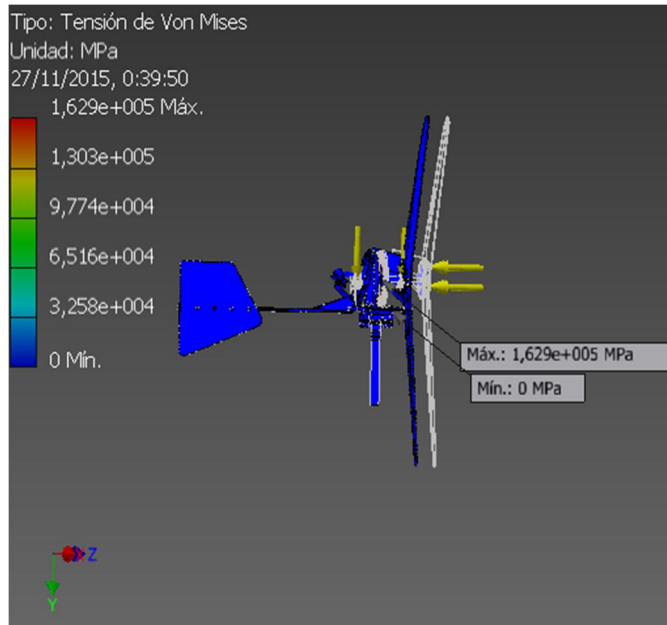
Grupo Investigador

Tabla 3. 18 Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	13717500 mm ³	
Masa	61,0273 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	162902 MPa
Primera tensión principal	-86112,7 MPa	117923 MPa
Desplazamiento	0 mm	266,866 mm
Coefficiente de seguridad	0,00127904 su	15 su
Tensión XX	-100481 MPa	51643,2 MPa
Desplazamiento X	-107,145 mm	0,391308 mm
Primera deformación principal	-0,0074666 su	0,640935 su
Presión de contacto X	-100034 MPa	79237,1 MPa

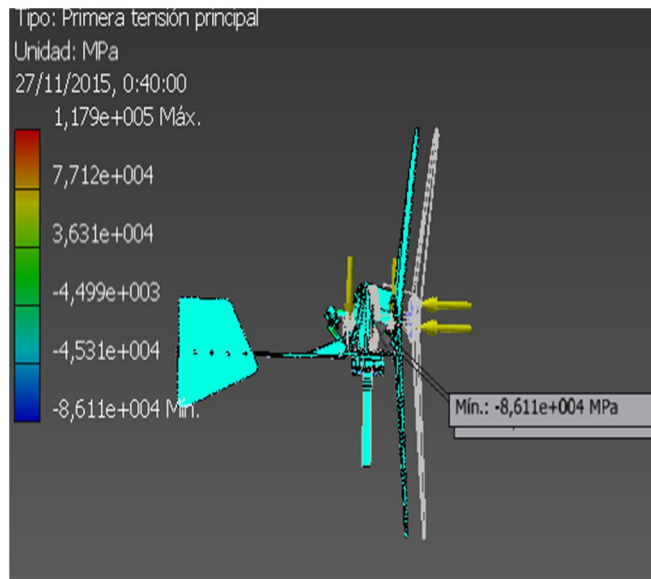
Grupo Investigador

Figura 3. 40 Tensión de Von Mises



Grupo Investigador

Figura 3. 41 Tensión Principal

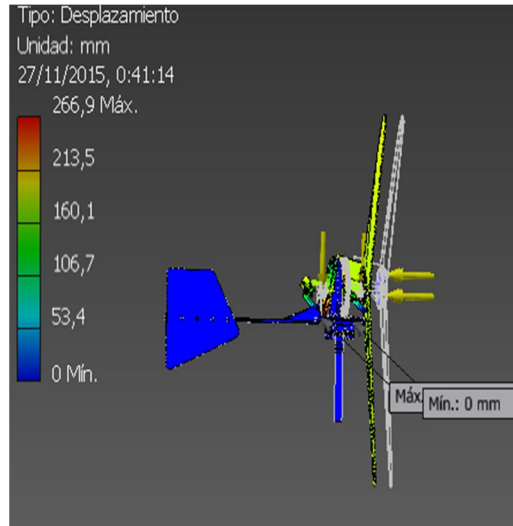


Grupo Investigador

En la gráfica 3.40, 3.41 se verifica la carga de tensión puntual que el máx 1.62×10^5 Pa de acuerdo al color de barras que se obtendrá, en la tensión principal hubo un incremento de tensión de 1.79×10^6 se identifica de acuerdo al color de

figura que finaliza que el índice mínimo de tensión $3.2 \times 10^5 \text{ Pa}$, la comparación de las dos fuerza hay un intervalo de $\pm 5\%$.

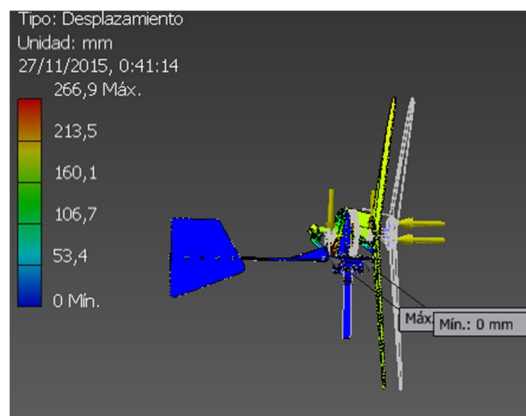
Figura 3. 42 Tensión Desplazamiento



Grupo Investigador

Simulando las tensiones de desplazamiento se conceptualiza los puntos ruptura de los elementos que son las UPN estas distorsionan al igual del eje por la presión ejercida de 226.9 mm significa que las uniones deberán empotrarse correctamente a la placa base. (Véase en la Figura 3.43)

Figura 3. 43Primera deformacion principal



Grupo Investigador

Se recomienda que en las deformaciones de la simulación se delimita un punto alto es de 0.64 ul; min de 0.0075 se llegara a tener un desfase de un milésima véase el rango en la figura 3.46

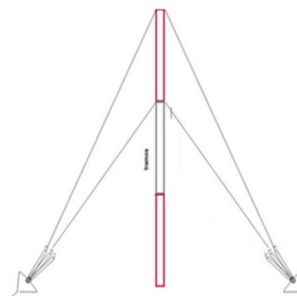
3.12 FIJACION ESTRUCTURA CABLES TENSORES

Bajo el criterio técnico se asignó el cable de acero galvanizado de 6mm (0.2362”) de diámetro de alta resistencia mecánica serán de cordón 1 x 19 + 0 Galvanizado (160 kg/mm², Véase en Anexos I Cables de acero galvanizado sección 15), Los cables de acero tienen muchas posibilidades que van desde un uso de seguridad, en líneas de vida, en barandas y redes, pequeñas estructuras, pasando por aplicaciones arquitectónicas.

Los tensores están ubicados en cada extremo de la torre cada uno de los tensores deberán estar tensados con la misma fuerza para que la torre no se incline al tensor que mayor fuerza ejerza, deberá estar a nivel la torre de celosía para mejor estabilidad evitando su deformación.

Cabe indicar que la torre tendrá 6 tensores (Véase Anexos G especificaciones de tensores) que se ubicarán tres tensores a los 5 metros de altura y los otros tres a los 9 metros de altura así tendremos la torre tensada en diferentes puntos evitando desgastes y fatigas a un solo punto. Como se muestra a continuación en la figura 3.44.

Figura 3. 44 Ubicación de tensores



Grupo Investigador

3.12.1 Anclajes de sujeción

Se tomó en cuenta las condiciones del suelo para la selección de los anclajes, el suelo es húmedo con diferentes tipos de tierras según la profundidad.

Seleccionamos 3 varillas (8mm) de 3 metros de longitud que se doblaron en forma de (U) quedando con una longitud de 1,5 metros, colocadas en las perforaciones con la profundidad igual al de las varillas, se procedió a tejer más varillas dentro de la perforación y colocamos concreto hasta dejar libre la superficie de la varilla, de esta manera tenemos una cimentación adecuada para este tipo de suelo. Como se muestra a continuación en la figura 3.45.

Figura 3. 45 Anclajes varilla de 8mm



Grupo Investigador

3.13 CIMENTACIÓN

La cimentación es el elemento de unión entre la torre y el terreno mediante una mezcla homogénea.

Se considera las Característica del Cemento Holcim Rocafuerte Tipo GU es un cemento hidráulico que se fabrica bajo la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2380. Esta norma establece los requisitos de desempeño que deben cumplir los cementos hidráulicos, compactación de estructuras y los clasifica de acuerdo a sus propiedades específicas.

* El efecto de las fuerzas que actúan es el mismo para todas las direcciones de viento. Con cimentaciones tejidas en las bases, se dan presiones en el terreno, las grandes cargas se distribuirán en los tres puntos de la torre.

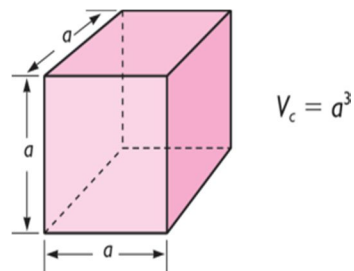
* La forma de la torre reduce considerablemente el volumen de hormigón. Además, permite usar encofrados de menor tamaño.

* Las cimentaciones están diseñada con forma cuadrada para evitar pérdidas de apoyo sobre el terreno con la profundidad apropiada.

* Se analiza desde un punto técnico de las perforaciones para la torre se determina de la siguiente manera que:

Analógicamente se tomara la profundidad de la perforación es decir que el cubo vacío que se identifica en la fig. 3.46 Se concluye que:

Figura 3. 46 Profundidad del area



$$V = (150)^3 = 337500 \text{ cm}^3$$

(Ecuación 11)

$$A = 6a^2 = 6(150)^2 = 13500 \text{ cm}^2$$

Fuente: N. LARBURU, MÁQUINAS PROTUARIO

Figura 3. 47 Armado de la cimentación



Grupo Investigador

3.14 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

3.14.1 Rectificador de corriente

El sistema básicamente estará orientado al control de voltaje y corriente que proporciona el inversor esto es bajo condiciones de 10-12 voltios continua que transformando tendremos 8 A de transición.

El rectificador es un circuito electrónico que transforma corriente alterna (CA) en corriente continua (CC), la rectificación para un aerogenerador debe ser de onda completa, tomando en cuenta los ciclos positivo y ciclos negativos de la onda sinusoidal a la salida en paralelo se coloca un condensador que es el encargado de filtrar o aplanar el rizado existente obteniendo como resultado una señal eléctrica de corriente continua cuya tensión no varía en el tiempo. Como se muestra a continuación en la figura 3.48:

Figura 3. 48Rectificador Puente



Fuente: <http://www.Intl-Tradin>

Especificaciones, véase en la tabla 3.7 especificaciones técnicas de acuerdo al fabricante.

Tabla 3. 19 Especificaciones Técnicas

Nombre del producto	3 fases puente rectificador
Condición	100% nuevo y de alta calidad
Modo	SQL 100 ^a
Corriente nominal	100 ^a

Eficiencia	98%
Color	Negro
Tensión de aislamiento	4000 V
Dimensiones	Aprox. 3.9x2.3x1.7 pulgadas (100x60x44mm)
Tipo	Puente rectificador
Frecuencia especialidad	Alta frecuencia
Diámetro de fijación	Aprox. 0.02 pulgadas/5mm
Potencia especialidad	De alta potencia
Tensión inversa máxima	1600 V
Pico de tensión directa	1600 V
Elemento de rectificación	Puente completo
Temperatura de trabajo	-40-160 grados
Material	Aluminio y cobre

Fuente: <http://www.Intl-Tradin>

Aplicaciones del inversor

- Suministro Eliminador
- Generación eólica
- Control automático industrial
- Numeral-controla la maquinaria, sistema de telecontrol

3.14.2 El controlador

Se tomara en consideraciones la elección de la tecnología del fabricante, por lo antes mencionado se selecciona este equipo que será el encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas profundas mediante la transformación de la energía ya rectificadas necesarias de 12-20 voltios continuos y el amperaje se obtiene de las doce bobinas de cable #21 (3Ø) ≈8 A.

Se deduce que el controlador solar ProStar (regulador de carga) de Morningstar es el líder mundial en controladores solares de mediano rango, ya sea para aplicaciones profesionales como para el consumidor en general. Esta segunda

generación de controladores ProStar ofrece bajo los criterios seleccionamos este equipo:

- Proporciona mayor vida útil a la batería y mejora el rendimiento del sistema
- Carga de baterías mediante PWM (sin derivación)
- Selección del tipo de batería: gel, sellada o con líquido
- Controles y medidas muy precisas
- Puente para eliminar el ruido de telecomunicaciones
- Paralelo para hasta 300 amp
- Compensación de temperatura

Especificaciones técnicas:

Prestaciones Opcionales del ProStar:

- Medidor digital
- Visor de tensión y voltaje de alta precisión
- Bajo consumo propio (1 mA)
- Incluye botón de desconexión manual
- Muestra 5 funciones de protección y de condiciones de desconexión
- El auto-diagnóstico (auto-test) provee una prueba completa del ProStar: Muestra 9 diferentes parámetros de estado del controlador, incluyendo la temperatura Muestra las fallas detectadas
- Positivo a Tierra
- Sensor remoto de temperatura

Carga de la batería optimizada: El ProStar tiene 4 etapas de carga de batería, para proporcionar una mayor capacidad y tiempo de vida útil a la batería. Véase la figura 3.49.

Figura 3. 49 Controlador de carga.



Fuente: <http://WWW.MORNINGSTARcorporation>

3.14.3 Inversor CD-CA Onda Sinusoidal Pura

Se discernirá que la potencia obtenida es 500 vatios del aerogenerador (12 VCD-120 VCA) entonces se optó por asignar este equipo que consta de circuitos electrónicos con el propósito que el flujo de la corriente continua cambie de dirección de forma periódica haciéndola similar a la corriente alterna. El inversor además emplea una serie de filtros para hacer que estos cambios de dirección sean suaves y regulares de forma que la energía eléctrica resultante puede ser usada en la mayoría de dispositivos eléctricos domésticos. Véase la figura 3.50 Modelo PST-1500 vatios -12 12 VCD- 120 VCA

Figura 3. 50 Inversor CD-CA Onda Sinusoidal Pura



Fuente: <http://www.samlexamerica.com>

Características del Diseño

- Alta eficiencia

- Se puede cablear - Aire forzado
- Reduce el consumo de energía - Baja interferencia
- Amplio rango de funcionamiento de CD de entrada: 10.7 - 16.5 VCD / 21.4 – 33.0 vcd
- Diseño adecuado para cargas de uso rudo por largos periodos de funcionamiento continuo y para respaldo de emergencia CPU
- Circuito de Protección Universal: bajo voltaje, alto voltaje, sobre temperatura, sobrecarga y corto circuito
- Bajo consumo de energía en reposo
- Doble toma de corriente protegida con GFCI
- Control remoto con cable opcional (se vende por separado): Modelo RC-200 - Certificado de seguridad con los estándares

3.14.4 Acumulador o Batería

Es el dispositivo que contiene varias celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en energía eléctrica mediante un proceso de transducción. Bajo las condiciones de trabajo se asignó la batería (ciclo profundo) de 85 AH:

Tendremos 8 horas de consumo de energía x 8.40A (diámetro del calibre #21), donde se relaciona de la siguiente manera: $8H \times 8.40 A = 67.20 AH$ de debe asignar la batería $\cong 85 AH$ Durante el día 12 H consumo

$67.20 AH \div 8.4 A = 8.0 H$ almacene la energía (Ecu 12)

Figura 3. 51 Batería



Fuente: <http://www.ultracell.co.uk/>

Para producir energía eléctrica se necesita la transferencia de electrones. Dicha transferencia de electrones puede ser aprovechada para generar una corriente eléctrica. Un dispositivo construido para hacer justamente esto se llama acumulador o batería. Véase la figura 3.51 Batería 85 AH/ 10 HR, (Véase en tabla 3.20 Especificaciones de acuerdo al fabricante):

Tabla 3. 20 Especificaciones de acuerdo al fabricante

Specifications		
	Normal Voltage	12V
	Normal Capacity (20HR)	85.0AH
Terminal Type	Standard Terminal	F6
	Optional Terminal	•
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS(UL94:VO)
Rated Capacity	85.0 AH/4.25A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	78.0 AH/7.80A	(10hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	68.0 AH/13.6A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	59.1 AH/19.7A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	46.8 AH/46.8A	(1hr, 1.67V/cell, 25°C / 77°F)
Max Discharge Current	850A (5s)	
Internal Resistance	Approx 6.0mΩ	

Fuente: <http://www.ultracell.co.uk/>

3.15 IMPLMANTACION Y FUNCIONAMIENTO DEL AEROGENERADOR

Una vez especificado y analizado los materiales utilizados dentro de la fabricación del aerogenerador se proceden a su implementación en el sitio y a su

funcionamiento para que genere electricidad y los beneficiarios puedan servir con este servicio básico

Figura 3. 52 Aerogenerador implementado

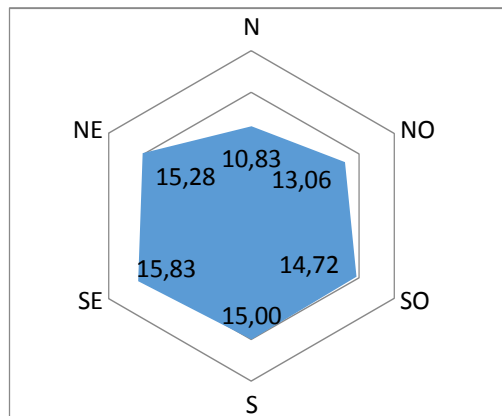


Grupo Investigador

3.16 Dirección del viento en el sector

De acuerdo a cada uno de los datos que nos brinda la estación meteorológica ubicada en el Páramo, nos indica que el viento de este sitio tiene una dirección de Noroeste a Norte hacia el Sur y en su mayoría hacia el Sureste, demostrando la Fuerza Coriolis, tal como se puede apreciar en la siguiente gráfico 4.53 con esto daremos el direccionamiento al prototipo donde existe la dirección de la corriente del viento.

Figura 3. 53 Dirección del viento



Grupo Investigador

3.17 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

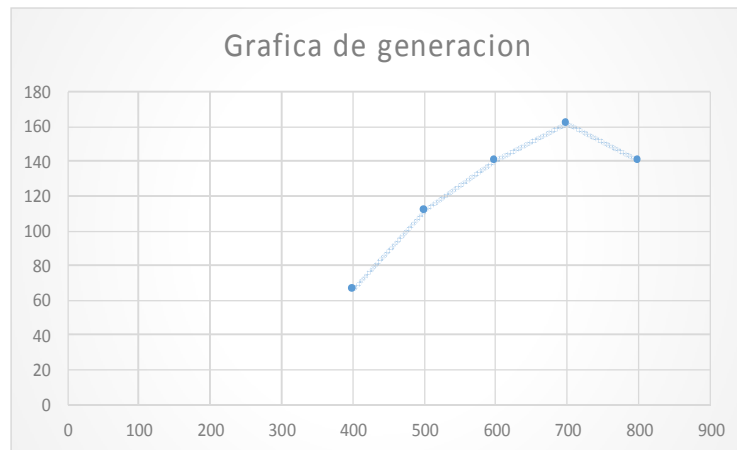
Se somete a la parte mecánica del aerogenerador a pruebas tomando datos con un tacómetro marca EXTECH 461895 teniendo velocidades mínimas de 400 rpm y máximas de 700 rpm como su velocidad máxima de giro al sobrepasar esta velocidad de giro existirá una baja de carga. Como se muestra en la tabla 3.21

Tabla 3. 21 Pruebas de funcionamiento

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO AEROGENERADOR				
DATOS	RPM	V	A	W
1	400	11	6	66
2	500	14	8	112
3	600	16.5	8.5	140
4	700	18	9	162
5	800	16.5	8.5	140

Fuente: Grupo Investigador

Grafica 3. 1 RPM VS potencia generada



Fuente: Grupo Investigador

El prototipo cumplirá con el abastecimiento de energía eléctrica a la vivienda, concluyendo que a velocidades de 400 rpm el aerogenerador cargara satisfactoriamente el sistema y suministra energía que se acumulara en el transcurso del día para ser utilizado por la vivienda.

1.8 MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DEL AEROGENERADOR

Tabla 3. 22 Partes del aerogenerador

PARTES DEL AEROGENERADOR		
ETAPA	CANTIDAD	DESCRIPCION
CIMENTACIÓN	1	Quintal de varilla
	3	Sacos de semento
	12	Sacos de arena
	12	Sacos de ripio
	12	Carretillas de piedra
	2	Sacos de acelerante
TORRE	8	Tubo rectangular 3mm
	1	Galvanizado de 4 metros
	1	Horquilla 210
	1	Funda de electrodos 6011
TENSORES Y ANCLAJES	3	Bloques de anclajes
	6	Reguladores de tension
	80	Metros de cable tensor
	1	varrilla de anclaje 1.80
ROTOR	1	Bosin con plancha circular de 30mm
	2	Pricioneros
	16	Imanes de neodimio
	2	Litros de resina
	1	Platina
ESTATOR	12	Bobinas de cable AWG 21
	1	Molde ubicar bobinados
	1	Fibra de vidrio
	1	Litro de resina recubrimiento bobina
	6	Metros de cable fexible numero 10
ALABES	2	Bridas para sujecion
	9	Pernos de acero inoxidable 7/8
	3	Alabes d
	1	Eje de acero inoxidable de 2.54 cm
VELETA	3	Pernos de acero inoxidable
	1	Veleta de acrilico
	1	Tubo de acerco rectangular

Grupo Investigador

3.19 PRESUPUESTO GENERAL

Tabla 3. 23 Costos de Aerogenerador

COSTOS DIRECTOS			
RECURSOS DE CONSTRUCCIÓN			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Tensores	6	10	60
Torre Aerogenerador	1	250	200
Anclajes	4	10	40
Aspas aerogenerador	3	90	270
Imanes de neodimio	16	15	240
Baterías acumuladoras	1	250	250
Rotor	1	80	80
UPN	2	15	30
Estator	1	90	90
Pernos, tuercas, etc.	5	10	50
Veleta	1	30	30
Horquilla	3	20	60
Eje principal	1	30	30
Plancha de acero	1	40	40
Eje secundario	1	25	25
Rectificador de corriente	1	24	24
Regulador de voltaje	1	50	50
Inversor de corriente	1	200	200
		Total	1769

Grupo Investigador

Tabla 3. 24 Recursos de computación

RECURSOS DE COMPUTACIÓN			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Impresiones	800	0,5	48,00
Copias	400	0,03	12,00
Anillados	6	2,00	12,00
		TOTAL	34

Grupo Investigador

Determinamos que la implementación de un aerogenerador de viento turbulento es factible en el lugar por costos para generación eléctrica en comparación a una red de distribución además en el sector poseemos las condiciones apropiadas para este tipo de generación alternativa.

CONCLUSIONES

- Se diseñó, fabricó, implementó y evaluó un sistema de generación eólica con una potencia de 140 w para satisfacer la demanda eléctrica, de 200w/día de una vivienda rural en el sector de Pansachi.
- El sistema de generación eólica se diseñó para un régimen de trabajo operación turbulenta, debido a las altas velocidades del viento (18 m/s), predominante en la zona y a la orografía del terreno.
- Las pruebas de simulación de las diferentes partes y componentes del Sistema de generación, realizadas utilizando el paquete de programa AutoDesk Inventor Profesional, demostraron que no existe riesgo de ruptura o deformación del sistema y el mismo es capaz de soportar fuerza de hasta 147 N.
- El coste total del sistema de generación eólica implementado es de 1769\$, aproximadamente 42 veces menor que el coste, de implementación (74.000\$)de una red eléctrica de distribución hasta el sector de Pansachi, lo que demuestra la viabilidad económica del proyecto

RECOMENDACIONES

- Para la implementación se debe dimensionar el aerogenerador mediante estudios y equipos apropiados de medición, se debe conocer las características técnicas de los elementos de control debido a que cada sector de estudio tiene diferentes condiciones climáticas que afectará de diferente manera al prototipo.
- Realizar inspecciones continuas de los aerogeneradores en el sector, teniendo en cuenta que pueden existir impactos de aves contra los alabes, obstrucción de plantas ramas que por el viento o lluvias pueden llegar a disminuir el giro y por ende la potencia de la máquina.
- En próximos estudios se debe realizar estudios catódicos de la estructura y mejorar su recubrimiento para que no exista desprendimiento del material protector teniendo mayor durabilidad que sean capaces de tener un periodo de vida útil más extenso.
- Hacer un seguimiento con los sectores sociales, con la finalidad que los estudiantes universitarios pongan en práctica los conocimientos adquiridos en las aulas universitarias en beneficio de los sectores más vulnerables de la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía citada

1. CHAFLA YAMBAY E. X, SANDOVAL, VIZUETE P. N (2011). Estudio, Diseño E Implementación De Un Prototipo Para La Generación De Energía Eléctrica A Partir De La Energía Eólica Para Su Aprovechamiento En Viviendas De La Comunidad De Apagua Provincia De Cotopaxi”,
2. DE JUANA José. (2009). Energías renovables para el desarrollo, Tercera edición, Thomson editores spain, Madrid, España.
3. ESCUDERO LÓPEZ J. M. (2003) Manual de energía eólica, segunda edición, Mundi prensa, Madrid.
4. ENDARA LEMA, L. D. (2011), Construcción de un aerogenerador eólico de bajas revoluciones por minuto para una vivienda rural, ubicada en el sector de Pansache el Morro, perteneciente a la parroquia Mulaló del Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi. Ingeniería Electromecánica.
5. FRANQUESA T., SUREDA J, (2007) Conocimientos básicos en educación ambiental, Segunda edición, Editorial GRAO, de IRIF, S.L, Estados Unidos.
6. LUNA Edison. (2008). Tesis de grado. Estudios de Tipos de viento, Guayaquil: Ecuador.

Bibliografía consultada

1. BENAVENT GARCÍA J. M, Abellán García A, Figueres Amorós E, Electrónica
2. CRESPO MARTÍNEZ A, (1995). Energía Renovable para el desarrollo Eólica.
3. Equipo Inieco, (2011). Programación, organización y supervisión del aprovisionamiento y montaje de instalaciones de energía eólica.
4. GONZALES R. (2010). Fundamentos de energía eléctrica.
5. MALONEY J. (2006). Electrónica industrial moderna.
6. MARTIN J C, García M P, (2009) Automatismos Industriales.
7. MARTIN J. C, Garcia. P, (2009). Automatismos Industriales.

8. MÉNDEZ MUÑIZ J, RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, L. M. (2005). Energía Eólica. España.
9. QUINTERO RAMÍREZ R. S, SIZA G. E, (2009). Diseño, Simulación y construcción de un prototipo de Aero generación de eje horizontal.
10. SARDÓN José M^a de Juana. (2009). Energía Renovable para el desarrollo Eólica.
11. VILLARRUBIA Miguel. (2004). Energía Eólica.

Linkografía

Tipos de vientos; <http://www.euskalmet.euskadi.net/s075915/es>

Sistemas eólicos; <http://webs.uvigo.es/carrillo/publicaciones/Tesis.pdf>

Bancos de baterías; <http://subestacionesdedistribucion.blogspot.com/2012/10/-de-baterias.html>

Tipos de baterías; <http://www.renobat.eu/es/comunicacion/articulos/130-principales-tipos-de-baterias-en-el-mercado>

Propiedades de los materiales; <http://blog.utp.edu.co/metalografia/2012/07/31/2-propiedades-mecanicas-de-los-materiales/>

Fatiga de los materiales; <http://fisica.laguia2000.com/fisica-mecanica/fatiga-de-materiales>

Resistencia de materiales <http://wtfiberglass.en.alibaba.com/prod610180/Fiberglas>

Característica de la fibra de vidrio; <http://www.maquinariapro.com/material/fibra-de-vidrio.html>

Productos de fibra de vidrio; <http://www.ratsa.com/catalogo.php?linea=5>

Energías alternativas; <http://WWW.MORNINGSTARcorporation>

Inversor de corriente; <http://www.samlexamerica.com>

Batería de ciclo profundo; <http://www.ultracell.co.uk/>

Energía eólica; <http://www.gamesacorp.com/es/gamesa/energia-eolica/funcionamiento-parque-eolico.html>

Atlas eólico del ecuador; <http://www.energia.gob.ec/biblioteca/>

Regulador PWM; <http://electronicaraya.com/?q=catalogo/322>

Tipos de soldaduras para estructuras metálicas con acero suave;
http://www.aluminium-brazing.com/nocolok/soldaduras_de_aluminio.php?gclid=CPb88vyNxckCFY0XHwodI5MGYA

Rectificador de corriente; http://www.proveepoder.com.mx/11_cotek

Tensores;
<http://www.aditivosespeciales.com.pe/application/webroot/imgs/catalogo>.

Área del cubo: <http://www.maquinariapro.com/materiales/fibra-de-vidrio.html>

Regulador de carga. <http://www.morningstarcorporation>

Batería: <http://www.ultracell.co.uk/>

GLOSARIO DE TERMINOS

A

Acantilado: Un acantilado es un accidente geográfico que consiste en una pendiente o vertical abrupta

Acoplamientos: Es la cantidad de relaciones que se establecen entre los módulos de un programa.

Aerogenerador: Es un generador eléctrico movido por una turbina accionada por el viento que transforma la energía cinética del viento en energía mecánica del aerogenerador producción electricidad.

Anemómetro: Instrumento para medir la velocidad de circulación de un fluido gaseoso, en especial del viento.

C

Celosía: Estructura de barras o listones que se cruzan en diagonal y que se coloca para separar espacios con la misma finalidad

D

Densidad: Relación entre la masa y el volumen de una sustancia, o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual de otra sustancia.

Deflexiones: Hace referencia a la "desviación de la dirección de una corriente". De un modo específico, el término deflexión se utiliza en física, análisis estructural, botánico, automovilístico y armamentística para describir cuatro fenómenos diferentes.

E

Energía cinética: es aquella energía que posee debido a su movimiento. Se define como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa determinada desde el reposo hasta la velocidad indicada.

Energía mecánica: Es la energía que se debe a la posición y al movimiento de un cuerpo, por lo tanto, es la suma de las energías potencial y cinética de un sistema mecánico. Expresa la capacidad que poseen los cuerpos con masa de efectuar un trabajo.

Energía renovable: Energía que utiliza los recursos inagotables de la naturaleza, como la biomasa, las radiaciones solares o el viento.

F

Fibra de vidrio: Material que soporta climas calientes como fríos sin cambios

Fluctuaciones: Cambio alterativo, oscilación.

Flujo: Movimiento de un fluido o gas por un lugar.

I

Ingeniería: Es el conjunto de conocimientos y técnicas, científicas aplicadas al desarrollo, implementación, mantenimiento y perfeccionamiento de estructuras (tanto físicas como teóricas) para la resolución de problemas que afectan la actividad cotidiana de la sociedad.

Innovador: Se centra en la naturaleza de la contribución que se hace sobre un tema, una contribución que es nueva, novedosa, interesante, con posibilidades.

Interactivo: Que permite una interacción, a modo de diálogo, entre la máquina y el usuario.

M

Multímetro: es un instrumento electrónico de medida que combina varias funciones en una sola unidad. Las más comunes son las de voltímetro, amperímetro y óhmetro.

P

Partículas: Término genérico que se usa para designar la mezcla de partículas sólidas y pequeñas gotas de líquidos suspendidas en el aire.

Potencia: es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el vatio.

Prototipo: Primer ejemplar que se fabrica de una máquina, un invento, y que sirve de modelo para fabricar para otros iguales.

R

Recopilación: Proceso de recabar información para posibilitar el cálculo de indicadores que ayuden en un investigación.

Resistencia de material: Es el estudio de las propiedades de los cuerpos sólidos que les permite resistir la acción de las fuerzas externas, el estudio de las fuerzas internas en los cuerpos y de las deformaciones ocasionadas por las fuerzas.

Rugosidad: es el conjunto de irregularidades que posee una superficie.

T

Tacómetro: Instrumento para medir la velocidad de rotación de un mecanismo de la máquina al que va acoplado; generalmente, indica la velocidad en revoluciones por minuto.

Turbulencia: Alteración de la tranquilidad, de la paz, del orden o del desarrollo normal de un líquido o gas.

ANEXOS

Anexo A

Tablas de estudio de velocidades del viento mes Enero

ENERO						
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	TEMPERATURA MEDIA °C	VELOCIDAD MAXIMA m/s	VELOCIDAD MINIMA m/s	VELOCIDAD MEDIA m/s
2015-03-01	11	20	15.5	7.78	1.11	4.445
2015-03-02	10	19	14.5	4.61	1.2	2.905
2015-03-03	11	15	13	7.22	1.11	4.165
2015-03-04	12	18	15	7.17	1.23	4.2
2015-03-05	11	19	15	5.33	1.41	3.37
2015-03-06	8	17	12.5	6.61	1.11	3.86
2015-03-07	11	18	14.5	7.68	2.16	4.92
2015-03-08	12	17	14.5	7.72	1.9	4.81
2015-03-09	10	18	14	8.94	2.15	5.545
2015-03-10	11	19	15	7.01	1.68	4.345
2015-03-11	12	20	16	8.01	1.13	4.57
2015-03-12	10	19	14.5	7.95	2.09	5.02
2015-03-13	11	18	14.5	7.35	1.98	4.665
2015-03-14	9	22	15.5	6.58	2.22	4.4
2015-03-15	11	18	14.5	6.33	1.67	4
2015-03-16	10	19	14.5	5.78	1.94	3.86
2015-03-17	11	17	14	5.72	2.59	4.155
2015-03-18	10	15	12.5	4.88	1.11	2.995
2015-03-19	10	18	14	7.67	1.94	4.805
2015-03-20	10	16	13	3.45	1.11	2.28
2015-03-21	9	20	14.5	8.61	2.89	5.75
2015-03-22	11	18	14.5	6.39	2.05	4.22
2015-03-23	9	21	15	8.33	2.7	5.515
2015-03-24	11	21	16	7.98	1.91	4.945
2015-03-25	11	19	15	6.7	2.78	4.74
2015-03-26	10	24	17	4.97	1.66	3.315
2015-03-27	10	18	14	7.81	2.9	5.355
2015-03-28	9	18	13.5	6.06	2.45	4.255
2015-03-29	11	16	13.5	4.94	2.61	3.775
2015-03-30	9	19	14	6.46	2.23	4.345
2015-03-31	11	18	14.5	6.07	1.95	4.01
PROMEDIO	10	18	14	6	2	4

Fuente: Grupo investigador

Tablas de estudio de velocidades del viento mes Febrero.

FEBRERO						
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	TEMPERATURA MEDIA °C	VELOCIDAD MAXIMA m/s	VELOCIDAD MINIMA m/s	VELOCIDAD MEDIA m/s
2015-03-01	9	21	15	7.12	1.15	4.135
2015-03-02	10	24	17	4.61	0.88	2.745
2015-03-03	11	22	16.5	5.22	1.35	3.285
2015-03-04	12	20	16	7.12	1.78	4.45
2015-03-05	11	19	15	6.12	0.98	3.55
2015-03-06	9	18	13.5	7.61	1.11	4.36
2015-03-07	11	20	15.5	7.72	2.06	4.89
2015-03-08	10	18	14	7.35	1.88	4.615
2015-03-09	10	19	14.5	8.34	2.15	5.245
2015-03-10	12	20	16	7.46	1.75	4.605
2015-03-11	11	21	16	8.22	2.17	5.195
2015-03-12	10	20	15	7.95	1.98	4.965
2015-03-13	10	18	14	6.34	2.25	4.295
2015-03-14	11	19	15	6.46	2.22	4.34
2015-03-15	11	20	15.5	6.33	1.67	4
2015-03-16	10	22	16	5.36	1.94	3.65
2015-03-17	11	19	15	8.05	2.54	5.295
2015-03-18	8	22	15	4.25	1.11	2.68
2015-03-19	10	18	14	5.79	1.94	3.865
2015-03-20	10	23	16.5	3.98	1.35	2.665
2015-03-21	8	20	14	6.65	2.65	4.65
2015-03-22	11	21	16	6.39	2.15	4.27
2015-03-23	7	22	14.5	7.54	1.61	4.575
2015-03-24	11	21	16	6.35	2.45	4.4
2015-03-25	11	19	15	5.78	1.89	3.835
2015-03-26	10	22	16	6.68	1.95	4.315
2015-03-27	10	18	14	7.58	2.86	5.22
2015-03-28	9	19	14	7.24	2.55	4.895
PROMEDIO	10	19	14	6	2	4

Fuente: Grupo investigador

Tablas de estudio de velocidades del viento mes Marzo.

MARZO						
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	TEMPERATURA MEDIA °C	VELOCIDAD MAXIMA m/s	VELOCIDAD MINIMA m/s	VELOCIDAD MEDIA m/s
2015-03-01	11	21	16	5.78	1.11	3.445
2015-03-02	10	20	15	6.61	1.67	4.14
2015-03-03	8	15	11.5	7.22	2.15	4.685
2015-03-04	12	19	15.5	9.17	1.11	5.14
2015-03-05	11	19	15	8.33	0.98	4.655
2015-03-06	9	18	13.5	7.61	1.11	4.36
2015-03-07	11	19	15	8.72	2.98	5.85
2015-03-08	10	18	14	9.72	3.68	6.7
2015-03-09	10	18	14	9.13	4.17	6.65
2015-03-10	12	20	16	8.15	3.61	5.88
2015-03-11	11	20	15.5	7.48	3.87	5.675
2015-03-12	10	20	15	6.15	4.17	5.16
2015-03-13	11	18	14.5	8.61	3.06	5.835
2015-03-14	11	22	16.5	7.45	2.22	4.835
2015-03-15	11	18	14.5	8.33	1.67	5
2015-03-16	10	18	14	6.78	1.94	4.36
2015-03-17	11	19	15	9.72	2.5	6.11
2015-03-18	8	15	11.5	5.28	1.11	3.195
2015-03-19	10	18	14	7.78	1.94	4.86
2015-03-20	10	16	13	6.73	1.11	3.92
2015-03-21	8	20	14	8.61	3.89	6.25
2015-03-22	11	18	14.5	6.39	3.89	5.14
2015-03-23	7	21	14	9.33	3.61	6.47
2015-03-24	11	21	16	7.45	3.89	5.67
2015-03-25	11	19	15	8.89	3.89	6.39
2015-03-26	10	24	17	9.14	3.89	6.515
2015-03-27	10	18	14	8.96	3.89	6.425
2015-03-28	9	18	13.5	8.06	3.89	5.975
2015-03-29	11	16	13.5	7.94	3.61	5.775
2015-03-30	9	19	14	8.06	3.33	5.695
2015-03-31	11	18	14.5	9.08	3.89	6.485
PROMEDIO	10	18	14	8	3	5

Fuente: Grupo investigador

Tablas de estudio de velocidades del viento mes Abril.

ABRIL						
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	TEMPERATURA MEDIA °C	VELOCIDAD MAXIMA m/s	VELOCIDAD MINIMA m/s	VELOCIDAD MEDIA m/s
2015-04-01	11	18	14.5	9.68	2.01	5.845
2015-04-02	10	17	13.5	9.50	2.65	6.075
2015-04-03	10	19	14.5	8.64	1.98	5.31
2015-04-04	8	16	12	10.45	1.79	6.12
2015-04-05	11	19	15	9	2.07	5.535
2015-04-06	10	17	13.5	8.15	2.56	5.355
2015-04-07	11	18	14.5	10.65	2.65	6.65
2015-04-08	9	18	13.5	11.38	1.87	6.625
2015-04-09	9	19	14	12.45	3.67	8.06
2015-04-10	10	20	15	13.98	3.69	8.835
2015-04-11	11	19	15	13.89	4.09	8.99
2015-04-12	9	20	14.5	12.56	3.89	8.225
2015-04-13	11	18	14.5	13.65	3.16	8.405
2015-04-14	8	16	12	10.70	3.21	6.955
2015-04-15	9	19	14	9.56	3.02	6.29
2015-04-16	10	16	13	8.76	3.18	5.97
2015-04-17	11	18	14.5	8.06	2.55	5.305
2015-04-18	10	19	14.5	9.45	2.34	5.895
2015-04-19	8	17	12.5	8.98	3.64	6.31
2015-04-20	9	19	14	10.58	3.02	6.8
2015-04-21	9	16	12.5	11.34	2.92	7.13
2015-04-22	10	15	12.5	10.94	3.16	7.05
2015-04-23	11	18	14.5	12.5	3.65	8.075
2015-04-24	9	17	13	11.23	3.67	7.45
2015-04-25	11	18	14.5	13.06	3.34	8.2
2015-04-26	8	16	12	11.12	2.94	7.03
2015-04-27	9	19	14	13.25	3.78	8.515
2015-04-28	8	19	13.5	12.17	3.25	7.71
2015-04-29	9	18	13.5	13.06	2.87	7.965
2015-04-30	8	20	14	11.24	3.17	7.205
PROMEDIO	9	17	13	10	3	7

Fuente: Grupo investigador

Tablas de estudio de velocidades del viento mes Mayo.

MAYO						
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	TEMPERATURA MEDIA °C	VELOCIDAD MAXIMA m/s	VELOCIDAD MINIMA m/s	VELOCIDAD MEDIA m/s
2015-05-01	9	19	14	10.15	4.04	7.095
2015-05-02	7	18	12.5	11.95	3.98	7.965
2015-05-03	8	19	13.5	10.04	3.52	6.78
2015-05-04	6	18	12	9.33	2.98	6.155
2015-05-05	9	17	13	13.45	4.28	8.865
2015-05-06	8	15	11.5	14.67	3.04	8.855
2015-05-07	7	13	10	8.90	2.67	5.785
2015-05-08	8	18	13	14.17	3.55	8.86
2015-05-09	9	19	14	15.78	3.46	9.62
2015-05-10	7	16	11.5	14.67	2.48	8.575
2015-05-11	9	17	13	14.56	3.95	9.255
2015-05-12	10	18	14	13.06	2.88	7.97
2015-05-13	9	16	12.5	14.56	3.67	9.115
2015-05-14	8	19	13.5	12.5	2.89	7.695
2015-05-15	5	18	11.5	11.46	3.88	7.67
2015-05-16	7	19	13	11.97	3.48	7.725
2015-05-17	8	16	12	12.98	3.91	8.445
2015-05-18	6	18	12	13.36	2.99	8.175
2015-05-19	8	19	13.5	12.23	3.01	7.62
2015-05-20	6	17	11.5	13.24	3.95	8.595
2015-05-21	7	18	12.5	11.44	2.98	7.21
2015-05-22	10	17	13.5	13.03	2.45	7.74
2015-05-23	7	17	12	11.45	2.15	6.8
2015-05-24	7	16	11.5	10	3.16	6.58
2015-05-25	9	17	13	9.89	3.56	6.725
2015-05-26	8	15	11.5	11.89	2.46	7.175
2015-05-27	8	18	13	11.41	3.89	7.65
2015-05-28	9	14	11.5	9.69	3.00	6.345
2015-05-29	8	18	13	10.65	3.66	7.155
2015-05-30	6	17	11.5	11.15	3.88	7.515
2015-05-31	7	16	11.5	12.32	3.15	7.735
PROMEDIO	8	17	12	12	3	8

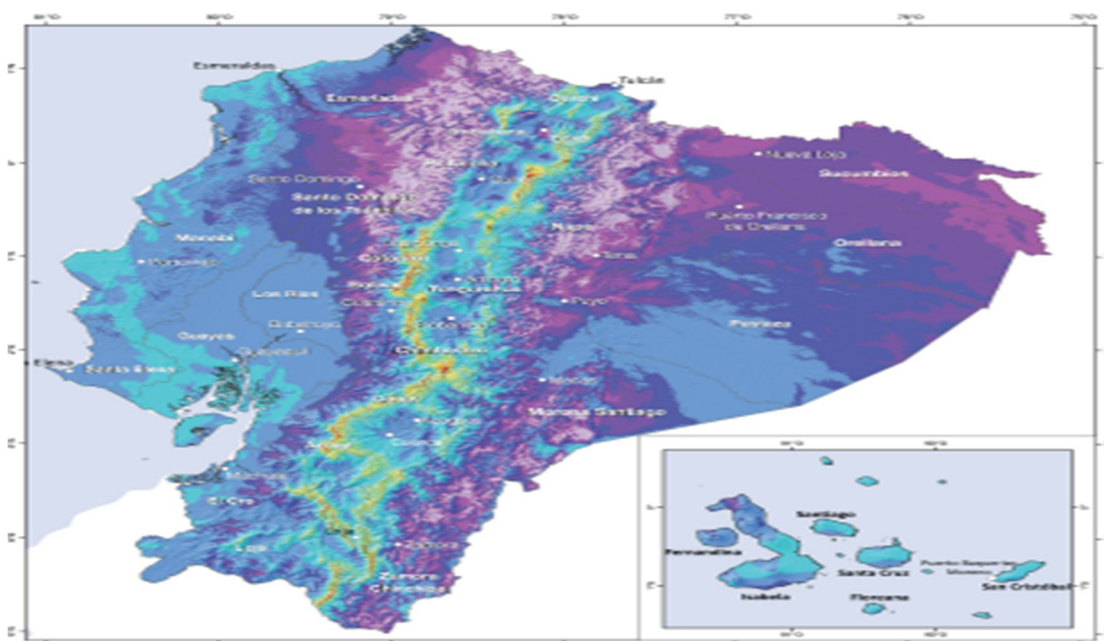
Fuente: Grupo investigador

Tablas de estudio de velocidades del viento mes Junio.

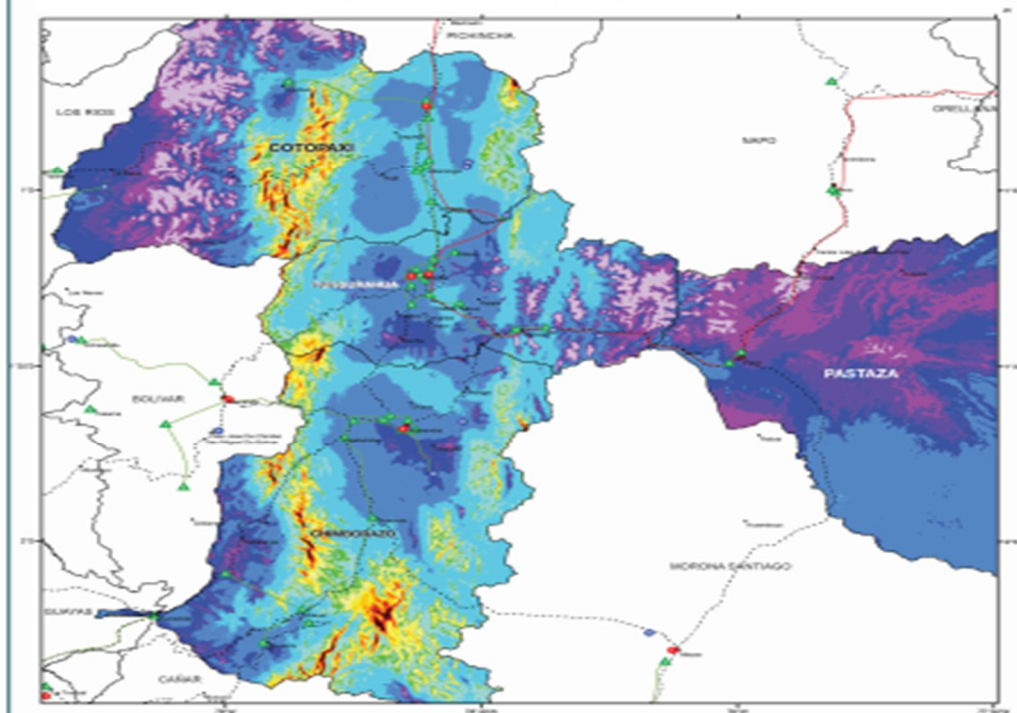
JUNIO						
FECHA	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	TEMPERATURA MEDIA °C	VELOCIDAD MAXIMA m/s	VELOCIDAD MINIMA m/s	VELOCIDAD MEDIA m/s
2015-06-01	8	18	13	12.15	4.04	8.095
2015-05-02	5	17	11	11.95	3.98	7.965
2015-05-03	6	16	11	10.04	3.52	6.78
2015-05-04	6	15	10.5	11.33	3.98	7.655
2015-05-05	10	18	14	13.45	4.28	8.865
2015-05-06	5	19	12	14.67	3.04	8.855
2015-05-07	8	14	11	12.34	4.67	8.505
2015-05-08	6	15	10.5	13.25	3.55	8.4
2015-05-09	7	16	11.5	11.45	3.46	7.455
2015-05-10	8	18	13	12.24	4.02	8.13
2015-05-11	9	17	13	12.87	3.95	8.41
2015-05-12	7	18	12.5	11.12	3.56	7.34
2015-05-13	9	19	14	12.68	4.68	8.68
2015-05-14	8	16	12	14.65	3.89	9.27
2015-05-15	8	18	13	13.54	3.56	8.55
2015-05-16	7	15	11	11.97	4.34	8.155
2015-05-17	5	18	11.5	12.98	3.91	8.445
2015-05-18	8	14	11	13.36	3.54	8.45
2015-05-19	9	16	12.5	14.88	3.01	8.945
2015-05-20	8	15	11.5	13.24	3.95	8.595
2015-05-21	9	18	13.5	12.68	4.02	8.35
2015-05-22	10	14	12	13.03	3.05	8.04
2015-05-23	8	18	13	14.45	4.06	9.255
2015-05-24	7	14	10.5	12.25	3.16	7.705
2015-05-25	9	17	13	13.98	3.56	8.77
2015-05-26	8	16	12	15.78	4.02	9.901
2015-05-27	9	15	12	12.41	3.89	8.15
2015-05-28	9	14	11.5	15.59	3.00	9.295
2015-05-29	8	17	12.5	14.87	3.66	9.265
2015-05-30	7	14	10.5	16.80	3.88	10.34
PROMEDIO	6	15	11	12	4	8

Fuente: Grupo investigador

ATLAS EÓLICO DEL ECUADOR
Velocidad Media Anual del Viento a 80 m de Altura sobre el Suelo



ATLAS EÓLICO DEL ECUADOR
Zona 3 - Chimborazo, Tungurahua, Pastaza, Cotopaxi.
Velocidad Media Anual del Viento a 80 m de Altura sobre el Suelo.



Fuente: <http://www.energia.gob.ec/biblioteca/>

Anexo C

Aerogenerador de bajas revoluciones destruido



Fuente: Grupo investigador

Anexo D

Eje de acero inoxidable especificaciones

DISEÑOSERVICIOS

DIPAC
PRODUCTOS DE ACERO

EJES

**EJES
ACERO INOXIDABLE**

Especificaciones Generales

Materia	ASIS 304
Dureza HB	249-275
Unidad de Inflexión	225 N/mm ²
Aplicaciones	INDUSTRIAS ALIMENTICIAS, CERVECERA, AZUCARERA, ALIMENTICIA, UTENSILLOS DOMESTICOS INDUSTRIA DEL CUERO FARMACEUTICA, DENTAL, ETC...



DIPAC

DIMENSIONES

DIAMETRO	LONGITUD
3/16"	6m.
1/4"	6m.
5/16"	6m.
3/8"	6m.
1/2"	6m.
5/8"	6m.
3/4"	6m.
1"	6m.
1-1/4"	6m.
1-1/2"	6m.
2"	6m.
2-1/2"	6m.
3"	6m.
3-1/2"	6m.
4"	6m.
5"	6m.
6"	6m.

PROPIEDADES QUÍMICAS

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10,5	18 - 20

Fuente: <http://dipacmanta.com>

Plancha de acero



DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO

PLANCHAS

PLANCHAS
PL



REDUCCION DE FRACCIONES DE PULGADAS A MILIMETRO			
PULGADAS	MILIMETROS	PULGADAS	
1/128	= 0.20	25/64	= 9.92
1/64	= 0.40	13/32	= 10.32
3/128	= 0.60	27/64	= 10.72
1/40	= 0.64	7/16	= 11.11
1/32	= 0.79	29/64	= 11.51
1/25	= 1.02	15/32	= 11.91
3/64	= 1.19	31/64	= 12.30
1/20	= 1.27	1/2	= 12.70
1/16	= 1.59	33/64	= 13.10
5/64	= 1.96	17/32	= 13.49
3/32	= 2.38	35/64	= 13.89
7/64	= 2.78	8/16	= 14.29
1/8	= 3.18	37/64	= 14.68
9/64	= 3.57	19/32	= 15.08
5/32	= 3.97	39/64	= 15.48
11/64	= 4.37	5/8	= 15.88
3/16	= 4.76	41/64	= 16.27
13/64	= 5.16	21/32	= 16.67
7/32	= 5.56	43/64	= 17.07
15/64	= 5.95	11/16	= 17.46
1/4	= 6.35	45/64	= 17.86
17/64	= 6.75	23/32	= 18.26
9/32	= 7.14	47/64	= 18.65
19/64	= 7.54	3/4	= 19.05
5/16	= 7.94	49/64	= 19.45
21/64	= 8.33	25/32	= 19.84
11/32	= 8.73	51/64	= 20.24
23/64	= 9.13	13/16	= 20.64
3/8	= 9.53	53/64	= 21.03
		27/32	= 21.43
		55/64	= 21.83
		7/8	= 22.23
		57/64	= 22.62
		29/32	= 23.02
		59/64	= 23.42
		15/16	= 23.81
		61/64	= 24.21
		61/32	= 24.61
		63/64	= 25.00
		1	= 25.40
		11/10	= 27.00
		11/8	= 28.50
		18/16	= 30.20
		11/4	= 31.70
		15/16	= 33.30
		13/8	= 34.90
		17/16	= 36.50
		11/2	= 38.10
		19/10	= 39.70
		15/8	= 41.30
		11 1/16	= 42.90
		13/4	= 44.40
		11 3/16	= 46.00
		17/8	= 47.60
		11 5/16	= 49.20
		2	= 50.80

DIMENSIONES EN (mm)			PESOS
ANCHO	LARGO	ESPAISOR	KG
1220	2440	2	46.74
1220	2440	3	70.10
1220	2440	4	93.47
1500	2440	4	114.92
1220	2440	5	116.84
1500	2440	5	143.66
1800	2440	5	172.39
1220	2440	6	149.21
1500	2440	6	172.39
1800	2440	6	206.86
1220	2440	8	186.94
1500	2440	8	229.85
1800	2440	8	275.82
1220	2440	10	233.68
1500	2440	10	287.31
1800	2440	10	344.77
1220	6000	12	689.54

METODO PRACTICO PARA CALCULAR PESO DE LAS PLANCHAS DE ACERO

NOMENCLATURA
 L = Largo (mm)
 A = Ancho (mm)
 E = Espesor (mm)
 Peso = Kgs.

$$\text{Peso} = \frac{L \times A \times E \times 7.85}{1,000.00}$$

Ejemplo: $(L = 1220\text{mm} \times A = 2440\text{mm} \times E = 1,0\text{mm}) \times 7.85 \div 1,000.00 = 23.368\text{ Kg}$

Perfiles laminados UPN



UPN

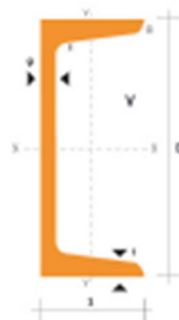
PERFILES LAMINADOS UPN

Especificaciones Generales

Calidad	ASIM A36
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6.00m y 12.00m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES						SECCION cm ²	PESOS kg/ml	TIPOS			
	h mm	a mm	g mm	t mm	R mm	R1 mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³
UPN 50	50	38	5.00	7.00	7.00	3.50	7.12	5.99	28.40	9.12	10.90	3.75
UPN 65	65	42	5.50	7.50	7.50	4.00	9.03	7.09	37.50	14.10	17.70	5.07
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	28.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2660.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 260	260	90	10.00	14.00	14.00	7.00	48.30	37.90	4820.00	317.00	371.00	47.70
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8000.00	495.00	535.00	67.80



Fuente: <http://dipacmanta.com>

Tubo galvanizado características

TUBO POSTE



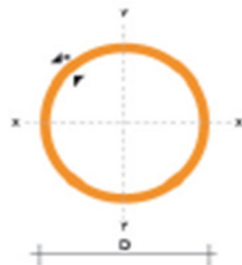
TUBO POSTE Cerramientos, Estructuras y Funiculares

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Galvanizado
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 1/2" hasta 4"
Espesor	Desde 1.80mm a 2.00mm



DIMENSIONES				PROPIEDADES			
DIAMETRO EXTERIOR D		ESPESOR e	PESO P	AREA A	I	W	I
Pulg.	mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ³	cm ³	cm
1"	25.40	1.90	1.09	1.34	0.93	0.73	0.83
1"	25.40	2.00	1.21	1.47	1.01	0.79	0.83
1 1/4"	31.75	1.90	1.37	1.69	1.90	1.20	1.06
1 1/4"	31.75	2.00	1.52	1.87	2.07	1.30	1.06
1 1/2"	38.10	1.90	1.65	2.05	3.38	1.78	1.28
1 1/2"	38.10	2.00	1.84	2.27	3.70	1.94	1.28
1 3/4"	44.45	1.90	1.93	2.41	5.48	2.47	1.51
1 3/4"	44.45	2.00	2.20	2.67	6.01	2.70	1.50
1 7/8"	47.63	1.90	2.11	2.59	6.90	2.86	1.62
1 7/8"	47.63	2.00	2.34	2.87	7.46	3.13	1.61
2"	50.80	1.90	2.22	2.77	8.32	3.27	1.73
2"	50.80	2.00	2.48	3.07	9.13	3.59	1.73
2 3/8"	60.33	2.00	2.92	3.67	15.68	6.17	2.06
2 1/2"	63.50	2.00	3.09	3.86	18.27	6.75	2.17
2 7/8"	73.03	2.00	3.56	4.46	26.14	7.71	2.51
3"	76.20	2.00	4.35	5.46	51.54	11.60	3.07
4"	114.30	2.00	6.67	7.06	111.23	19.46	3.97



NOMENCLATURA	
A	Area de la sección transversal del tubo, cm ²
I	Momento de inercia de la sección, cm ⁴
W	Módulo resistente de la sección, cm ³
e	Radio de gto de la sección cm

Fuente: <http://dipacmanta.com>

Tubo estructural



TMREC

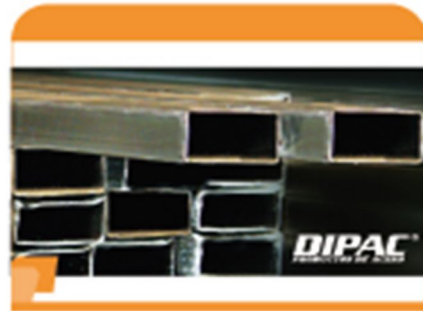


DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO

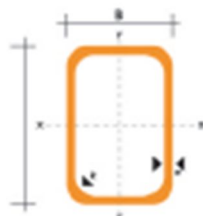
TUBO MECANICO RECTANGULAR

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-513
Recubrimiento	Negro o Galvanizado
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa consulta
Dimensiones	DESDE 10.00mm x 20.00mm a 30.00mm x 50.00mm
Espesor	Desde 0.40mm hasta 1.50mm



DIMENSIONES				AREA	EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPESOR mm	PEGO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I cm ⁴	W cm ³	i cm
10	20	0.8	0.36	0.45	0.08	0.04	0.41	0.23	0.09	0.71
12	25	0.8	0.43	0.53	0.43	0.34	0.90	0.13	0.22	0.60
12	25	1.0	0.54	0.77	0.59	0.48	0.88	0.18	0.30	0.49
15	25	0.8	0.49	0.61	0.23	0.12	0.82	0.52	0.21	0.92
15	25	1.0	0.64	0.83	0.31	0.15	0.61	0.60	0.28	0.91
15	25	1.2	0.89	0.90	0.33	0.16	0.60	0.74	0.30	0.91
20	30	0.8	0.61	0.77	0.53	0.26	0.82	0.69	0.40	1.13
20	30	1.2	0.90	1.14	0.75	0.37	0.81	1.42	0.57	1.11
20	40	0.8	0.74	0.90	0.67	0.34	0.85	1.98	0.79	1.46
20	40	1.0	0.92	1.27	0.89	0.45	0.84	2.66	1.05	1.45
20	40	1.2	1.09	1.38	0.96	0.48	0.83	2.87	1.15	1.44
20	40	1.5	1.35	1.66	3.10	1.80	1.37	1.66	1.06	0.82
20	50	1.2	1.29	1.62	1.17	0.59	0.85	5.02	2.01	1.76
20	50	1.5	1.59	2.14	1.48	0.74	0.83	6.48	2.59	1.74
25	50	0.8	0.95	1.08	3.59	1.43	1.82	1.24	0.99	1.07
25	50	1.0	1.15	1.36	4.47	1.79	1.81	1.53	1.22	1.06
25	50	1.2	1.37	1.57	5.10	2.04	1.80	1.74	1.40	1.05
25	50	1.5	1.82	2.10	6.39	2.56	1.74	2.19	1.75	1.02
30	50	0.8	0.98	1.25	2.01	1.01	1.27	4.42	1.77	1.88
30	50	1.0	1.23	1.71	2.69	1.35	1.25	5.86	2.38	1.88
30	50	1.2	1.47	1.86	2.91	1.46	1.25	6.44	2.58	1.86
30	50	1.5	1.88	2.25	7.27	2.91	1.80	3.32	2.21	1.21



NOMENCLATURA	
A*	Área de la selección transversal del tubo, cm ²
I*	Momento de inercia de la sección, cm ⁴
W*	Módulo resistente de la sección, cm ³
i*	Radio de giro de la sección, cm

Fuente: <http://dipacmanta.com>

Anexo E

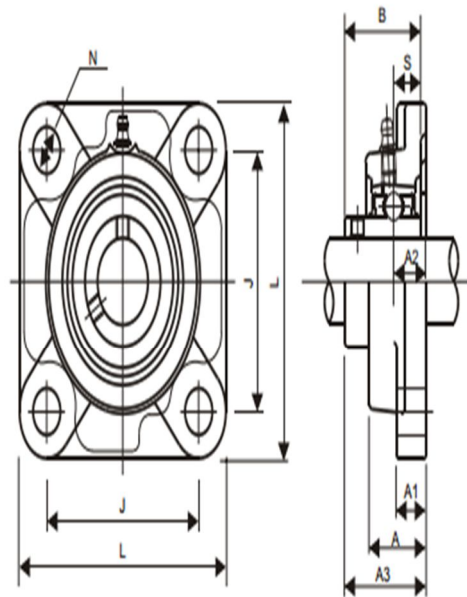
Calibre de cable AWG 21

CALIBRE AWG	AMPERIOS	PIES POR LIBRA
6	53.16	
7	42.04	16.00
8	33.38	20.00
9	26.56	25.20
10	21.20	31.80
11	16.60	40.10
12	13.30	50.60
13	10.50	63.80
14	8.30	80.40
15	6.60	101.40
16	5.20	125.00
17	4.10	155.00
18	3.20	203.00
19	2.60	248.00
20	2.00	323.00
21	1.62	408.00
22	1.28	489.00
23	1.00	615.00
24	0.80	775.00
25	0.64	970.00
26	0.50	1,300.00
27	0.40	1,639.00
28	0.32	2,067.00
29	0.25	2,607.00
30	0.20	3,287.00
31	0.18	4,145.00
32	0.12	5,257.00
33	0.10	6,592.00
34	0.08	8,310.00
35	0.06	13,210.00

Fuente: http://unicrom.com/Tut_calculo_transformador.asp

Anexo F
Chumacera cuadrada

Tipo UCF 200

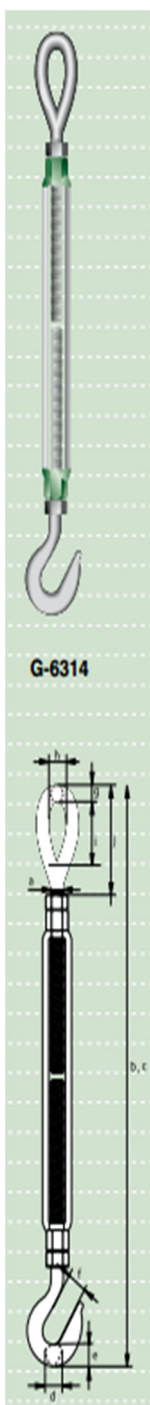


Ø eje mm.	Referencia	Dimensiones mm.									Tornillo mm	Rodamiento Ref.	Soporte Ref.	Peso Kg.
		L	J	A2	A1	A	N	A3	B	S				
12	UCF 201	86	64	15	12	25.5	12	33.3	31	12.7	M10	UC 201	F 204	0.63
15	UCF 202	86	64	15	12	25.5	12	33.3	31	12.7	M10	UC 202	F 204	0.61
17	UCF 203	86	64	15	12	25.5	12	33.3	31	12.7	M10	UC 203	F 204	0.60
20	UCF 204	86	64	15	12	25.5	12	33.3	31	12.7	M10	UC 204	F 204	0.58
25	UCF 205	95	70	16	14	27	12	35.7	34	14.3	M10	UC 205	F 205	0.72
30	UCF 206	108	83	18	14	31	12	40.2	38.1	15.9	M10	UC 206	F 206	1
35	UCF 207	117	92	19	16	34	14	44.4	42.9	17.5	M12	UC 207	F 207	1.4
40	UCF 208	130	102	21	16	36	16	51.2	49.2	19	M14	UC 208	F 208	1.8
45	UCF 209	137	105	22	18	38	16	52.2	49.2	19	M14	UC 209	F 209	2.1
50	UCF 210	143	111	22	18	40	16	54.6	51.6	19	M14	UC 210	F 210	2.4
55	UCF 211	162	130	25	20	43	19	58.4	55.6	22.2	M16	UC 211	F 211	3.4
60	UCF 212	175	143	29	20	48	19	68.7	65.1	25.4	M16	UC 212	F 212	4
65	UCF 213	187	149	30	20	50	19	69.7	65.1	25.4	M16	UC 213	F 213	5
70	UCF 214	193	152	31	24	54	19	75.4	74.6	30.2	M16	UC 214	F 214	5.6
75	UCF 215	200	159	34	24	56	19	78.5	77.8	33.3	M16	UC 215	F 215	6
80	UCF 216	208	165	34	24	58	23	83.3	82.6	33.3	M20	UC 216	F 216	7.5
85	UCF 217	220	175	36	26	63	23	87.6	85.7	34.1	M20	UC 217	F 217	8.8
90	UCF 218	235	187	40	26	68	23	96.3	96	39.7	M20	UC 218	F 218	10.7

Fuente: <http://www.jocartransmisiones.com/PDF's/15-Soportes%20con%20rodamiento.pdf>

Anexo G

Tensores de gancho



Tensores Green Pin® Ojo - Gancho

Generalmente según ASTM F1145-92


- **Material** : acero de alta resistencia forjado SAE 1035 o 1045
- **Factor de Seguridad** : CMR = 5 x CMT
- **Norma** : Generalmente según ASTM F1145-92
Antes U.S. Fed. Spec. FF-T-791b
- **Acabado** : galvanizado en caliente
- **Certificación** : bajo petición, se puede suministrar con certificado de fábrica, certificado de prueba y/o Declaración de Conformidad de la U.E.


carga máxima de trabajo	diámetro rosca	capacidad de abertura	longitud de posición cerrada	longitud de posición abierta	diámetro gancho	espesor gancho	abertura gancho	diámetro ojo	ancho interior ojo	longitud interior ojo	longitud de posición cerrada	peso unidad
tons.	a pulgada	b pulgada	c mm	d mm	e mm	f mm	g mm	h mm	i mm	j mm	kg	
0.45	3/8	6	286	422	10	15	14	10	13	29	49	0.47
0.68	1/2	6	318	448	13	19	16	12	18	36	58	0.82
0.68	1/2	9	392	600	13	19	16	12	18	36	57	1.06
0.68	1/2	12	469	752	13	19	16	12	18	36	57	1.28
1.02	3/8	6	369	491	16	23	21	14	21	44	79	1.31
1.02	3/8	9	443	644	16	23	21	14	21	44	78	1.56
1.02	3/8	12	520	796	16	23	21	14	21	44	78	1.71
1.36	3/4	6	403	522	20	27	24	17	25	54	90	2.04
1.36	3/4	9	477	674	20	27	24	17	25	54	89	4.49
1.36	3/4	12	554	826	20	27	24	17	25	54	89	2.3
1.36	3/4	18	706	1131	20	27	24	17	25	54	89	2.85
1.81	1/2	12	590	858	24	31	28	20	32	61	100	3.33
1.81	1/2	18	744	1163	24	31	28	20	32	61	101	4.24
2.27	1	6	488	595	26	35	31	24	36	75	118	3.87
2.27	1	12	636	897	26	35	31	24	36	75	117	5.09
2.27	1	18	789	1202	26	35	31	24	36	75	117	6
2.27	1	24	939	1506	26	35	31	24	36	75	116	7.52
2.95	1 1/4	12	697	968	31	38	37	30	46	90	145	8.12
2.95	1 1/4	18	848	1271	31	38	37	30	46	90	144	10.4
2.95	1 1/4	24	1000	1575	31	38	37	30	46	90	144	12.1
3.4	1 1/2	12	760	1014	34	45	45	32	54	105	156	12.7
3.4	1 1/2	18	913	1320	34	45	45	32	54	105	160	15.1
3.4	1 1/2	24	1063	1623	34	45	45	32	54	105	158	17.1

Fuente: http://www.vanbeest.com/getattachment/fdfa4c09-35d4-4256-91a1-8797676e52e3/Capitulo06_Tensores.aspx

Anexo H

Cables tensores según diámetro y resistencia


CORDÓN			Códigos		
1 x 7 + 0	Galvanizado		Ø (mm)	Peso (kg/m)	Carga de rotura mín. (kg)
(160 kg/mm ²)		100017MNGD04E	4	0,0813	1.390
		100017MNGD05E	5	0,1260	2.180
		100017MNGD06E	6	0,1810	3.140
		100017MNGD07E	7	0,2460	4.270
		100017MNGD08E	8	0,3210	5.570
		100017MNGD09E	9	0,4070	7.050
		100017MNGD10E	10	0,5020	8.710


CORDÓN			Códigos		
1 x 19 + 0	Galvanizado		Ø (mm)	Peso (kg/m)	Carga de rotura mín. (kg)
(160 kg/mm ²)		100119MNGI04E	4	0,0793	1.340
		100119MNGI05E	5	0,1240	2.100
		100119MNGI06E	6	0,1780	3.030
		100119MNGI07E	7	0,2430	4.120
		100119MNGI08E	8	0,3170	5.380
		100119MNGI09E	9	0,4010	6.810
		100119MNGI10E	10	0,4950	8.400
		100119MNGI11E	11	0,5990	10.200
		100119MNGI12E	12	0,7130	12.100
		100119MNGI13E	13	0,8370	14.200
		100119MNGI14E	14	0,9710	16.500
		100119MNGI15E	15	1,1100	18.900
		100119MNGI16E	16	1,2700	21.500


- Los diámetros más habituales son los reflejados en estas tablas. Para otras medidas rogamos consultar.
- Disponemos de otras construcciones según la aplicación o maquinaria.
- Galvanización normal, reforzada, y doble galvanizada.

Anexo I

Características tornillos y pricioneros

TORNILLO DE HEX. INT. CAB. BOTON - ACERO INOX-304 		
DÍAMETRO		EMP.
1/4-20 x 1		50
1/4-20 x 1-1/4		25
1/4-20 x 1-1/2		25
1/4-20 x 2		25
1/4-20 x 2-1/2		25
1/4-20 x 3		25
5/16-18 x 1/2		50
5/16-18 x 3/4		50
5/16-18 x 1		50
5/16-18 x 1-1/4		25
5/16-18 x 1-1/2		25
5/16-18 x 2		25
5/16-18 x 2-1/2		25
5/16-18 x 3		25
3/8-16 x 1/2		50
3/8-16 x 3/4		50
3/8-16 x 1		50
3/8-16 x 1-1/4		25
3/8-16 x 1-1/2		25
3/8-16 x 2		25
3/8-16 x 2-1/2		25
3/8-16 x 3		25

OPRESOR DE HEX. INT. PUNTA DE COPA - ACERO INOX-304 		
DÍAMETRO		EMP.
5-40 x 3/4		200
5-40 x 1		200
8-32 x 3/16		100
8-32 x 1/4		100
8-32 x 3/8		100
8-32 x 1/2		100
8-32 x 3/4		100
8-32 x 1		100
10-24 x 3/16		100
10-24 x 1/4		100
10-24 x 3/8		100
10-24 x 1/2		100
10-24 x 3/4		50
10-24 x 1		50
10-32 x 3/16		50
10-32 x 1/4		50
10-32 x 3/8		50
10-32 x 1/2		50
10-32 x 5/8		50
1/4-20 x 1/4		100
1/4-20 x 3/8		100
1/4-20 x 1/2		100
1/4-20 x 5/8		50
1/4-20 x 3/4		50
1/4-20 x 1		50
1/4-20 x 1-1/2		50
1/4-20 x 2		50
1/4-28 x 1/4		50
1/4-28 x 3/8		50
1/4-28 x 1/2		50
5/16-18 x 5/16		50
5/16-18 x 3/8		50
5/16-18 x 1/2		50
5/16-18 x 5/8		50
5/16-18 x 3/4		50
5/16-18 x 1		50
5/16-18 x 1-1/4		50
5/16-18 x 1-1/2		50
5/16-18 x 2		50

OPRESOR DE HEX. INT. PUNTA DE COPA - ACERO INOX-304 		
DÍAMETRO		EMP.
4-40 x 1/4		100
4-40 x 3/8		100
4-40 x 1/2		100
4-40 x 3/4		100
5-40 x 1/8		200
5-40 x 3/16		200
5-40 x 1/4		200
5-40 x 5/16		200
5-40 x 3/8		200
5-40 x 1/2		200

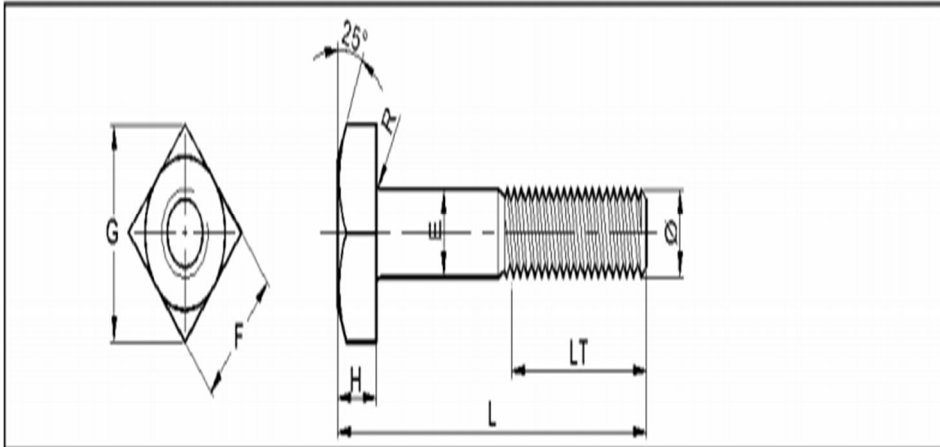
Fuente: http://www.Lista_Acero_Inoxidable.xls

Anexo J

Pernos de sujecion características técnicas

Perno Cabeza Cuadrada
Square Head Bolt

ASME B18.2.1
1996



DIAMETRO NOMINAL PULG.	ØE		F		G		H		LT		R		
	MAX	MIN	BASICO	MAX	MIN	MAX	MIN	BASICO	MAX	MIN		HASTA 6"	SOBRE 6"
1/4 0,2500	0,260	0,237	7/16	0,438	0,425	0,530	0,498	11/64	0,188	0,150	0,750	1,000	0,031
5/16 0,3125	0,324	0,298	1/2	0,500	0,484	0,707	0,665	7/32	0,235	0,195	0,875	1,125	0,031
3/8 0,3750	0,388	0,360	9/16	0,563	0,544	0,795	0,747	1/4	0,268	0,225	1,000	1,250	0,031
7/16 0,4375	0,452	0,421	5/8	0,625	0,603	0,884	0,828	19/64	0,316	0,272	1,125	1,375	0,031
1/2 0,5000	0,515	0,482	3/4	0,750	0,725	1,061	0,995	11/32	0,364	0,302	1,250	1,500	0,031
5/8 0,6250	0,642	0,605	15/16	0,938	0,906	1,326	1,244	27/64	0,444	0,378	1,500	1,750	0,062
3/4 0,7500	0,768	0,729	1 1/8	1,125	1,088	1,591	1,494	1/2	0,524	0,455	1,750	2,000	0,062
7/8 0,8750	0,895	0,852	1 5/16	1,313	1,269	1,856	1,742	37/64	0,604	0,531	2,000	2,250	0,062
1 1,0000	1,022	0,976	1 1/2	1,500	1,450	2,121	1,991	43/64	0,700	0,591	2,250	2,500	0,062
1 1/8 1,1250	1,149	1,098	1 11/16	1,688	1,631	2,386	2,239	3/4	0,780	0,658	2,500	2,750	0,125
1 1/4 1,2500	1,277	1,223	1 7/8	1,875	1,812	2,652	2,489	27/32	0,876	0,749	2,750	3,000	0,125
1 3/8 1,3750	1,404	1,345	2 1/16	2,063	1,994	2,917	2,738	29/32	0,940	0,810	3,000	3,250	0,125
1 1/2 1,5000	1,531	1,470	2 1/4	2,250	2,175	3,182	2,986	1	1,036	0,902	3,250	3,500	0,125

Fuente: www. /Catalogo_tecnico_reinike.pdf

REINIKES
 S.A. DE C.V.
 CALLE DE LOS REYES 100
 COL. SAN JUAN DE LOS RIOS
 CIUDAD DE GUAYMAS
 SONORA
 MEXICO