



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**DISEÑO DE UN AEROGENERADOR DE 6 Kw PARA SUMINISTRAR
ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA EMPRESA DE
TELECOMUNICACIÓN DE MORROPE, 2016**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR:

OTOLEAS AGURTO JUAN ALFREDO

ASESOR:

ING. RICARDO RODRIGUEZ PAREDES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS

**CHICLAYO - PERÚ
(2017)**

PÁGINA PARA JURADO

Presentada a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la
Universidad Cesar Vallejo – Chiclayo para optar el Título profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

Bach. Otoleas Agurto Juan Alfredo

Ing.
James Skinner Celada Padilla
PRESIDENTE

Ing.
Luis Alberto Ramos Martínez
SECRETARIO

Ing.
José Luis Adanaque Sánchez
VOCAL

DEDICATORIA

Este trabajo es consagrado especialmente a Dios cual fue el innovador de todos los objetos, el que me ha ofrecido la fortaleza para permanecer cuando a punto de despeñar he estado.

Agradezco a mis padres, por motivarme y confiar, quienes me han enseñado los hábitos y valores, guiando por un camino excelente.

A mis maestros, por su dedicación y soporte, formándonos en el desarrollo de mi alineación universitaria.

Otoleas Agurto Juan Alfredo

AGRADECIMIENTO

Este trabajo se ha ejecutado gracias al cariño que me tienen muchas personas, solo por ellos es viable efectuar esto, y gracias a Dios que me ha obsequiado la fuerza e inteligencia necesaria para emprender con éxito ya que es un reto para mí, porque sí él no me cediera vida no tendría con que contribuir en este trabajo de tesis el mismo que se expondrá sus resultados al finalizarlo.

Asimismo agradezco a mis padres que me han ayudado en todo momento.

Otoleas Agurto Juan Alfredo

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Otoleas Agurto Juan Alfredo**, estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Cesar Vallejo, Identificado con N° de DNI: 73783075, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo.

Declaro bajo juramento que:

El proyecto de investigación ha sido desarrollado respetando los derechos intelectuales de terceros, conforme las citas y referencias para las fuentes consultadas el cual se mencionan en la bibliografía.

Asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, Septiembre del 2017

Otoleas Agurto Juan Alfredo

DNI n° 73783075

PRESENTACIÓN

Señores miembros de Jurado:

El cumplimiento de las normas establecidas en el Reglamento de Grados y títulos de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, pongo a vuestra disposición el presente trabajo titulado: **“DISEÑO DE UN AEROGENERADOR DE 6 Kw PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIÓN DE MORROPE, 2016”**,.

La misma que coloco a disposición para ser evaluada y espero que cumpla con las exigencias de aprobación para obtener el Título Profesional de INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA.

Atentamente

AUTOR

Otoleas Agurto Juan Alfredo

DNI n° 73783075

ÍNDICE

CONTENIDO	N° PAG.
Página para Jurado.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Declaratoria de autenticidad.....	V
Presentación.....	VI
Índice.....	VII
Índice de Tablas.....	X
Índice de Cuadrados.....	XI
Índice de Gráficos.....	XII
Índice de Figuras.....	XIII
Resumen.....	XIV
Abstract.....	XV
I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Realidad Problemática.....	16
1.1.1 Realidad Problemática Internacional.....	16
1.1.2 Realidad Problemática Nacional.....	17
1.1.3 Realidad Problemática Local.....	19
1.2 Trabajos Previos.....	19
1.3 Teorías Relacionadas al Tema.....	22
1.3.1 Aerogeneradores.....	22
1.3.2 Suministro eléctrico del aerogenerador.....	23
1.3.3 Tipos de suministro de energía eléctrica.....	24
1.3.4 Instalaciones de enlace.....	26
1.3.4.1 Componentes de las instalaciones de enlace.....	27
1.3.5 La energía eólica.....	29
1.3.6 Viento y energía eólica.....	30
1.3.6.1 Origen del Viento a Escala Global.....	30
1.3.6.2 Circulaciones de Escala Regional y Local.....	31
1.3.6.3 Instrumentos de Medición de Viento.....	31
1.3.6.4 Unidades y Escalas.....	33

1.3.7 Potencial eólica aprovechable.....	34
1.3.8 Energía que se extrae del viento.....	36
1.4 Formulación del problema.....	38
1.5. Justificación del estudio.....	38
1.5.1 Justificación Técnica.....	38
1.5.2 Justificación Económica.....	38
1.5.3 Justificación Ambiental.....	39
1.6 Hipótesis.....	39
1.7 Objetivos.....	39
1.7.1 Objetivos Generales.....	39
1.7.2 Objetivos Específicos.....	39
II. MÉTODO.....	40
2.1 Diseño de investigación.....	40
2.2 Variables, Operacionalización.....	40
2.2.1 Variable Independiente.....	40
2.2.2 Variable Dependiente.....	40
2.3 Población y muestra.....	42
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	42
2.4.1 Técnicas.....	42
2.4.2 Instrumentos.....	42
2.4.3 Validez y Confiabilidad.....	42
2.5 Métodos de análisis de datos.....	43
2.6 Aspectos éticos.....	43
III. RESULTADOS.....	44
3.1 Consumo Energético actual en la empresa.....	44
3.2 Análisis del comportamiento y recopilación de las mediciones de la velocidad del viento en diferentes condiciones y horas del día.....	47
3.2.1 Determinación de la velocidad del Viento a utilizar.....	64
3.3 Diseño, selección de dispositivos electromecánicos y de control del aerogenerador de 6kw de potencia.....	65
3.3.1 Determinación de la potencia del aerogenerador.....	65
3.3.2 Mecanismo de Orientación.....	67
3.3.3 Generador eléctrico de imanes permanentes.....	68

3.3.4	Calculo de los voltajes máximos.....	70
3.3.5	Calculo de la corriente eficaz de línea.....	71
3.3.6	Calculo del circuito eléctrico equivalente.....	71
3.3.7	Turbina eólica.....	73
3.3.8	Calculo del diámetro del rotor.....	74
3.3.9	Calculo de la selección del álabe y selección del perfil.....	75
3.3.10	Geometría de la pala.....	76
3.3.11	Familia de perfiles	77
3.3.12	Nomenclatura de perfiles	77
3.3.13	Calculo de la torre.....	77
3.3.14	Calculo del banco de baterías.....	78
3.3.15	Calculo de interruptor termo magnético.....	80
3.3.16	Calculo de interruptor diferencial.....	81
3.3.17	Calculo de inversor.....	82
3.3.18	Calculo del conductor antena 2G.....	83
3.4	Evaluación Económica y Financiera.....	85
3.4.1	Inversion Inicial del proyecto.....	85
3.4.2	Tiempo de evaluación de la propuesta	85
3.4.3	Costos por mantenimiento.....	86
3.4.4	Ahorro de Combustible como fuente de inversión.....	86
3.4.5	Flujo de caja la implementación de la propuesta.....	86
3.4.6	Cálculo de las variables económicas.....	88
3.4.6.1	Análisis del VAN y TIR.....	88
3.4.6.2	Relación beneficio costo.....	89
IV.	DISCUSION.....	90
V.	CONCLUSIONES.....	92
VI.	RECOMENDACIONES.....	93
VII.	REFERENCIA.....	94
VIII.	ANEXOS.....	96
IX.	PLANOS.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	CONTENIDO	N° PAG.
N° 1	Tensiones y potencias normalizadas en baja tensión 50Hz.....	25
N° 2	Tipos de tableros de medidores según su utilización.....	29
N°3	Tabla de equivalencias de la escala de Beaufort.....	34
N°4	Inventario de equipo para conocer potencia instalada.....	44
N°5	Ritmo de consumo de energía, durante las 24 horas del día.....	45
N°6	Conductor utilizado en sistema de distribución en baja tensión....	84
N°7	Detalle de inversión inicial	85
N°8	Flujo de caja de proyecto de inversión.....	87
N°9	Resultados Van y Tir.....	89

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS	CONTENIDO	N° PAG.
N°1	Velocidad del viento 01 de Junio, altura 4m.....	48
N° 2	Velocidad del viento del 01 de Junio, altura 5m.....	49
N°3	Velocidad del viento del 01 de Junio – altura 6m.....	50
N° 4	Velocidad del viento de 01 de Junio, altura 7m.....	51
N° 5	Velocidad del viento de 01 de Julio, altura 4m.....	52
N° 6	Velocidad del viento de 01 de Julio, altura 5m.....	53
N° 7	Velocidad del viento de 01 de Julio, altura 6m.....	54
N° 8	Velocidad del viento de 01 de Julio, altura 7m.....	55
N° 9	Velocidad del viento de 01 de Agosto, altura 4m.....	56
N° 10	Velocidad del viento de 01 de Agosto, altura 5m.....	57
N° 11	Velocidad del viento de 01 de Agosto, altura 6m.....	58
N° 12	Velocidad del viento de 01 de Agosto, altura 7m.....	59
N° 13	Velocidad del viento de 01 de Setiembre, altura 4m.....	60
N° 14	Velocidad del viento de 01 de Setiembre, altura 5m.....	61
N° 15	Velocidad del viento de 01 de Setiembre, altura 6m.....	62
N° 16	Velocidad del viento de 01 de Setiembre, altura 7m.....	63

ÍNDICE DE GRAFICOS

GRAFICOS	CONTENIDO	N° PAG.
N°1	Diagrama de carga de empresa de telecomunicación.....	46
N° 2	Velocidad del viento 4m	48
N°3	Velocidad del viento 5m.....	49
N° 4	Velocidad del viento 6m.....	50
N° 5	Velocidad del viento 7m.....	51
N° 6	Velocidad del viento 4m.....	52
N° 7	Velocidad del viento 5m.....	53
N° 8	Velocidad del viento 6m.....	54
N° 9	Velocidad del viento 7m.....	55
N° 10	Velocidad del viento 4m.....	56
N° 11	Velocidad del viento 5m.....	57
N° 12	Velocidad del viento 6m.....	58
N° 13	Velocidad del viento 7m.....	59
N° 14	Velocidad del viento 4m.....	60
N° 15	Velocidad del viento 5m.....	61
N° 16	Velocidad del viento 6m.....	62
N° 17	Velocidad del viento 7m.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	CONTENIDO	Nº PAG.
Nº1	Top 10 países con más potencia procedente de energía eólica....	17
Nº 2	Aerogeneradores de dos y tres palas.....	22
Nº3	Suministro de energía desde el aerogenerador hacia el Consumidor.....	23
Nº 4	Anemómetro de cazoletas.....	32
Nº 5	Volumen de control de flujo de aire.....	35
Nº 6	Potencia de turbina en función de velocidad del viento.....	37
Nº 7	Triangulo de velocidades de turbina eólica	66
Nº 8	Parámetro de diseño del aerogenerador	68
Nº 9	Intersección de la curva.....	70
Nº 10	Circuito eléctrico equivalente del generador.....	72
Nº 11	Diagrama fasorial del circuito	72
Nº 12	Distribución de los imanes en un disco	73
Nº 13	Dimensionamiento del álabe del aerogenerador.....	76
Nº 14	Baterías de descarga profunda.....	79
Nº 15	Interruptor termomagnético de 25 A	80
Nº 16	Interruptor diferencial 25 A.....	81
Nº 17	Inversor 3.5Kw 230 AC.....	82

RESUMEN

La investigación denominada: **“DISEÑO DE UN AEROGENERADOR DE 6 KW PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIÓN DE MORROPE, 2016”**, está enmarcado dentro del desarrollo de las energías renovables no convencionales, así como también para cerrar la brecha de electrificación total del Departamento de Lambayeque.

Se realiza un estudio del potencial eólico en la zona, en el cual se verificó mediante una metodología las velocidades del viento a una hora determinada, a diferentes alturas; en función a ello, se realizó el cálculo, diseño y selección del aerogenerador de 6 KW de Potencia, capaz de suministrar energía eléctrica a todos los equipos con las que cuenta la empresa de telecomunicaciones.

En el capítulo I, se muestra la realidad problemática en lo que concierne al consumo de combustible del grupo electrógeno de la empresa, continuando con los trabajos previos en el cual se relacionó investigaciones sobre un análisis de datos en motores de combustión interna; en seguida se realizó la formulación del problema, buscando una solución existente, planteando los objetivos generales y/o específicos que son 4.

En el capítulo II, se menciona la metodología, con el estudio de las dos variables, siendo el diseño del aerogenerador y el suministro de energía eléctrica.

En el capítulo III, se recopila la información de las velocidades del viento, obtenidas de las mediciones realizadas en el lugar con un protocolo previamente establecido, que es la base del diseño de la geometría del aerogenerador, para lograr una potencia de 6KW, para luego analizar la viabilidad económica del proyecto.

En el capítulo IV, muestra el tema en una discusión determinada, y en el capítulo V las conclusiones en el cual se concluye que técnicamente y económicamente es factible la propuesta del uso del aerogenerador de 6KW

Palabras Claves: Aerogenerador, Potencial Eólico, Suministro de Energía Eléctrica

ABSTRACT

This research paper entitled: "DESIGN OF WIND TURBINE 6 KW TO SUPPLY POWER IN A COMPANY OF TELECOMMUNICATION Morrope, 2016," is framed within the development of non-conventional renewable energy, as well as to close the gap Total electrification of the Department of Lambayeque. a study of wind potential in the area, which was verified by a methodology wind speeds at a certain time, at different heights is done; based on that, calculation, design and selection of the wind turbine 6 kW, capable of supplying power to all equipment with which the telecommunications company has performed.

In chapter I, the problematic reality regarding the fuel consumption of the company's generator set is shown, continuing with the previous work in which research was related to an analysis of data in internal combustion engines; the problem was then formulated, looking for an existing solution, presenting the general and / or specific objectives that are 4.

In Chapter II, the methodology is shown, with the analysis of the two variables, which are wind turbine design and supply of electricity; in Chapter III, information on wind speeds obtained from measurements made on site with a previously established protocol, which is the basis for the design of the geometry of the turbine is collected, to achieve power 6KW, then analyze the economic viability of the project.

In Chapter IV, the topic is discussed in a specific discussion, and Chapter V concludes that it is technically and economically feasible to propose the use of the 6KW wind turbine.

Keywords: Wind Turbine, Wind Energy Potential, Electric Supply.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

1.1.1 Realidad problemática internacional.

“En 2013 España realizó un acontecimiento muy importante. El país pasó a convertirse mundialmente en el inicial donde la energía eólica se dispuso como una primera en tecnología de generación de electricidad” (Prieto, 2014, párr. 1).

Este acontecimiento se logró después debido a que de enero a diciembre de ese año la demanda eléctrica eólica llegó a una cobertura de 20,9% y teniendo la más alta de generación actual de la historia, fuese un consumo equivalente al 90% de los hogares españoles. (Prieto, 2014, párr. 1)

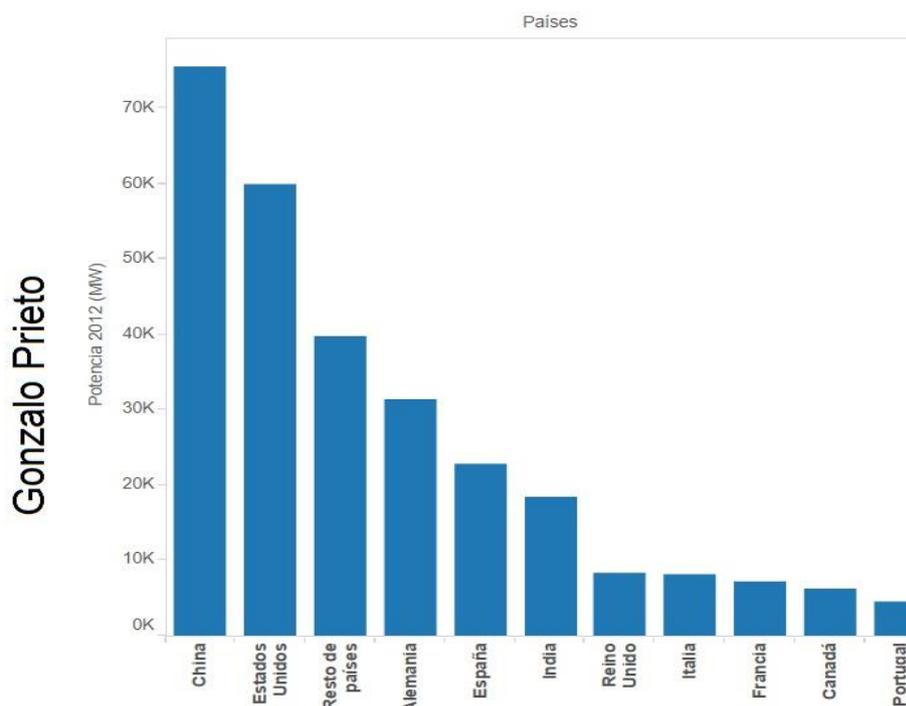
“Así, registrando la superación por la segunda tecnología, con un 20,8% que fue la nuclear” (Prieto, 2014, párr. 2).

“La obtención eólica fue de 54.478 giga vatios hora (GWh) en el año, registrando la máxima de la historia, suponiendo una crecida del 13,2% O relación al 2012” (Prieto, 2014, párr. 2).

“Durante los últimos seis meses la energía eólica generó 31,7 Tera vatios hora, realizando un abastecimiento de energía suficiente a 18 millones de hogares” (Prieto, 2014, párr. 2).

España permanece a la cabeza de esta energía a nivel mundial, viendo cual sería el panorama en el conjunto del planeta. Se aprecia un crecimiento de la energía eólica en el planeta durante los últimos 15 años. Siendo la potencia instalada de 2,1 Giga vatios (GW). (Prieto, 2014, párr. 3)

Figura N° 01



Top 10 países con más potencia procedente de energía eólica

“No en vano, América del Sur y Central presenta un mayor crecimiento 57% a nivel continental, superior a sus dos seguidores, Asia y Norteamérica” (Pitteloud, 2013, párr. 5).

“Aunque se encuentran lejos de conseguir niveles de contenido comparables a China o EE.UU. El sector de la energía eólica tiene países latinoamericanos experimentando un boom” (Pitteloud, 2013, párr. 5).

1.1.2 Realidad problemática nacional.

“Según la disponibilidad en el portal web del Organismo de Supervisión de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN, deberían conectarse al SEIN los tres primeros parques eólicos peruanos en el primer cuatrimestre del 2014” (Villacorta, 2014, párr. 1).

Es importante recalcar que las tres indicadas instalaciones eólicas fueron concedidas en el año 2009. A pesar de los atrasos en el proceso de construcción, al parecer, a lo largo de este año se producirá la conexión de los primeros parques eólicos al SEIN OSINERGMIN, 2014. (Villacorta, 2014, párr. 1)

“El viento es un recurso de principio renovable y no programable por sus particularidades de aleatoriedad, variabilidad y estacionalidad. Se tiene un comportamiento eléctrico de los sistemas eólicos de generación eléctrica que son diferente de los generadores síncronos convencionales” (Villacorta, 2014, párr. 2).

“Se tiene la necesidad de formar criterios técnicos de conexión especiales, agrupados a las instalaciones eólicas de generación eléctrica” (Villacorta, 2014, párr. 2).

El Operador del sistema eléctrico puede aprovechar al máximo la capacidad y versatilidad de los sistemas de control de las turbinas eólicas siguiendo el cumplimiento de los criterios técnicos de conexión por parte de las instalaciones eólicas. De este modo, las instalaciones eólicas pueden participar activamente en mantener la seguridad, estabilidad y fiabilidad del SEIN. El funcionamiento del SEIN sólo será posible gracias a una óptima coordinación técnica de control y programación de la generación de los sistemas eléctricos convencionales y de los sistemas eólicos de generación eléctrica. (Villacorta, 2014, párr. 2-3)

Esta realidad debe ser proyectada no como un problema y una interferencia al normal funcionamiento del SEIN sino como un desafío y una ocasión para consolidar y elevar el nivel de gestión del Operador del Sistema Eléctrico en cualquier caso, las ventajas económicas y medioambientales del empleo de la energía del viento son muy superiores a las peculiaridades técnicas de su Conexión e integración en el SEIN. (Villacorta, 2014, párr. 3)

1.1.3 Realidad problemática local.

“La empresa de telecomunicaciones, ubicado en la Panamericana Norte, Km 838, enfrenta actualmente un problema en cuanto al suministro de energía de la red eléctrica”.

Siendo la razón que la empresa concesionaria de energía, tiene el punto de alimentación a una distancia aproximada de 6 Km, por lo cual se necesita para realizar la interconexión, la construcción de una red primaria de 10 KV de tensión. La potencia instalada en la empresa en mención es de aproximadamente 5KW, por lo tanto realizar la instalación de la red primaria, no justifica porque además de ser una carga relativamente pequeña, no existen cargas eléctricas cercanas a la empresa, por estar en el ámbito rural.

Por ello, para cubrir ésta situación, el suministro de energía se está generando desde un grupo electrógeno de 6 KW monofásico, que registra consumos promedio de combustible (Diesel) de 14 Galones diarios, que equivale a casi 5000 galones de combustible al año, por lo tanto eleva los costos de operación de la empresa en mención, con la consecuencia de las emisiones de los gases de la combustión del grupo electrógeno.

1.2 Trabajos previos.

CORNEJO (2010, p. 4). En su investigación titulada “EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA HIBRIDO EÓLICA – SOLAR PARA LA COMUNIDAD DE SAN LUIS EN EL DISTRITO DE PIMENTEL, REGIÓN LAMBAYEQUE” se proyecta a evaluar los recursos renovables eólicos-solar, en el lugar, estableciendo y calculando la energía eólica, como una opción y proporcionar energía eléctrica en el lugar.

Esta investigación nos da la importancia de evaluar la disponibilidad, mediante el aporte de 9 familias del lugar, generando un beneficio con un sistema híbrido eólico y poder generar energía en la zona de San Luis.

En el proyecto, la velocidad del viento se da en 4.59 m/s con una radiación solar de 4826 w.h/día, siendo el costo de la inversión de 49571.03 soles.

AVELLANEDA (2012, p. 3), en su tesis de investigación titulada “ESTUDIO DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA EN LA ZONA DEL PÁRAMO DE CHONTALES, MUNICIPIOS DE PAIPA Y SOTAQUIRÁ. DEPARTAMENTO DE BOYACÁ ”. Colombia, se da un estudio al potencial de energía eólica, teniendo una velocidad de 4.5 m/s aproximadamente, con una densidad de potencia específica de 38.2 watts/m², siendo el consumo en una vivienda rural de 1.54 kwh/día, este estudio concluye con un cálculo de 10.12 kwh/día de suministro, beneficiando a 7 viviendas rurales, donde es necesario concluir la investigación del proyecto.

AGUILAR (2012, p. 4). En su investigación titulada “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO AERODINÁMICO DE AEROGENERADOR A SOTAVENTO DE 80 W CON PALAS NO LINEALIZADAS”. Cuyo objetivo general es estudiar el diseño y construir un aerogenerador a sotavento de baja potencia con un prototipo experimental que pueda competir con los estándares del mercado y a un bajo costo, con beneficio a ser utilizado en el lugar con una necesidad de prioridad, el proyecto nos da una potencia eléctrica, en relación a la eficiencia aerodinámica por su construcción y las palas, mediante el resultado teórico y los resultados de manera práctica, nos da un aprovechamiento defectuoso en la energía del viento, debido al bajo rendimiento del generador.

HERRADA (2014, p. 6). En su investigación titulada “ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO PARA LA INSTALACIÓN DE UN PARQUE EÓLICO EN EL DISTRITO DE ETEN – CHICLAYO - LAMBAYEQUE”. Se determina como objetivo principal el estudio técnico y económico sobre la factibilidad de un parque eólico en el distrito de Eten – Chiclayo Lambayeque, pudiendo controlar la velocidad del viento con un anemómetro, entre 6.6 m/s y 7.5 m/s

obteniendo una potencia eólica de 1.7 MW para el aerogenerador del parque eólico con una capacidad de 63.89 Gw en un año.

Este proyecto es muy importante, para el desarrollo y el aprovechamiento de los vientos del mar.

Es necesario mantener un adecuado mantenimiento y poder ampliar la vida útil de los equipos, en un lapso de 20 años.

YGLESIAS (2015, p. 10). En su investigación titulada “ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA A LAS VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO PLAYA BLANCA – PIURA”. Cuyo propósito orientado sobre el estudio económico y técnico de la instalación de aerogeneradores para el suministro de energía eléctrica a los domicilios del centro poblado de Playa Blanca – Sechura – Piura. El parque eólico obtiene una potencia total instalada de 15 KW con 3 aerogeneradores de 5 KW de potencia unitaria. Anualmente genera energía eléctrica de 93.3 MWh, reservando 57.38 toneladas CO₂ por año, recurriendo de electrificación al centro poblado Playa Blanca con una localidad aproximada de 260 habitantes.

En la tesis se comenzó con el estudio de la velocidad del viento tomando mediciones con un anemómetro digital para establecer el potencial eólico con el que cuenta la zona, también para plasmar una óptima elección de la ubicación de cada aerogenerador. A continuación, se desarrolló un estudio de mercadeo encuestando a la población para establecer la máxima demanda de energía eléctrica en el centro poblado, de los datos obtenidos se procedió al cálculo de la potencia de la turbina eólica, radio del motor, altura de la torre, selección de los parámetros del perfil aerodinámico, los cuales valieron para realizar el diseño en el software solidWorks.

Posteriormente se concluye que el parque eólico solicita una inversión de 336066.76 NS en el cual se estableció que es viable técnica y económicamente, recomendando un respectivo plan de mantenimiento para alargar la vida útil de los equipos.

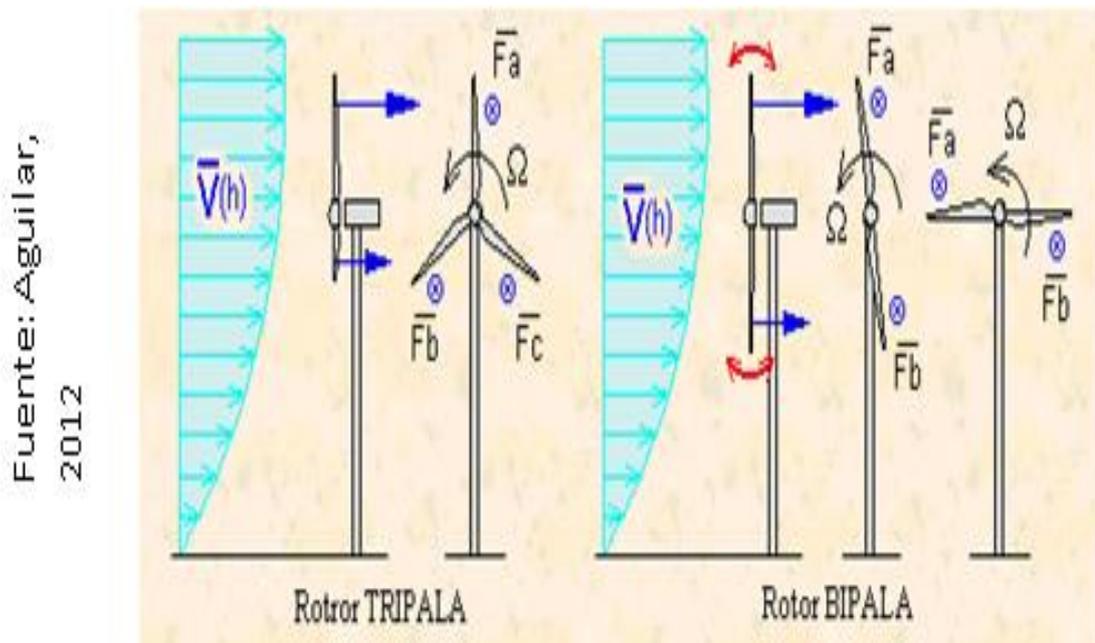
1.3 Teorías relacionadas al tema:

1.3.1 Aerogeneradores.

“Un aerogenerador, es una turbina eólica, que convierte la energía cinética del aire en energía mecánica, para luego ser transformado en energía eléctrica” (Cornejo, 2010, p. 8).

“Los aerogeneradores son de dos o tres palas, dependiendo de la velocidad del viento y la altura donde se instala, con la dirección frontal a la velocidad del viento” (Aguilar, 2012, p. 12).

Figura N° 2



Aerogeneradores de dos y tres palas

Con un rotor de tres palas, donde se relaciona el primero en

$F_a \sim F_b + F_c$ para los 360° en el movimiento de la hélice.

El segundo, al estar en funcionamiento una posición vertical, $F_a > F_b$ donde ocupar una posición horizontal $F_a = F_b$, se inicia un fuerte movimiento vibratorio de frecuencia $\omega/2$, donde se

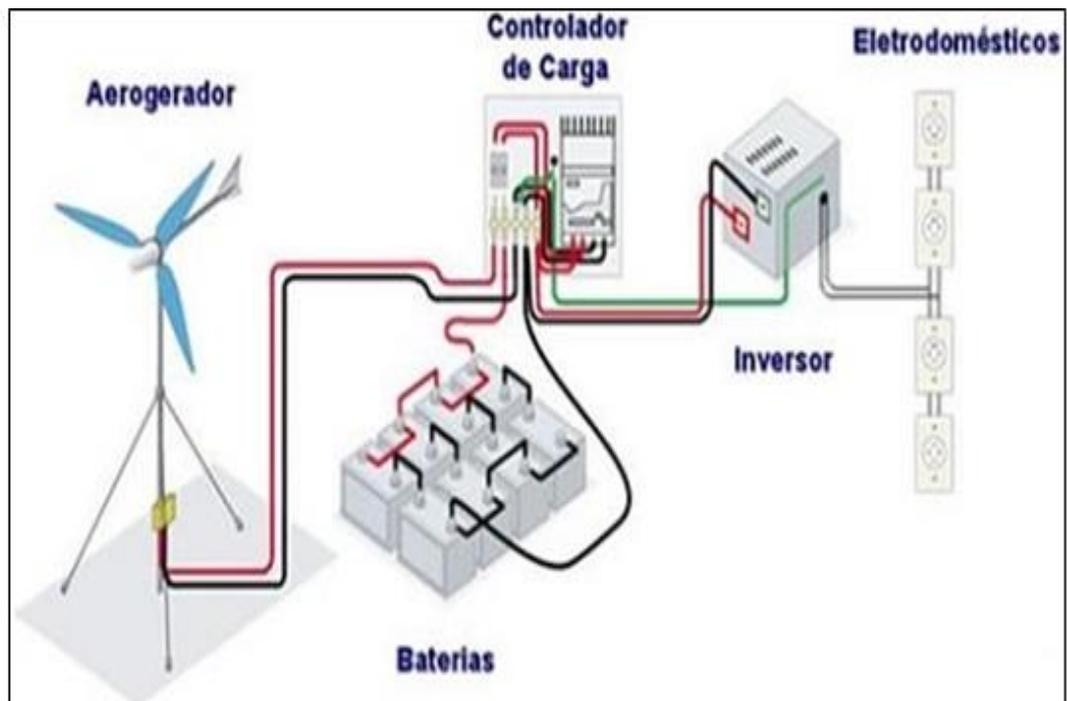
minimiza el sistema de teetering mencionado, pero no completamente. (Fariñas, 2011, p. 12)

1.3.2 Suministro eléctrico del aerogenerador

“Para obtener energía eléctrica, el movimiento rotativo de las paletas activan un generador eléctrico, que cambia la energía mecánica de la rotación, en energía eléctrica” (Avellaneda, 2012, p. 12).

“La electricidad puede dispersarse directamente a la red o almacenarse en baterías. El funcionamiento es importante, donde el aerogenerador es más eficiente” (Avellaneda, 2012, p. 12).

Figura N° 3



Fuente: Prieto,
2012

Suministro de energía desde el aerogenerador hacia el consumidor

La instalación básica de generación de energía eléctrica mediante aerogeneradores se establecería en la instalación de un

aerogenerador (con su mástil de soporte), un regulador de carga de las baterías, unas baterías de almacenamiento de energía y un ondulador para generar los 220Vca, todo ello bien interconectado y cableado entre sí para un correcto funcionamiento. (Prieto, 2012, p. 21)

1.3.3 Tipos de suministros de energía eléctrica

“Al determinar la Potencia, se obtiene el tipo de suministro de energía eléctrica, la empresa distribuidora que nos concede (UTE)” (Norma de instalaciones, 2001, p. 1).

“UTE presenta 02 tipos en el sistema de distribución, (energía eléctrica de alterna) 50Hz en baja tensión (tensión nominal £ 1000V)” (Norma de instalaciones, 2001, p. 1).

- Tiene sistema trifásico 220V con 03 conductores y neutro aislado (3 fases).
- Tiene sistema trifásico 400V con 04 conductores y neutro aterrado (3 fases y N).

Consiguientemente en baja tensión, UTE suministrar energía eléctrica de alterna de 50Hz mediante la tensión:

- (Monofásica 220V entre fases).
- (Monofásica 230V entre fase y neutro).
- (Trifásica 220V neutro aislado, 03 conductores).
- (Trifásica 400V con neutro aterrado, 04 conductores).

Asimismo, puede suministrar energía eléctrica de alterna 50Hz en media tensión (6.3kV, 15kV o 31.5kV) o en alta tensión (60kV o 150kV). La tensión de suministro varía por la potencia solicitada de la zona, ciudad o país, donde se entregue el suministro y de las exigencias del cliente. (Norma de instalaciones, 2001, p. 1)

A) Suministros en baja tensión sin local para subestación de UTE

“Se puede contratar un suministro en baja tensión sin local para subestación de UTE siendo la Potencia inferior a solicitar 50kW,” (Norma de instalaciones, 2001, p. 2).

Tabla N° 1

Recuperado de :
https://iie.fing.edu.uy/ense/assigniie/Documentos/Teorico/Tipos_suministro.pdf

Potencias normalizadas en baja tensión (kW)			Corriente Nominal (A) ICP
Monofásica 230 V (1)	Trifásica 230 V 3 conductores	Trifásica 400 V (2) 4 conductores	
1,32 (3)	-	-	6
2,2 (4)	3,8 (5)	6,6 (5)	10
3,3	5,7 (5)	9,9	15
4,4	7,6 (5)	13,2	20
5,5	9,5	16,5	25
6,6	11,4	19,8	30
8,8	15,2	26,3	40
11,0 (6)	19	32,9	50
13,9 (6)	23,9	41,5	63
16,0 (6)	-	-	73

Tensiones y potencias normalizadas actuales de los suministros de energía eléctrica en baja tensión 50Hz

- (1) La tensión de 230 V monofásica, en el sistema de 400 V, estará entre fase y neutro.
- (2) El suministro de energía de 400v tiene 4 conductores activos, 3 de fase y 01 neutro, siendo para lugares públicos como cabinas y refugio peatonal.
- (3) Para las estructuras de viviendas de 3 pisos y lugares pequeños, siendo para otros casos el mínimo es de 3,3kW.
- (4) Para ciertos lugares rurales con sistema MRT (se tiene un alineamiento de 01 conductor con retornos tierra).

“La potencia se limita mediante el Interruptor de Control de Potencia (ICP). El interruptor es aceptado y etiquetado por UTE” (Norma de instalaciones, 2001, p. 2).

B) Suministros en baja tensión con local para subestación de UTE

“Cuando la demanda en el proyecto y la potencia es mayor a 50kw, se puede establecer con un sistema de suministro de baja tensión, donde la UTE ubique una sub estación.” (Norma de instalaciones, 2001, p. 3).

El usuario facilitara un lugar adecuado en su local, para el armado del sub estación transformadora de UTE. Sin embargo la UTE puede cancelar esta solicitud, si el usuario, mediante el diseño de la red de distribución y las cargas, no sean adecuadas, en estos casos lo permita la en UTE. (Norma de instalaciones, 2001, p. 3)

“Las subestaciones de UTE presenta distintos tipos de configuraciones, siendo en algunos lugares de Montevideo y en el interior” (Norma de instalaciones, 2001, p. 3).

“La UTE Se tiene procedimiento y normas, para la construcción de estructuras, como locales de sub estaciones transformadoras, (Norma de instalaciones, 2001, p. 3).

C) Suministros en media tensión

“Al tener un suministro de energía superior a 300kw en 400v se tendrá un sistema de media tensión. La UTE considera las bajas tenciones, para la potencia superior al límite ya mencionado” (Norma de instalaciones, 2001, p. 11).

“El usuario es responsable de mantener su edificación, un lugar apropiado para la conexión y medida de la UTE, además debe de prever un área para la sub estación transformadora propia” (Norma de instalaciones, 2001, p. 11).

“En los proyectos, es necesario que el cliente cumpla con el procedimiento para el cambio de tención y el grupo de media tensión, siendo de 24kv” (Norma de instalaciones, 2001, p. 11).

En los alrededores de la zona rural, el suministro de media tensión de UTE, se instala líneas aéreas. La UTE tiene procedimiento de construcción ya establecidas. (Norma de instalaciones, 2001, p. 11)

1.3.4 Instalaciones de enlace

“La instalación de enlace se refiere a la conexión de red y el suministro de energía eléctrica UTE siendo la empresa distribuidora” (Norma de instalaciones, 2001, p. 16).

Los siguientes elementos en baja tensión son:

- Acometida
- CGP y/o CD
- Tablero de Medidores
- Líneas repartidoras
- Derivación individual

La instalación de enlace, la distribución de media tensión, es la conexión de media UTE, donde es principalmente el elemento de corte de la instalación. (Norma de instalaciones, 2001, p. 19)

En algunos casos que se genera picos de carga o suministro, por las nuevas edificaciones, es importante la conformidad del área técnico UTE, para el lugar apropiado a la GGP, sub estación y tableros de control (Norma de instalaciones, 2001, p. 19)

1.3.4.1 Componentes de las instalaciones de enlace

“Los elementos para la instalación de enlace de baja tensión.

“**Acometida:** es la línea principal para la distribución de energía, el CD correspondiente y/o la CGP” (Norma de instalaciones, 2001, p. 19).

“**Caja General de Protección (CGP):** es importante para la protección de líneas de operación, siendo dispositivos de operación en el suministro subterráneo o instalaciones receptoras” (Norma de instalaciones, 2001, p. 19).

Cajas de Distribución (CD): Cajas de protección de las líneas repartidoras con los elementos de operación, previstas para instalación al exterior en la vía pública. (Norma de instalaciones, 2001, p. 19)

“**Línea repartidora:** Línea que enlaza la CGP y/o la CD teniendo un tablero de control que se instalan en el interior o receptora” (Norma de instalaciones, 2001, p. 24).

“La línea de suministro se le considera una tolerancia mayor a lo especificado, considerando la caída de tensión máxima permitida, la resistencia mecánica, corriente límite económica e intensidad máxima admisible” (Norma de instalaciones, 2001, p. 24).

La UTE tiene procedimiento para el dimensionado de las líneas repartidoras:

- Se considera una caída de tensión mayor a 0,5% con 20 m y de 1 % siendo para altura mayores.
- La carga debe ser un 60 - 70% en condiciones aceptables.

“En el procedimiento nos indican Tablas, con la longitud de las líneas y la potencia a suministrar” (Norma de instalaciones, 2001, p. 24).

Tablero de Medidores

Elementos que conforman:

- “Controladores de energía, Activa y reactiva, si corriente” (Norma de instalaciones, 2001, p. 25).
- “Accesorios, borneras, transformadores de energía, etc., si concierne)” (Norma de instalaciones, 2001, p. 25).
- “Accionado de Control de Potencia (ICP)” (Norma de instalaciones, 2001, p. 25).

“Estos deben ser evaluados y aprobados por la UTE” (Norma de instalaciones, 2001, p. 25).

Tabla N° 2

Recuperado de: https://iie.fing.edu.uy/ense/assign/iiee/Documentos/Teorico/Tipos_suministro.pdf

UTILIZACIÓN	TABLERO	TIPO	FIGURA
Viviendas, comercios o industrias (*) Potencia ≤ 8,8kW	MONOFASICO DIRECTO	M-UTE	1
Viviendas, comercios o industrias Potencia < 10kW	TRIFASICO DIRECTO	T-UTE	1
Viviendas, comercios o industrias 10kW ≤ Potencia ≤ 45kW en 220V 10kW < Potencia ≤ 70kW en 380V	TRIFASICO DIRECTO	TR-UTE	3
Suministros con Potencia > 45kW en 220V 70kW < Potencia ≤ 300kW en 380V	TRIFASICO INDIRECTO (CORRIENTE ≤ 600 A)	TtR-UTE	5
	TRIFASICO INDIRECTO (CORRIENTE > 600 A)	(**)	-

Tipos de tableros de medidores según su utilización

(*) En los lugares rurales se tiene 16kW siendo el suministro.

(**) Los medidores se enlazarán al TtR, sin embargo, el transformador de corriente se considera mediante el procedimiento de la UTE.

1.3.5 La energía eólica

“La energía eólica presenta gran demanda e incremento a nivel mundial” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

“A finales del siglo XX la energía a evolucionado a pasos agigantados, sientio muy importante y necesario de manera global a nivel mundial”

(Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

“Para que esto se llegara a realizar, se ha tenido varias variables clasificando en 5” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

“En Primer lugar, a la escasas de forma progresiva en el combustible remoto” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

“En Segundo lugar, la importancia de la energía eólico” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

“En Tercero lugar, el estudio y la importancia de los aerogeneradores para obtener mayor eficiencia” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

“se debe de acondicionar en lugares estratégicos y su diseño debe de alinearse a las condiciones climáticas” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

“Debe de alinearse con las centrales de energía a la producción y cantidad” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

“La condición en los parques eólicos se da mediante los vientos adecuados y se controlan mediante la necesidad del usuario” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

“es importante los estacionamientos adecuados para la eficiencia del parque eólicas” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

“Una vez obtenido los estacionamientos se tiene otras variables, mediante las edificaciones eléctricas y de comunicaciones, siendo importante la parte técnica y económica del proyecto y el control ambiental” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

1.3.6 Viento y energía eólica

“La importancia de la energía eólica, una de las variables es el viento” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

1.3.6.1 Origen del viento a escala global

“El viento, siendo una gran parte principal para el parque eólico, nos da uniformidad para controlar la energía” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

“El viento en posiciones elevadas a la atmosfera, es paralela a las isobaras que mantiene una presión uniforme” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 9).

“El viento geostrófico es una abstracción, generan que las isobaras sean curvas y no lineales” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 10).

“generando fuerzas que actúan sobre el viento, formado una fuerza centrífuga o llamada fuerza de desnivel” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 10).

1.3.6.2 Circulaciones de escala regional y local

“Se considera un planeta homogéneo de forma esferoidal, teniendo un gran mar y tierras” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 10).

“Las variables en el océano y el cambio de temperatura afectan al viento integral” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 10).

“También, el enfriamiento local o calentamiento afectan los vientos locales a diario, en niveles variables como los vientos de cordilleras y las auras” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 10).

“Se consideran a centro de baja y alta presión que se dan por enfriamiento, calentamiento del bajo nivel sobre el nivel del mar, donde se dan los huracanes, tormentas tropicales” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 10)

1.3.6.3 Instrumentos de medición del viento

“El viento es un resultante de superficies, siendo la parte vertical muy mínima. Por ende, formándose en su trayectoria del tiempo en 02 ejes” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 10).

Pudiendo obtener entre el eje cartesiano, una proyección arbitrante entre el eje e y x describiendo las coordenadas mediante la dirección y la velocidad. (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 10)

Figura N° 4

Recuperado de :
http://www.osinergmin.gob.pe/secion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Otros-Eolico/AtlasEolicoLibro.pdf



Anemómetro de cazoletas

“Esta herramienta con 03 receptáculos, que se encuentran instaladas en un eje pequeño, el anemómetro proporciona su giro en relación a la velocidad del viento, presentando una señal” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 10).

“Para obtener el tiempo de rotación de los receptáculos, se da mediante los interruptores fotoeléctricos, finalmente obteniendo el desplazamiento del flujo del viento, mediante la distancia” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 10).

“Mediante la división

Distancia = Velocidad

Unidad del tiempo

El flujo del aire genera el giro a la hélice de forma rotativa, uniéndose a la veleta y poder alinearse al viento. (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 10)

“Se observa en la imagen que el contrapeso nos indica la dirección que se desplaza el viento” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 11).

“La señal de la posición se la veleta se obtiene por contactos de cierre de circuito o a través de potenciómetros” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 11).

“Se tiene otra variedad de herramientas de medición de viento, mucho más eficiente, sin embargo el costo es muy elevado” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 11).

1.3.6.4 Unidades y escalas

“En el Sistema Internacional, estas unidades son el metro y el segundo (m/s), siendo las más utilizadas por la energía eólica. Además, se emplean el kilómetro y la hora (km/h)” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 11).

“En la escala Beaufort, que se usa para la fenomenológica y que une la velocidad del viento en relación a la superficie del mar” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 11).

Tabla N° 3

Recuperado de :
http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/institucional/Estudios_Economicos/Otros-Estudios/Atlas-Eolico/AtlasEolicoLibro.pdf

Número Beaufort	Velocidad (km/h)	Denominación
0	< 1	Calma
1	2 - 5	Ventolina
2	6 - 11	Flojito (Brisa muy débil)
3	12 - 19	Flojo (Brisa débil)
4	20 - 28	Bonancible (Brisa moderada)
5	29 - 38	Fresquito (Brisa fresca)
6	39 - 49	Fresco (Brisa fuerte)
7	50 - 61	Frescachón (Viento fuerte)
8	62 - 74	Temporal (Viento duro)
9	75 - 88	Temporal fuerte (Muy duro)
10	89 - 102	Temporal duro (Temporal)
11	103 - 117	Temporal muy duro (Borrasca)
12	> 118	Temporal huracanado (Huracán)

Tabla de equivalencias de la escala de Beaufort

1.3.7 Potencial eólico aprovechable

“Es el potencial natural que es factible aprovechar el 100%, mediante la (turbina eólica)” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 11).

“El viento es una masa en movimiento que tiene energía cinética, el aire al desplazarse con velocidad menor, tiene energía cinética” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 11).

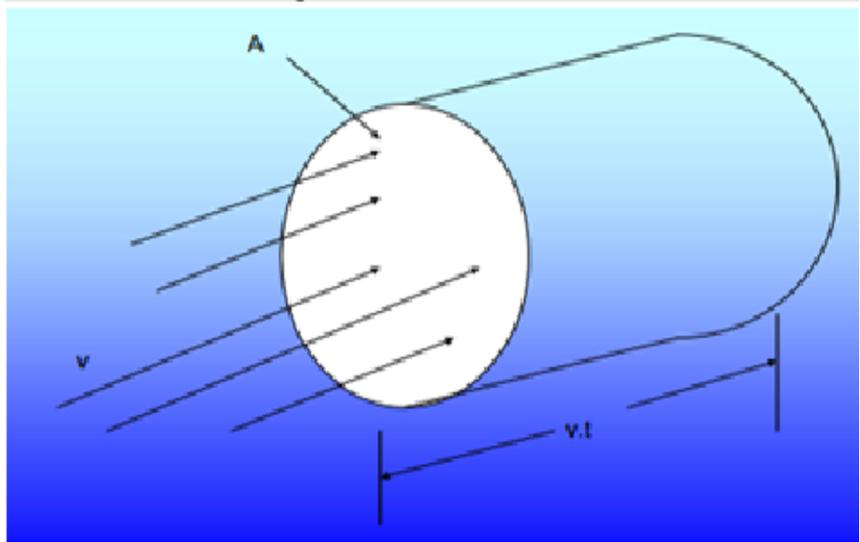
$$E = 0.5mV^2$$

“La densidad de corriente de aire es designada (ρ), La velocidad del viento v es:” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 11).

$$E = 0.5 \cdot \rho \cdot \text{Volumen} \cdot V^2$$

Figura N° 5

Recuperado de :
http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Otros-Estudios/Atlas-Eolico/AtlasEolicoLibro.pdf



Volumen de control de flujo de aire

Los datos:

$$P = 0.5 \cdot \rho \cdot (\text{Volumen} \cdot V^2 / \text{volumen}) \cdot (A \cdot V \cdot t) / t$$

P: Potencia en Watt.

V: Velocidad del viento.

A: Área de la sección transversal.

t: Tiempo empleado.

“Como resultado, la energía mediante el flujo de viento de velocidad (V) representada por” (Atlas Eólico del Perú, 2008, p. 11).

$$P = 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \text{ [Watts]}$$

Donde:

P: Potencia eólica Watt.

ρ : Densidad del aire Kg/cm³.

A: Sección del flujo del viento m²

V: Velocidad del viento m/s.

1.3.8 Energía que se extrae del viento

“El flujo isotérmico y sabiendo que (Velásquez Jorge, s.f., p. 2).

$$S \cdot V = S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2 \quad |$$

“La fuerza que se dan en la barrida (S) debido al aerogenerador, es = a la variación de la energía cinética en el punto donde se ubica el aspa:” (Velásquez Jorge, s.f., p. 2).

$$E_p + 0.5 \cdot m \cdot V_1^2 - (E_p + 0.5 \cdot m \cdot V_2^2) = 0.5 \cdot m \cdot (V_2^2 - V_1^2) = \\ 0.5 \cdot m \cdot (V_1 - V_2) \cdot (V_1 + V_2)$$

Al impactar con las aspas el viento cambio su valor, por lo que denominaremos un coeficiente “a” de interferencia, es decir,

$$(v_1 - a \cdot v_1) = v,$$

además asumimos que $v = (v_1 + v_2) / 2$, resolviendo las ecuaciones en la unidad del tiempo, hallamos la potencia en función de “a” y (v1). (Velásquez Jorge, s.f., p. 3-4)

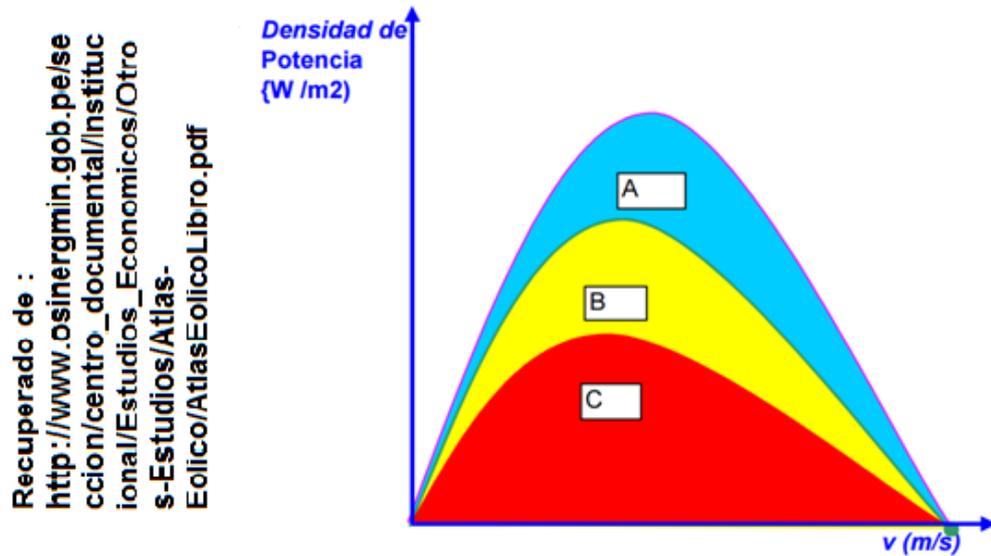
$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v_1^3 \cdot 4 \cdot a \cdot (1-a)^2$$

“En la situación teniendo una elevada potencia y se puede suministrar por un rotor” (Velásquez Jorge, s.f., p. 3-4).

$$\frac{d}{da} P = 0, \text{ cuando } a = 1/3 \quad P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v_1^3 \cdot 4 \cdot a \cdot (1-a)^2$$

“El parámetro del coeficiente teórico (0,593), siendo imposible” (Velásquez Jorge, s.f., p. 4).

Figura N° 6



Potencia de turbina en función a velocidad del viento

Dónde:

A: Potencia total de entrada

B: Potencia aprovechable (Teorema de Betz)

C: Potencia producida por la turbina.

Es óptimo al ser relacionado por la ecuación de potencia, por un coeficiente (C_p , η) ideal de cada tecnología, así:

$$P = (C_p) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (v)^3 \dots\dots\dots [W/m^2]$$

Dónde:

“ C_p : Fracción de potencia, ya no se considera la velocidad al cubo (curva de velocidades), sino la potencia que varía linealmente” (Velásquez Jorge, s.f., p. 4).

1.4 Formulación del problema.

¿Es posible suministrar energía eléctrica en una empresa de telecomunicación en Morrope, diseñando un Aerogenerador de 6 Kw?

1.5 Justificación del estudio.

1.5.1 Justificación Técnica.

“El actual proyecto de investigación se justifica porque está enmarcado dentro del plan de electrificación rural, en la cual se incentiva el uso de recursos energético renovables”

Según el Atlas eólico del Perú, la potencia aprovechable por la energía del viento en la región Lambayeque es de 564 MW, con velocidades del viento alrededor de 5m/s, haciendo viable el proyecto en mención. Así mismo el mayor potencial eólico es en horas de la noche, por lo cual se justifica su utilización como fuente de energía alterna a la existente, que es el grupo electrógeno, el cuál funciona en horas del día.

Es importante la verificación de la velocidad del viento para garantizar el funcionamiento estable del aerogenerador en un lapso de tiempo, y de esa manera el diseño aerodinámico del aerogenerador logrará captar la mayor cantidad de energía eólica.

1.5.2 Justificación Económica.

Por dos razones económicas se justifica:

- La empresa operadora de los equipos de telecomunicación reporta que tiene un consumo de 14,4 galones de combustible (Diésel), equivalentes a 180 Nuevos soles, para el funcionamiento del grupo electrógeno de 8 KW, dicho consumo se podría reducir a la mitad, es decir 7,2 Galones por día
- La lejanía al punto de conexión eléctrica de la red del sistema interconectado, siendo la única carga a alimentar; la distancia aproximada es de 6 Km. Los costos de instalación por cada Km de red primaria son de aproximadamente S/. 5000.00 /Km, por lo cual si se compra energía del SEIN, la inversión inicial sería de 30,000 Nuevos Soles, que tendría que asumirlo el propietario, si a

ello se suma los costos de facturación mensual, que sería entre 300 y 400 soles mensuales.

- Si se instala el aerogenerador, los costos por energía eléctrica se reducen porque solo sería la mitad del consumo de petróleo y el costo de instalación del aerogenerador.

1.5.3 Justificación Ambiental.

El consumo de combustible para el grupo electrógeno, genera valores de emisiones de monóxido de carbono, dióxido de carbono, vapor de agua, hidrocarburos no quemados y otros, en cantidades de acuerdo a la calidad de la combustión, por lo cual se justifica ambientalmente el proyecto de investigación, debido a que los niveles de contaminación por emisión se reducen a la mitad de lo que actualmente se está generando, sin embargo es preciso señalar que se tiene que analizar los efectos de la contaminación sonora y visual del lugar.

1.6 Hipótesis.

El diseño de un Aerogenerador de 6 Kw posibilita el suministro de Energía Eléctrica en una empresa de Telecomunicación de Morrope.

1.7 Objetivos.

1.7.1 Objetivo General.

Diseñar un aerogenerador de 6 Kw para suministrar energía eléctrica en una empresa de telecomunicaciones de Morrope.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis actual del consumo de energía eléctrica en la empresa de Morrope.
- Realizar un estudio del potencial eólico, analizando el comportamiento de la velocidad del viento, en diferentes condiciones, y horas del día.
- Diseñar y Seleccionar los dispositivos electromecánicos y de control del aerogenerador de 6 KW de potencia.
- Evaluar la economía del proyecto, mediante el VAN, TIR y B/C).

II. METODO

2.1 Diseño de investigación

El diseño de investigación es **no experimental**, donde se refiere a que no se manejan en forma intencional las variables del estudio, si no que se analizan los elementos ya obtenidos en la problemática.

Además, es una investigación de **tipo descriptivo** donde se indican diferentes elementos de la situación del problema. Siendo **propositivo** porque se plasma una propuesta en la problemática existente de la energía eléctrica, para ello se realiza una evaluación técnica y económica en la empresa de telecomunicación – Morrope.

2.2 Variables, Operacionalización

- **Variable Independiente** : Aerogenerador de 6 kw.
- **Variable Dependiente:** suministro de energía eléctrica.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición
Independiente: Aerogenerador de 6 kw	Generador eléctrico movido por una turbina accionada por el viento.]	Transforman la energía cinética en energía eléctrica, caracterizándose por tener pocas palas de 1 a 3 ya que de esta manera logran alcanzar a desarrollar una mayor eficiencia en la transformación de la energía.	Energía Cinética Energía Mecánica Energía Eléctrica.	Velocidad del viento. Torque. RPM. Tensión Eléctrica. Intensidad de Corriente eléctrica. Potencia Eléctrica.	Guía de Observación. Registro de Información Estadística.	<ul style="list-style-type: none"> • m/s. • RPM • N-m. • Voltios • Amperios. • KW
Dependiente: suministro de energía eléctrica	Constituye de un conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica.	El suministro de energía hacia los equipos de la antena de telecomunicación se realizará desde el aerogenerador hacia un tablero general, el cual mediante un sistema de transferencia automática, establece la entrega de energía ya sea del aerogenerador, por intermedio del banco de baterías o del grupo electrógeno.	Energía Eólica. Circuito de Control. Circuito de Fuerza.	Tensión eléctrica. Corriente eléctrica. Potencia eléctrica. Resistencia eléctrica. Eficiencia de la conversión y distribución de energía.	Guía de Observación. Entrevista. Formato de Cargas Eléctricas	Voltios. Amperios Watt. Ohmios. Porcentaje

2.3 Población y muestra.

Lo establecerán principalmente las instalaciones eléctricas de la empresa de telecomunicación – Morrope.

Se selecciona de la siguiente manera:

- **Criterios de Inclusión:** Mediante las instalaciones eléctricas se toma en cuenta el interior de la empresa de telecomunicación – Morrope.
- **Criterios de exclusión:** No se toman en cuenta las instalaciones eléctricas exteriores, como son la acometida.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y Confiabilidad.

2.4.1 Técnicas

- **Observación:** Se utilizará esta técnica para poder conocer el lugar en donde se instalará el aerogenerador que se está proponiendo, observando el espacio físico del lugar y la posible ubicación de los equipos.
- **Análisis de documentos:** En esta técnica se analizarán reportes de las instituciones que registran los datos de velocidades de viento, temperatura y el registro de las cargas eléctricas de la empresa de telecomunicaciones.
- **Entrevista.** Se realizará entrevista a un especialista en energía con recursos no renovables para conocer los incentivos que brinda el estado al uso de estas tecnologías y la viabilidad de los costos de instalación.

2.4.2 Instrumentos

- Guía de entrevista
- Fichas de recolección de datos.
- Formato de cargas eléctricas.

2.4.3 Validez y confiabilidad

Validez: La validación se da mediante el criterio de jueces y cuidado absoluto del proceso metodológico de los resultados que obtenemos

del estudio científico, en este caso el diseño de un aerogenerador de 6 KW.

Confiabilidad: la investigación científica presenta instrumentos ya validados por autores que han realizado estudios relacionados al tema, dando la confiabilidad.

2.5 Métodos de análisis de datos

Mediante la información obtenida y recolectada, las herramientas aplicadas, se utilizarán como:

Frecuencias porcentuales y simples, promedios, desviación estándar, media aritmética, distribución de probabilidad exponencial y weibull.

2.6 Aspectos éticos

“Cuando se habla de ética y de ciencia debemos relacionar estas palabras con los valores para señalar que algo es bueno, justo y adecuado o es indeseable” (Amador, 2010, p. 1).

III. RESULTADOS.

3.1 Consumo Energético Actual en la Empresa.

Para conocer su consumo de energía de la empresa de telecomunicaciones, es necesario conocer la potencia instalada de todos los consumidores de energía eléctrica; en la tabla N°4, se muestra el inventario de los equipos con los que se cuenta:

Tabla N° 4

Sistema	Equipo	Cantidad	Potencia Unitaria (W)	Potencia Total (KW)
Autoría Propia, Iluminación	Luminaria exterior	1	400	0,40
	Lámpara Fluorescente Iluminación Patio	4	150	0,60
	Lámpara Fluorescente Sala de Equipos	6	32	0,192
	Lámpara Fluorescente Iluminación Servicios Higiénicos	2	32	0,064
	Lámpara Fluorescente Grupo Electrónico	2	32	0,064
	Antena	radio <u>huawei</u> rtn 620	1	374
Sistema 2G		1	2200	2,200
Cargador de Baterías		1	300	0,30
Confort	Aire Acondicionado 24000 BTU/Hora	1	7030	7,030
Total				11,224

Los consumidores de energía eléctrica exclusivamente para la antena de telecomunicación operan las 24 horas del día por lo tanto, se requiere una potencia de 2874 Watt, de suministro constante; el resto de consumidores, se hace de acuerdo a las horas del día, a o las estaciones del año, como es el caso del aire acondicionado.

En la tabla N ° 5, se observa el ritmo de consumo de energía, durante las 24 horas del día.

TABLA N° 5

Autoría
Propia,

	ACTUAL	
Hora	Potencia (KW)	Energía (KW-H)
00.00-01.00	3,306	3,306
01.00-02.00	3,306	3,306
02.00-03.00	3,306	3,306
03.00-04.00	3,306	3,306
04.00-05.00	3,306	3,306
05.00-06.00	3,306	3,306
06.00-07.00	3,938	3,938
07.00-08.00	3,938	3,938
08.00-09.00	3,938	3,938
09.00-10.00	3,938	3,938
10.00-11.00	3,938	3,938
11.00-12.00	10,336	10,336
12.00-13.00	10,336	10,336
13.00-14.00	10,336	10,336
14.00-15.00	10,336	10,336
15.00-16.00	3,306	3,306
16.00-17.00	3,306	3,306
17.00-18.00	4,238	4,238
19.00-20.00	4,238	4,238
20.00-21.00	4,238	4,238
21.00-22.00	4,238	4,238
22.00-23.00	3,306	3,306
23.00-24.00	3,306	3,306
Total /KW-H)		111,046

Ritmo de consumo de energía en Empresa de Telecomunicaciones

En el gráfico 1, se observa el diagrama de carga, en el cual se determina el factor de carga, siendo éste:

$$FC = (EC) / (24 * MD)$$

Donde:

FC: Factor de Carga.

EC: Energía Consumida: 111046 Watt – Hora, 111,04 KW-H

MD: Máxima Demanda: 10,33 KW

Reemplazando, se tiene.

$$FC = 111,04 / (10,33 * 24)$$

$$FC = 0,44$$

Gráfico N° 1

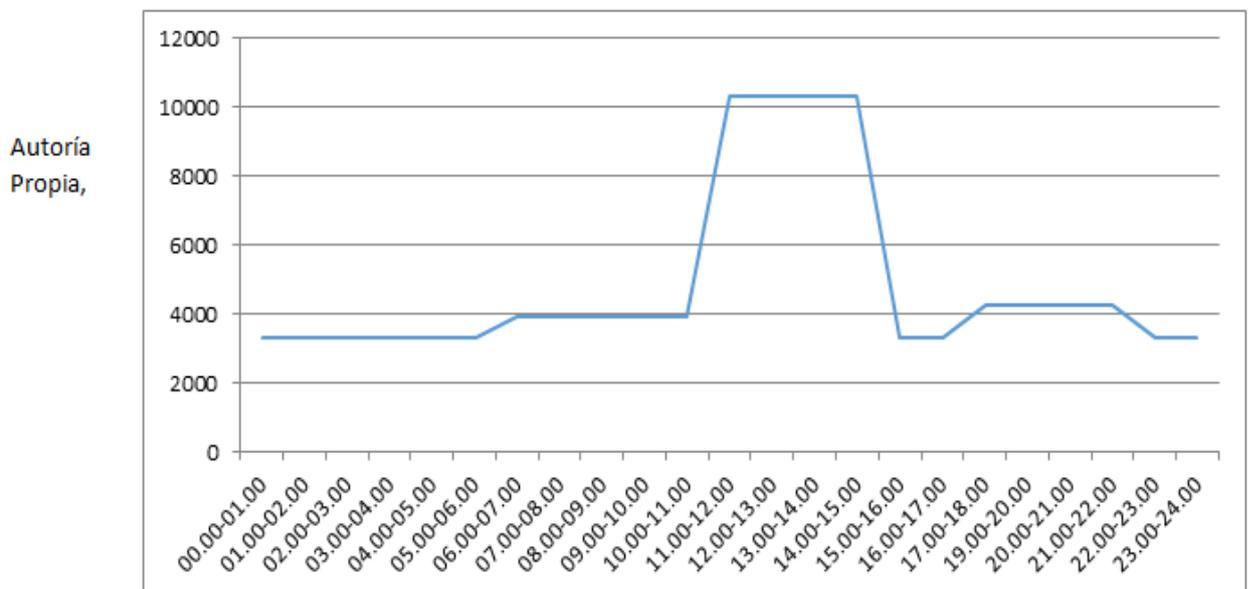


Diagrama de carga de Empresa de Telecomunicaciones

En el gráfico 1, se muestra el consumo diario de energía, en el cual entre las 11.00 y las 15.00 horas se registra el mayor consumo, debido al funcionamiento del aire acondicionado.

3.2 Análisis del comportamiento y recopilación de las mediciones de la Velocidad del viento en diferentes condiciones y horas del día.

Para realizar la recopilación de las mediciones en la zona donde se proyecta instalar el aerogenerador, se estableció el siguiente protocolo de medición:

Protocolo de Medición:

- El horario de toma de datos es a partir de las 15.00 hasta las 03.00 horas del día siguiente, que es donde se tiene la mayor velocidad del viento, y para ello se estableció que las lecturas se realicen entre los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, que es el periodo de desarrollo de la tesis.
- La medición de la velocidad del viento se realizó a 4 diferentes alturas, es decir a 4, 5,6 y 7 metros de altura, medido desde la azotea de la empresa.
- Por cada hora, se tomó 03 lecturas, para luego obtener el promedio de ellas.
- El Anemómetro que se utiliza, es de tipo digital y su ubicación será frente a la dirección del viento.
- Se registra los datos en los instrumentos de recopilación de datos, para su posterior análisis del potencial eólico.

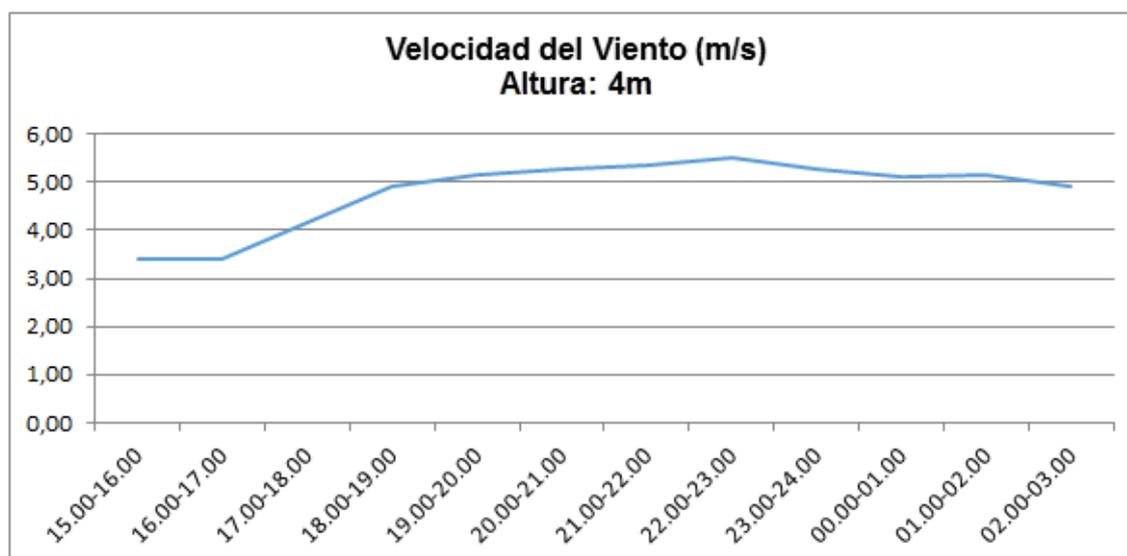
En el cuadro N° 01, se registra, la información de las mediciones de las velocidades del viento, tal como se detalla, en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre 2016.

Cuadro N° 1

Día: 01 de Junio del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s) Altura: 4m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,43	3,39	3,42	3,41
16.00-17.00	3,34	3,45	3,46	3,42
17.00-18.00	4,11	4,13	4,17	4,14
18.00-19.00	4,84	4,91	4,96	4,90
19.00-20.00	5,12	5,15	5,18	5,15
20.00-21.00	5,27	5,24	5,29	5,27
21.00-22.00	5,34	5,34	5,38	5,35
22.00-23.00	5,43	5,54	5,57	5,51
23.00-24.00	5,23	5,23	5,29	5,25
00.00-01.00	5,12	5,11	5,08	5,10
01.00-02.00	5,14	5,15	5,1	5,13
02.00-03.00	4,98	4,91	4,86	4,92

Velocidad del viento, del día 01 de Junio, altura 4m

Gráfica N° 2



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Junio, altura 4m

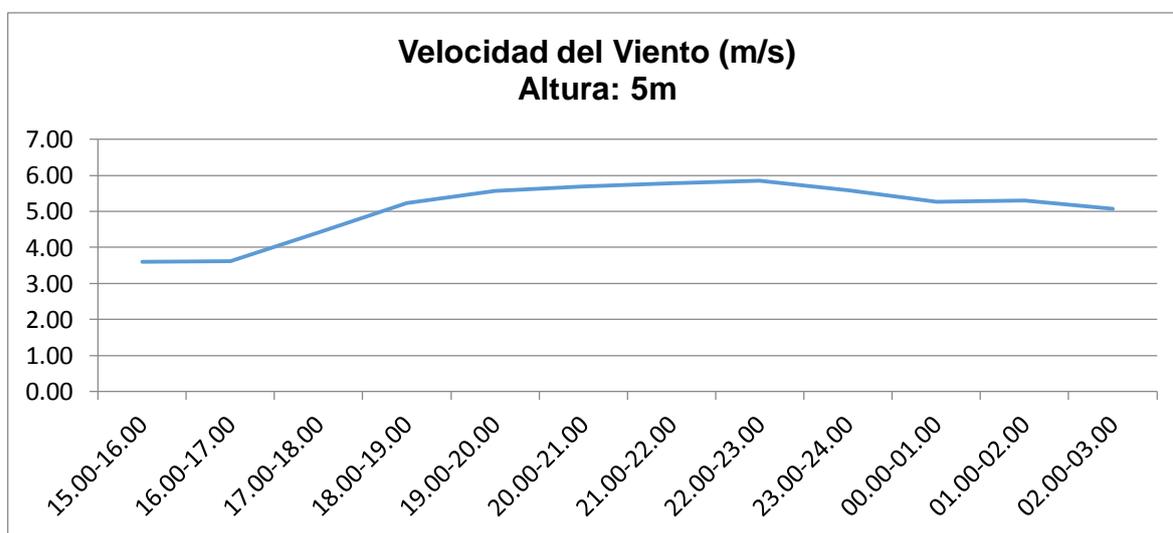
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 23. Horas, con valores superiores a los 5m/s.

Cuadro N° 2

Día: 01 de Junio del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s) Altura: 5m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,70	3,63	3,49	3,61
16.00-17.00	3,61	3,69	3,53	3,61
17.00-18.00	4,44	4,50	4,30	4,41
18.00-19.00	5,23	5,35	5,11	5,23
19.00-20.00	5,73	5,61	5,34	5,56
20.00-21.00	5,90	5,71	5,45	5,69
21.00-22.00	5,98	5,82	5,54	5,78
22.00-23.00	6,08	5,76	5,74	5,86
23.00-24.00	5,86	5,44	5,45	5,58
00.00-01.00	5,27	5,31	5,23	5,27
01.00-02.00	5,29	5,36	5,25	5,30
02.00-03.00	5,13	5,11	5,01	5,08

Velocidad del viento, del día 01 de Junio, altura 5m

Gráfica N° 3



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Junio, altura 5m

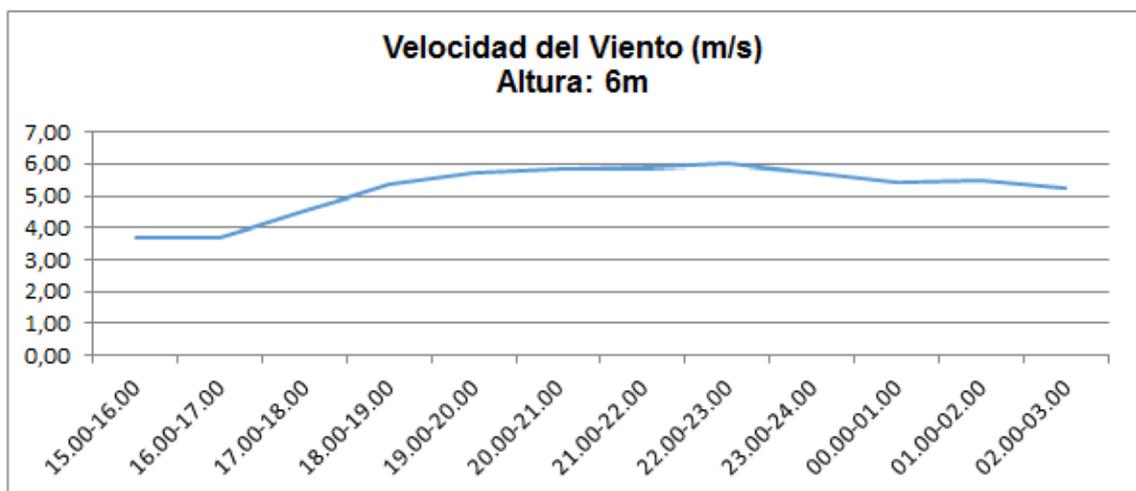
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s.

Cuadro N° 3

Día: 01 de Junio del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s) Altura: 6m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,89	3,66	3,45	3,67
16.00-17.00	3,79	3,73	3,49	3,67
17.00-18.00	4,66	4,55	4,38	4,53
18.00-19.00	5,54	5,41	5,21	5,39
19.00-20.00	6,08	5,66	5,44	5,73
20.00-21.00	6,26	5,76	5,56	5,86
21.00-22.00	6,34	5,87	5,56	5,92
22.00-23.00	6,51	5,81	5,75	6,03
23.00-24.00	6,27	5,50	5,47	5,74
00.00-01.00	5,64	5,37	5,25	5,42
01.00-02.00	5,72	5,41	5,27	5,47
02.00-03.00	5,54	5,16	5,06	5,25

Velocidad del viento, del día 01 de Junio, altura 6m

Gráfica N° 4



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Junio, altura 6m.

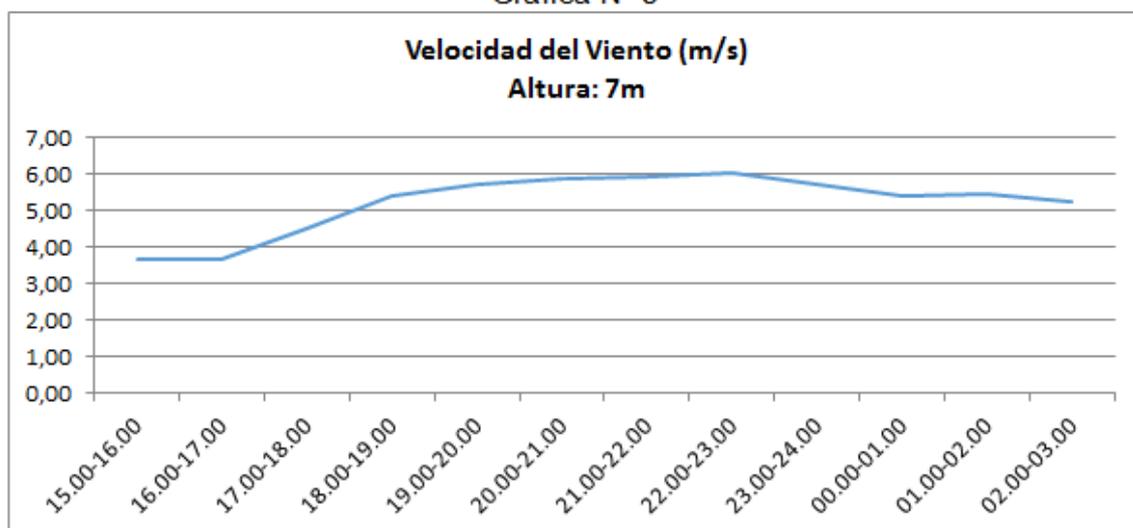
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s, alcanzado los 6m/s a las 23.00 horas.

Cuadro N°4

Día: 01 de Junio del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s) Altura: 7m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,97	3,81	3,70	3,82
16.00-17.00	3,79	3,73	3,49	3,67
17.00-18.00	4,66	4,55	4,38	4,53
18.00-19.00	5,71	5,57	5,21	5,50
19.00-20.00	6,08	5,77	5,71	5,85
20.00-21.00	6,26	5,76	5,56	5,86
21.00-22.00	6,34	5,87	5,65	5,95
22.00-23.00	6,51	6,05	5,75	6,10
23.00-24.00	6,27	5,50	5,96	5,91
00.00-01.00	5,64	5,37	5,29	5,44
01.00-02.00	5,72	5,41	5,27	5,47
02.00-03.00	5,59	5,19	5,09	5,29

Velocidad del viento, del día 01 de Junio, altura 7m

Gráfica N° 5



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Junio, altura 7m.

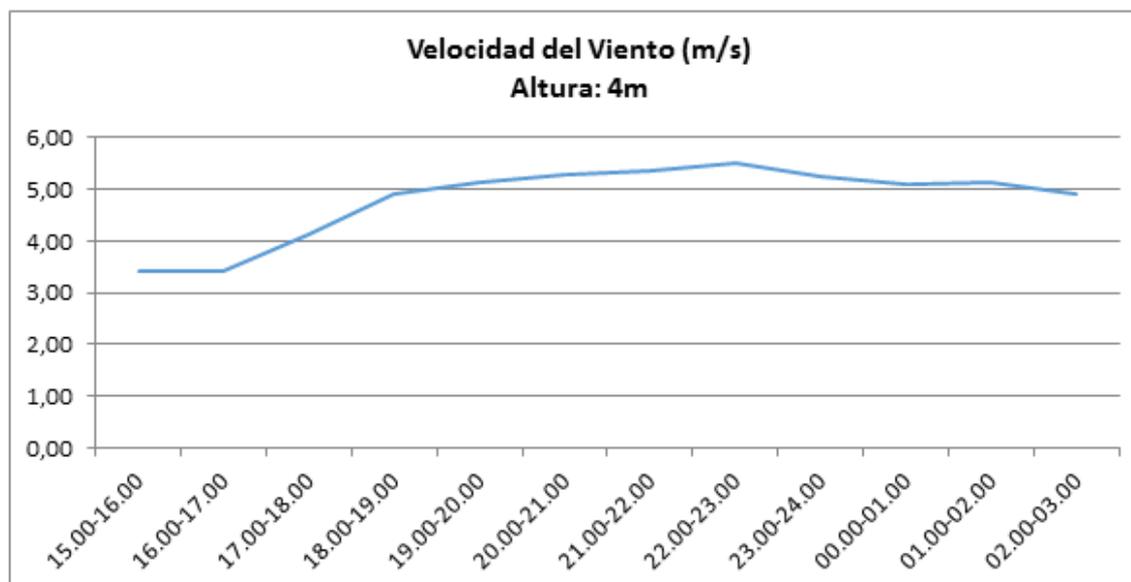
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s, alcanzado los 6m/s a las 23.00 horas.

Cuadro N°5

Día: 01 de Julio del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento Altura: 4m (m/s)			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,43	3,39	3,42	3,41
16.00-17.00	3,34	3,45	3,46	3,42
17.00-18.00	4,11	4,13	4,17	4,14
18.00-19.00	4,84	4,91	4,96	4,90
19.00-20.00	5,12	5,15	5,18	5,15
20.00-21.00	5,27	5,24	5,29	5,27
21.00-22.00	5,34	5,34	5,38	5,35
22.00-23.00	5,43	5,54	5,57	5,51
23.00-24.00	5,23	5,23	5,29	5,25
00.00-01.00	5,12	5,11	5,08	5,10
01.00-02.00	5,14	5,15	5,1	5,13
02.00-03.00	4,98	4,91	4,86	4,92

Velocidad del viento, del día 01 de Julio, altura 4m

Gráfica N° 6



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Julio, altura 4m.

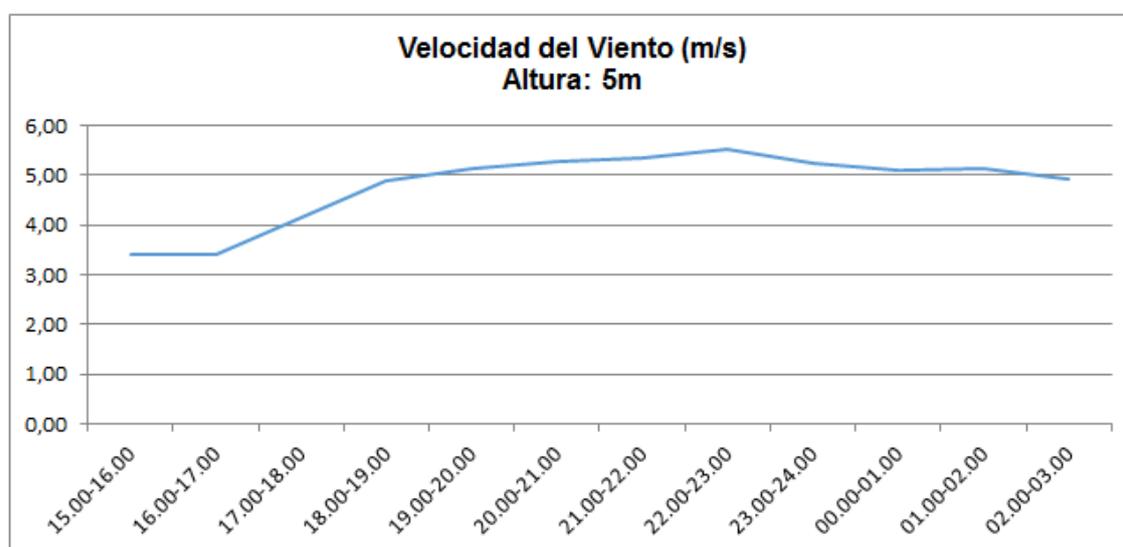
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s.

Cuadro N°6

Día: 01 de Julio del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento Altura: 5m (m/s)			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,43	3,39	3,42	3,41
16.00-17.00	3,34	3,45	3,46	3,42
17.00-18.00	4,11	4,13	4,17	4,14
18.00-19.00	4,84	4,91	4,96	4,90
19.00-20.00	5,12	5,15	5,18	5,15
20.00-21.00	5,27	5,24	5,29	5,27
21.00-22.00	5,34	5,34	5,38	5,35
22.00-23.00	5,43	5,54	5,57	5,51
23.00-24.00	5,23	5,23	5,29	5,25
00.00-01.00	5,12	5,11	5,08	5,10
01.00-02.00	5,14	5,15	5,1	5,13
02.00-03.00	4,98	4,91	4,86	4,92

Velocidad del viento, del día 01 de Julio, altura 5m

Gráfica N° 7



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Julio, altura 5m.

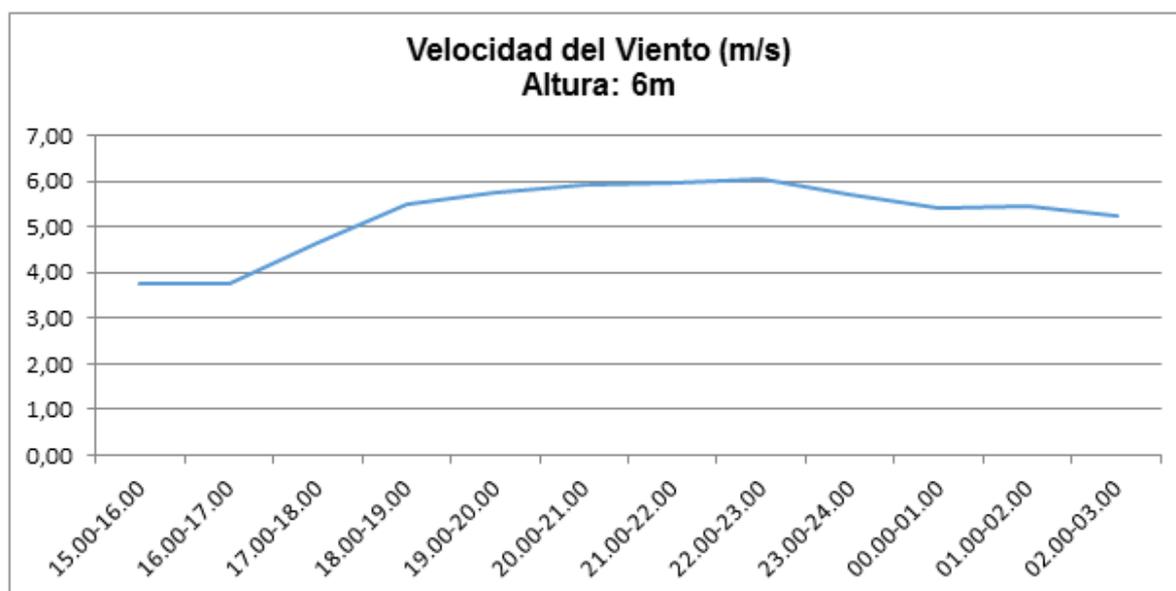
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s.

Cuadro N°7

Día: 01 de Julio del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento Altura: 6m (m/s)			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,81	3,81	3,70	3,77
16.00-17.00	3,71	3,88	3,74	3,78
17.00-18.00	4,57	4,64	4,69	4,63
18.00-19.00	5,43	5,51	5,58	5,51
19.00-20.00	5,84	5,78	5,66	5,76
20.00-21.00	6,01	5,99	5,78	5,93
21.00-22.00	5,96	6,11	5,78	5,95
22.00-23.00	6,12	6,05	5,98	6,05
23.00-24.00	5,89	5,66	5,57	5,71
00.00-01.00	5,30	5,53	5,36	5,40
01.00-02.00	5,37	5,58	5,38	5,44
02.00-03.00	5,21	5,32	5,16	5,23

Velocidad del viento, del día 01 de Julio, altura 6m

Gráfica N° 8



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Julio, altura 6m.

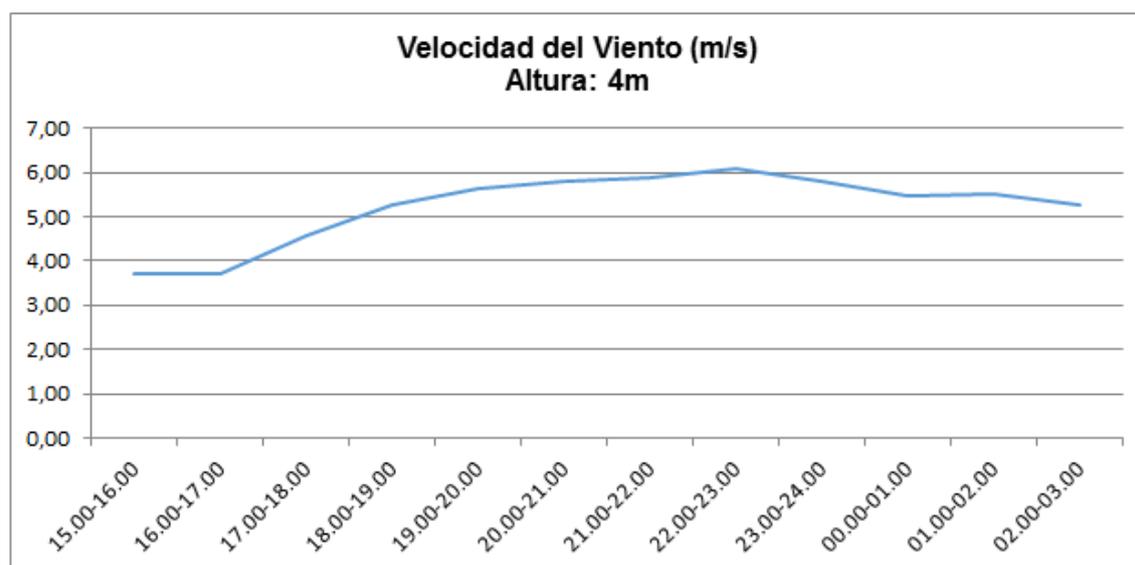
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s, alcanzado los 6m/s a las 23.00 horas.

Cuadro N°8

Día: 01 de Julio del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s) Altura: 7m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,97	3,63	3,49	3,69
16.00-17.00	3,83	3,69	3,56	3,69
17.00-18.00	4,71	4,50	4,47	4,56
18.00-19.00	5,26	5,24	5,32	5,27
19.00-20.00	5,77	5,49	5,66	5,64
20.00-21.00	5,94	5,71	5,78	5,81
21.00-22.00	5,90	5,81	5,89	5,87
22.00-23.00	6,05	6,10	6,10	6,09
23.00-24.00	5,83	5,77	5,79	5,80
00.00-01.00	5,30	5,48	5,57	5,45
01.00-02.00	5,37	5,52	5,59	5,50
02.00-03.00	5,21	5,27	5,36	5,28

Velocidad del viento, del día 01 de Julio, altura 7m

Gráfica N° 9



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Julio, altura 7m.

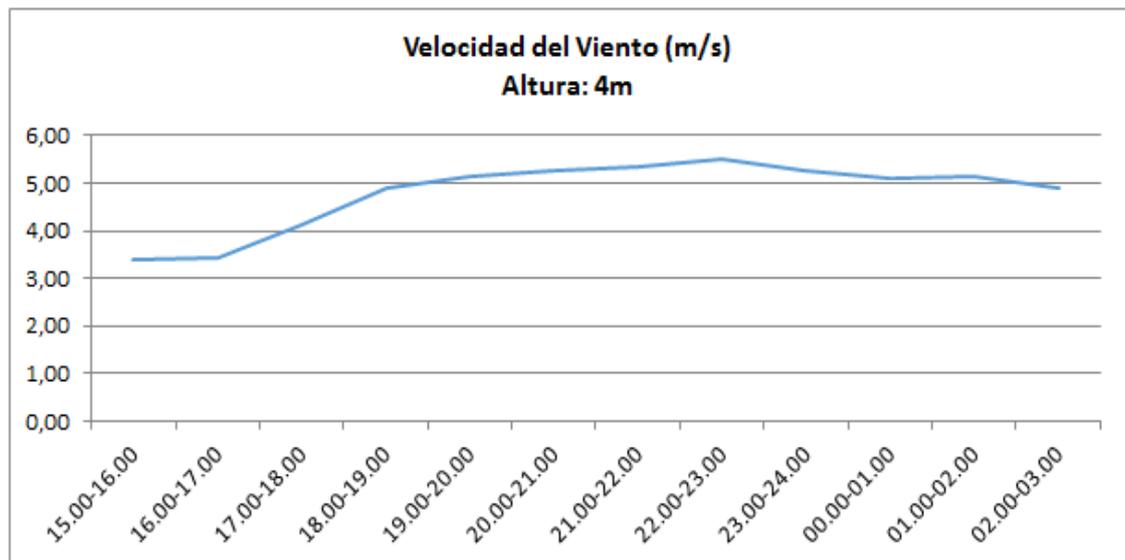
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s, alcanzado los 6,1m/s a las 23.00 horas.

Cuadro N°9

Día: 01 de Agosto del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s) Altura: 4m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,43	3,39	3,42	3,41
16.00-17.00	3,34	3,45	3,46	3,42
17.00-18.00	4,11	4,13	4,17	4,14
18.00-19.00	4,84	4,91	4,96	4,90
19.00-20.00	5,12	5,15	5,18	5,15
20.00-21.00	5,27	5,24	5,29	5,27
21.00-22.00	5,34	5,34	5,38	5,35
22.00-23.00	5,43	5,54	5,57	5,51
23.00-24.00	5,23	5,23	5,29	5,25
00.00-01.00	5,12	5,11	5,08	5,10
01.00-02.00	5,14	5,15	5,1	5,13
02.00-03.00	4,98	4,91	4,86	4,92

Velocidad del viento, del día 01 de Agosto altura 4m

Gráfica N° 10



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Agosto, altura 4m.

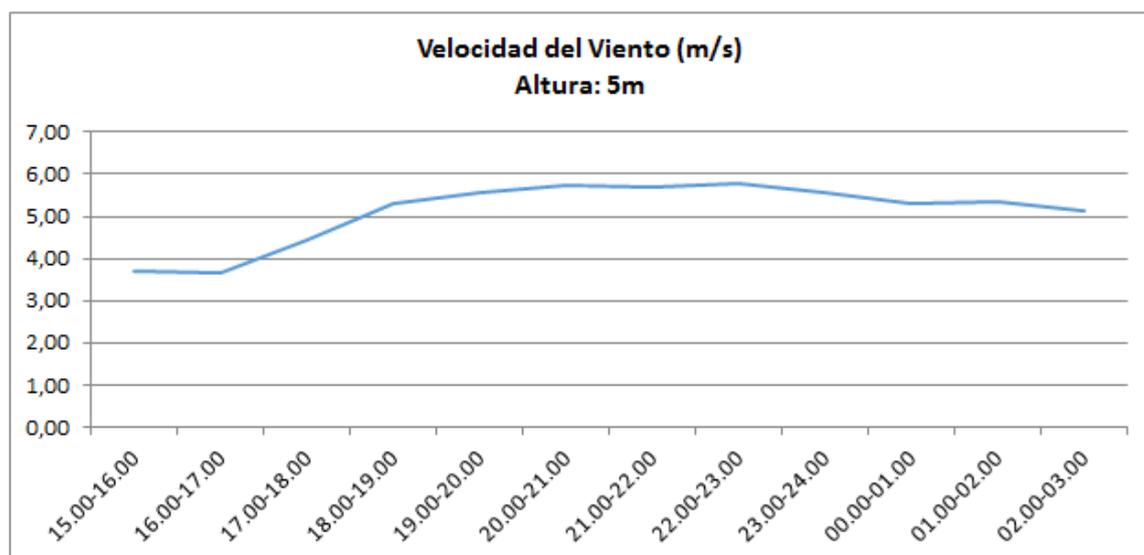
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s.

Cuadro N°10

Día: 01 de Agosto del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s) Altura: 5m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,40	3,89	3,81	3,70
16.00-17.00	3,27	3,79	3,86	3,64
17.00-18.00	4,03	4,57	4,65	4,42
18.00-19.00	4,99	5,33	5,53	5,28
19.00-20.00	5,27	5,67	5,79	5,58
20.00-21.00	5,43	5,84	5,91	5,73
21.00-22.00	5,66	5,74	5,73	5,71
22.00-23.00	5,76	5,73	5,92	5,80
23.00-24.00	5,54	5,52	5,62	5,56
00.00-01.00	5,43	5,12	5,39	5,31
01.00-02.00	5,45	5,14	5,42	5,34
02.00-03.00	5,28	4,98	5,16	5,14

Velocidad del viento, del día 01 de Agosto altura 5m

Gráfica N° 11



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Agosto, altura 5m.

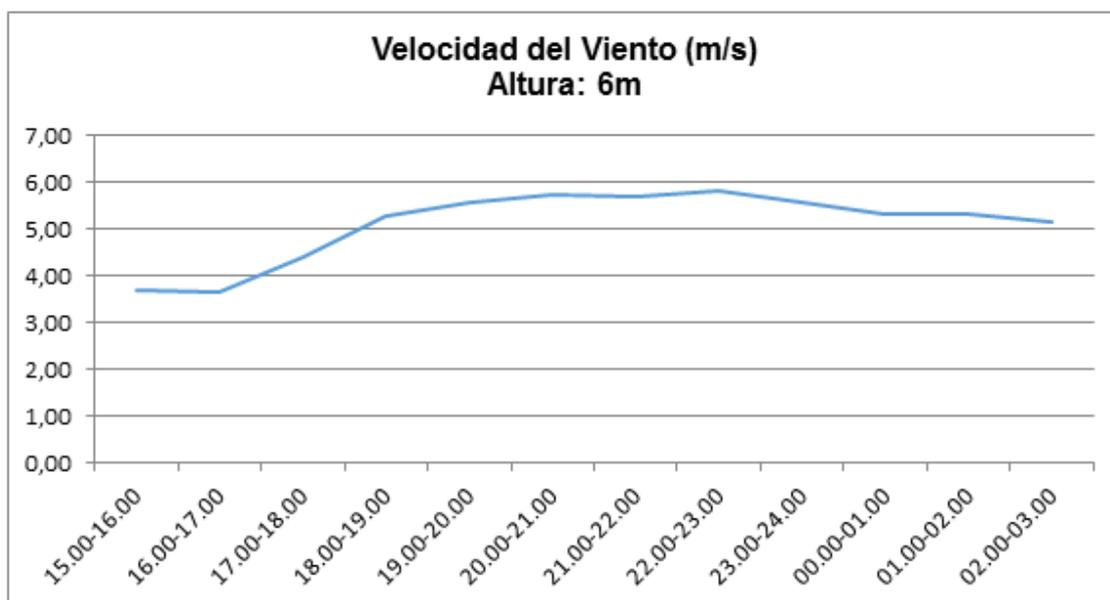
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s.

Cuadro N°11

Día: 01 de Agosto del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s) Altura: 6m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,40	3,89	3,81	3,70
16.00-17.00	3,27	3,79	3,86	3,64
17.00-18.00	4,03	4,57	4,65	4,42
18.00-19.00	4,99	5,33	5,53	5,28
19.00-20.00	5,27	5,67	5,79	5,58
20.00-21.00	5,43	5,84	5,91	5,73
21.00-22.00	5,66	5,74	5,73	5,71
22.00-23.00	5,76	5,73	5,92	5,80
23.00-24.00	5,54	5,52	5,62	5,56
00.00-01.00	5,43	5,12	5,39	5,31
01.00-02.00	5,45	5,14	5,42	5,34
02.00-03.00	5,28	4,98	5,16	5,14

Velocidad del viento, del día 01 de Agosto altura 6m

Gráfica N° 12



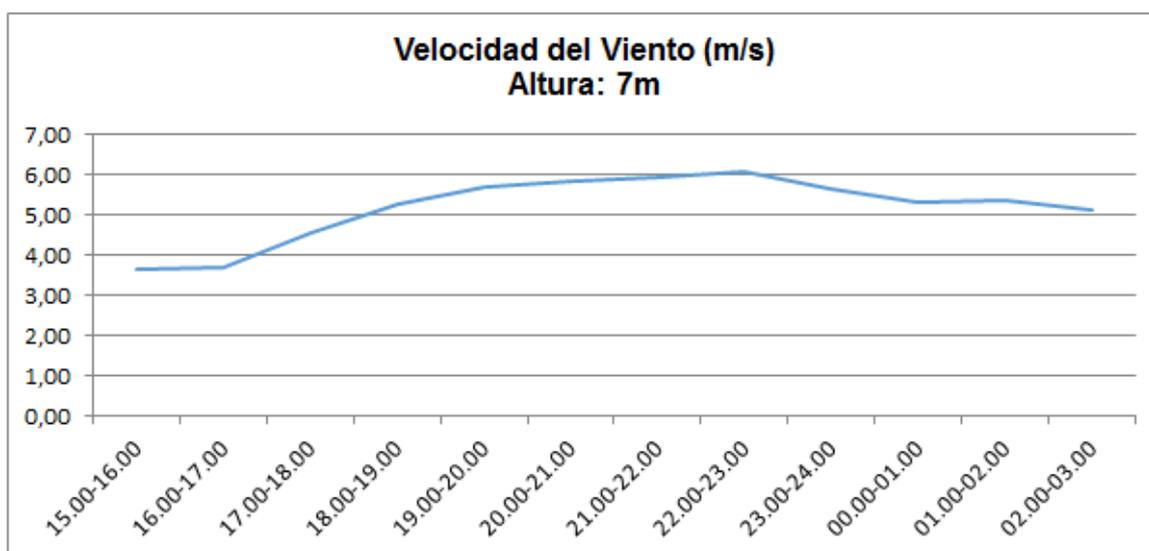
Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Agosto, altura 6m. Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s, alcanzado los 6m/s a las 23.00 horas.

Cuadro N°12

Día: 01 de Agosto del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s) Altura: 7m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,85	3,64	3,38	3,62
16.00-17.00	3,71	3,71	3,60	3,67
17.00-18.00	4,57	4,59	4,51	4,56
18.00-19.00	5,11	5,35	5,39	5,28
19.00-20.00	5,72	5,60	5,74	5,69
20.00-21.00	5,88	5,82	5,87	5,86
21.00-22.00	5,84	6,05	5,98	5,95
22.00-23.00	5,99	6,04	6,19	6,08
23.00-24.00	5,65	5,37	5,88	5,63
00.00-01.00	5,15	5,10	5,65	5,30
01.00-02.00	5,21	5,14	5,67	5,34
02.00-03.00	5,05	4,90	5,44	5,13

Velocidad del viento, del día 01 de Agosto altura 7m

Gráfica N° 13



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Agosto, altura 7m.

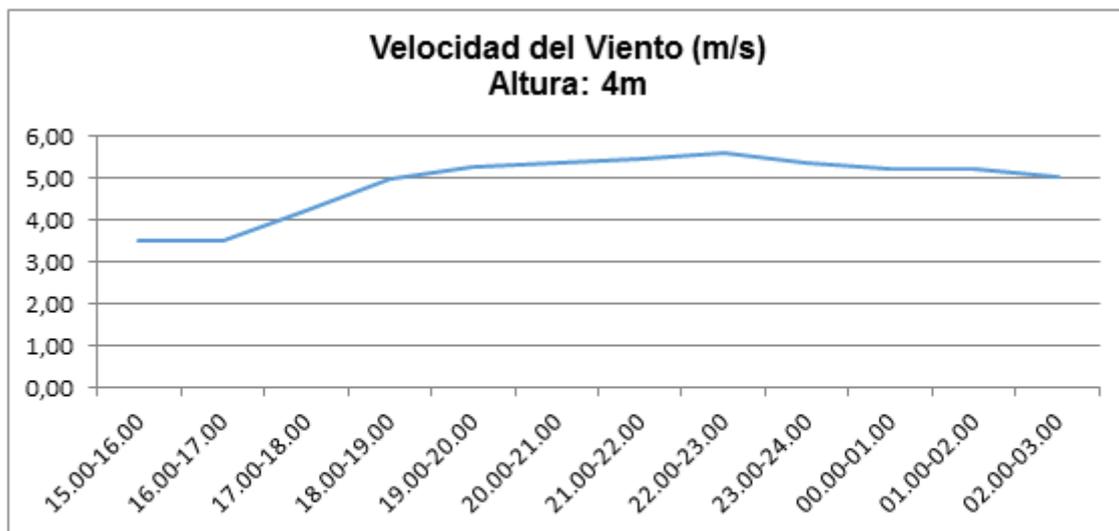
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s, alcanzado los 6m/s a las 22.00 horas.

Cuadro N°13

Día: 01 de Setiembre del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s) Altura: 4m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,29	3,43	3,78	3,50
16.00-17.00	3,18	3,34	3,82	3,44
17.00-18.00	3,91	4,02	4,61	4,18
18.00-19.00	4,84	4,69	5,48	5,00
19.00-20.00	5,12	4,99	5,73	5,28
20.00-21.00	5,27	5,14	5,85	5,42
21.00-22.00	5,49	5,05	5,67	5,40
22.00-23.00	5,58	5,04	5,86	5,49
23.00-24.00	5,38	4,85	5,56	5,26
00.00-01.00	5,26	4,51	5,34	5,04
01.00-02.00	5,28	4,52	5,36	5,06
02.00-03.00	5,12	4,38	5,11	4,87

Velocidad del viento, del día 01 de Setiembre altura 4m

Gráfica N° 14



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Setiembre, altura 4m.

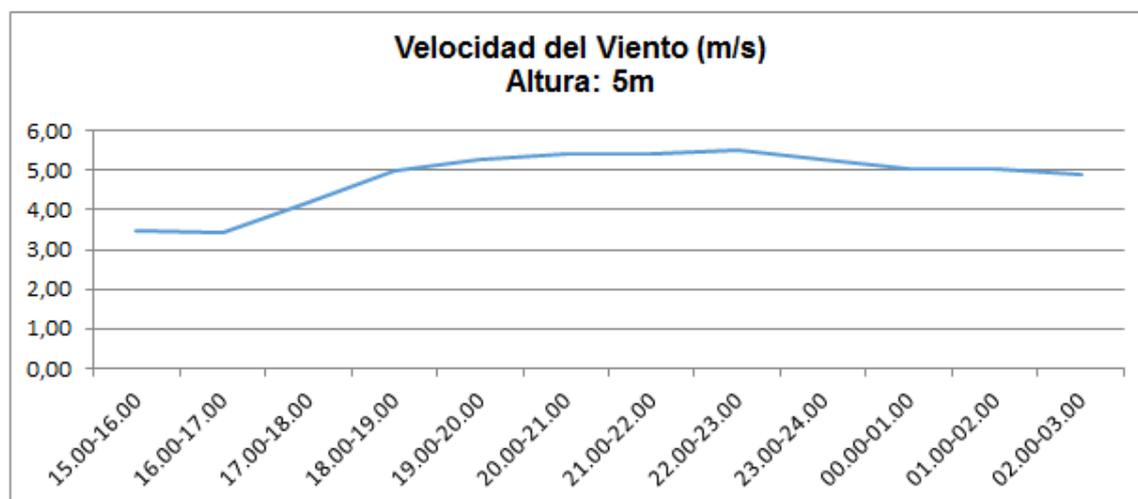
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s.

Cuadro N°14

Día: 01 de Setiembre del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s) Altura: 5m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,73	3,85	3,92	3,83
16.00-17.00	3,64	3,92	3,97	3,84
17.00-18.00	4,57	4,78	4,97	4,77
18.00-19.00	5,43	5,68	5,86	5,66
19.00-20.00	5,83	5,95	5,95	5,91
20.00-21.00	6,01	6,17	6,08	6,09
21.00-22.00	6,08	6,32	6,10	6,16
22.00-23.00	6,24	6,25	6,31	6,27
23.00-24.00	6,01	5,86	5,88	5,92
00.00-01.00	5,41	5,72	5,65	5,60
01.00-02.00	5,48	5,77	5,67	5,64
02.00-03.00	5,31	5,50	5,44	5,42

Velocidad del viento, del día 01 de Setiembre altura 5m

Gráfica N° 15



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Setiembre, altura 5m

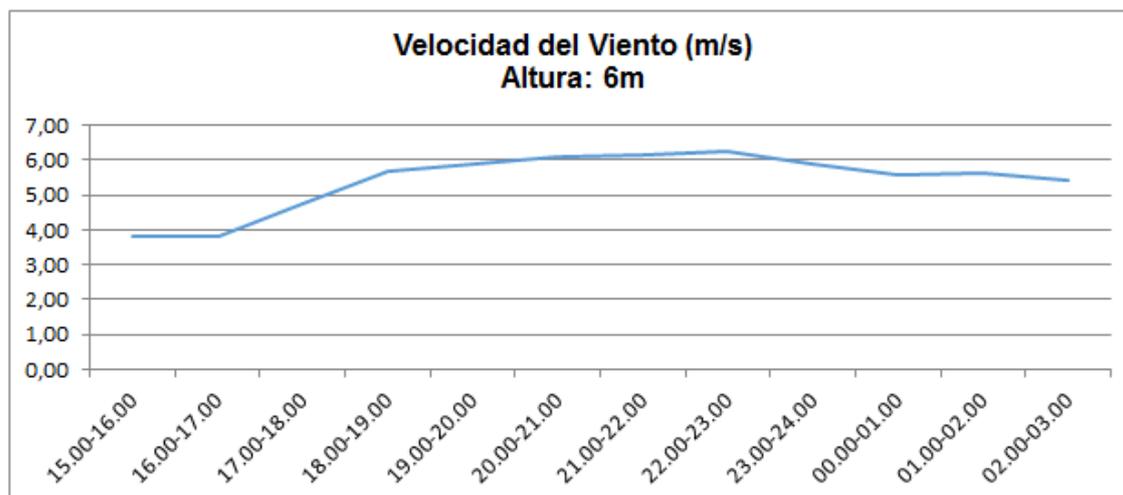
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 24.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s.

Cuadro N°15

Día: 01 de Setiembre del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s) Altura: 6m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,73	3,85	3,92	3,83
16.00-17.00	3,64	3,92	3,97	3,84
17.00-18.00	4,57	4,78	4,97	4,77
18.00-19.00	5,43	5,68	5,86	5,66
19.00-20.00	5,83	5,95	5,95	5,91
20.00-21.00	6,01	6,17	6,08	6,09
21.00-22.00	6,08	6,32	6,10	6,16
22.00-23.00	6,24	6,25	6,31	6,27
23.00-24.00	6,01	5,86	5,88	5,92
00.00-01.00	5,41	5,72	5,65	5,60
01.00-02.00	5,48	5,77	5,67	5,64
02.00-03.00	5,31	5,50	5,44	5,42

Velocidad del viento, del día 01 de Setiembre altura 6m

Gráfica N° 16



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Setiembre, altura 6m

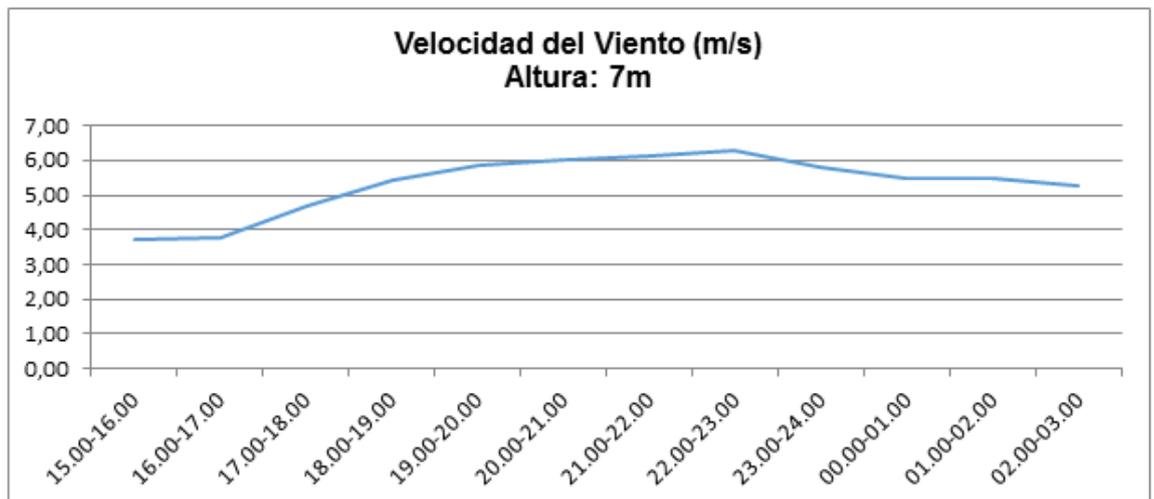
Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s, alcanzado los 6m/s a las 22.00 horas.

Cuadro N°16

Día: 01 de Setiembre del 2016				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s) Altura: 7m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00	3,96	3,71	3,52	3,73
16.00-17.00	3,82	3,78	3,74	3,78
17.00-18.00	4,70	4,68	4,69	4,69
18.00-19.00	5,26	5,46	5,61	5,44
19.00-20.00	5,89	5,72	5,97	5,86
20.00-21.00	6,06	5,94	6,10	6,03
21.00-22.00	6,01	6,17	6,22	6,13
22.00-23.00	6,17	6,16	6,44	6,26
23.00-24.00	5,82	5,48	6,12	5,81
00.00-01.00	5,30	5,20	5,88	5,46
01.00-02.00	5,37	5,24	5,90	5,50
02.00-03.00	5,20	5,00	5,66	5,29

Velocidad del viento, del día 01 de Setiembre altura 7m

Gráfica N° 17



Evolución de la Velocidad del viento, del día 01 de Setiembre, altura 7m.

Interpretación: La mayor velocidad del viento se registra entre las 18.00 y 03.00 horas del día siguiente, con valores superiores a los 5m/s, alcanzado los 6m/s a las 22.00 horas.

3.2.1 Determinación de la Velocidad del Viento a utilizar.

La información de la velocidad del viento se analizó de la siguiente manera:

La velocidad del viento medida a una misma hora, a la misma altura, durante los 04 días de medición.

Se realizó la comparación de las velocidades del viento a la misma hora, es decir a las 15.00 horas, y a la misma altura, por ejemplo a los 4 metros, de día del mes de Junio, Julio, Agosto y Setiembre, y en ella se observa la tendencia de los registro de medición.

Siendo los siguientes resultados:

Velocidad del viento (m/s), a 4 metros de altura, se observa que entre las 19.00 horas y las 02.00 horas del día siguiente la velocidad promedio supera los 5m/s, alcanzando el mayor valor a las 23.00 horas con 5,54m/s.

Velocidad del viento (m/s), a 5 metros de altura, se observa que entre las 18.00 horas y las 02.00 horas del día siguiente la velocidad promedio supera los 5m/s, alcanzando el mayor valor a las 22.00 horas con 5,49m/s.

Velocidad del viento (m/s), a 6 metros de altura, se observa que entre las 18.00 horas y las 03.00 horas del día siguiente la velocidad promedio supera los 5m/s, y entre las 20.00 y 23.00 horas, supera los 6m/s, alcanzando el mayor valor a las 22.00 horas con 6,26 m/s.

Velocidad del viento (m/s), a 7 metros de altura, se observa que entre las 18.00 horas y las 03.00 horas del día siguiente la velocidad promedio supera los 5m/s, y entre las 20.00 y 23.00 horas, supera los 6m/s, alcanzando el mayor valor a las 22.00 horas con 6,25 m/s.

Del análisis anterior, se puede concluir que el potencial eólico está entre las 18.00 horas y las 02.00 horas del día siguiente, concentrando la velocidad del viento superior a 6m/s desde las 20.00 a 23.00 horas, por lo tanto se asegura un funcionamiento del aerogenerador de 08 horas día, al instalarse el equipo a una altura igual o superior a los 7 metros de altura.

3.3. Diseño, selección de dispositivos electromecánicos y de control del aerogenerador de 6 KW de potencia.

Principios de funcionamiento del aerogenerador:

“Se basa en el principio, que debe existir una compatibilidad entre las variables de funcionamiento de la turbina eólica con variables del generador eléctrico, éstas dos a la vez con la energía cinética del viento que existe en el lugar”

3.3.1. Determinación de la Potencia del Aerogenerador.

Para la determinación de la potencia del aerogenerador, se tiene en consideración:

a) Potencia – Mercado.

El ritmo de uso y la demanda de energía eléctrica, que se analizó en el ítem 3.1. En donde los consumidores de energía eléctrica exclusivamente para la antena de telecomunicación operan las 24 horas del día por lo tanto, se requiere una potencia de 2874 Watt, de suministro constante; el resto de consumidores, se hace de acuerdo a las horas del día, a o las estaciones del año, como es el caso del aire acondicionado.

La potencia instalada en las instalaciones es de 11,22 KW, y actualmente se cuenta con un grupo electrógeno de 8 KW, por lo tanto para satisfacer la máxima demanda, se requiere de un adicional de 3,22 KW, siendo ésta la potencia que se requiere y que se complementa con la energía eólica. Por lo tanto la potencia del aerogenerador será de 6KW el cual tiene una eficiencia de 0,62.

b) Potencia – Potencial Eólico.

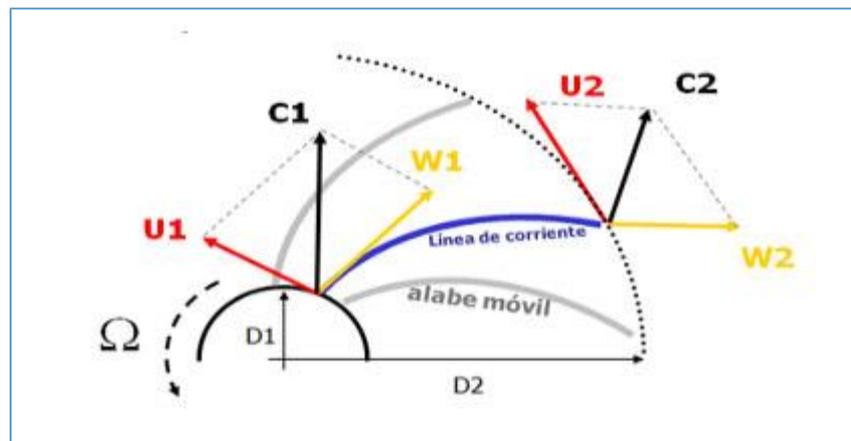
En el lugar en que se ubica el proyecto, se realizó las mediciones, y se estableció, según las mediciones que el tiempo en que se

garantiza el accionamiento del aerogenerador al tener velocidades del viento superior a los 5 m/s, y según los fabricantes de aerogeneradores a ésta velocidad el giro puede ser regulado para la frecuencia eléctrica del generador.

El potencial eólico, se evalúa mediante la cantidad de energía eólica que puede convertirse en energía mecánica.

Los componentes de la energía eólica son la masa del aire y la velocidad del aire, y los componentes de la energía mecánica son el torque en el eje y la velocidad angular.

Figura N° 7



Triángulo de velocidades en turbina eólica.

Vectorialmente la velocidad C, es igual a la suma de U y W

$$\vec{C} = \vec{U} + \vec{W}$$

Dónde:

C: Velocidad del viento perpendicular al álabe.

U: Velocidad de rotación del aerogenerador.

W: Velocidad relativa del viento con respecto a la velocidad del aerogenerador.

Reemplazando valores, teniendo en cuenta que C es de 5m/s, U que es la velocidad de rotación pero la componente tangencial, la que corresponde a una velocidad angular de 300RPM, para lo cual, se tiene que saber el diámetro que describen los alabes, para lo cual se utiliza una turbina eólica de 6,9 m.

Esto se analiza en el triángulo de Euler, que describe como la velocidad del aire, se va degradando dentro del aerogenerador, hasta convertirse en energía mecánica en el eje; por lo tanto la potencia del aerogenerador, será proporcional a la geometría del álabe del generador, al cuadrado de la masa del viento y a la velocidad del viento, estableciéndose que a una velocidad de 300 RPM, se tendrá una potencia de 6 KW, al utilizarse la ecuación:

$$\text{Pot} = Q \rho \omega (r_2 c_2 \cos \alpha_2 - r_1 c_1 \cos \alpha_1) = \gamma Q H$$

Dónde:

Pot: Potencia en KW

Q: Caudal de aire dentro de la turbina.

W: Velocidad angular.

R1, r2, radio exterior e interior de la turbina

Alfa 1 y alfa 2: ángulos de los álabes a la salida y entrada del aire.

3.3.2. Mecanismo de Orientación.

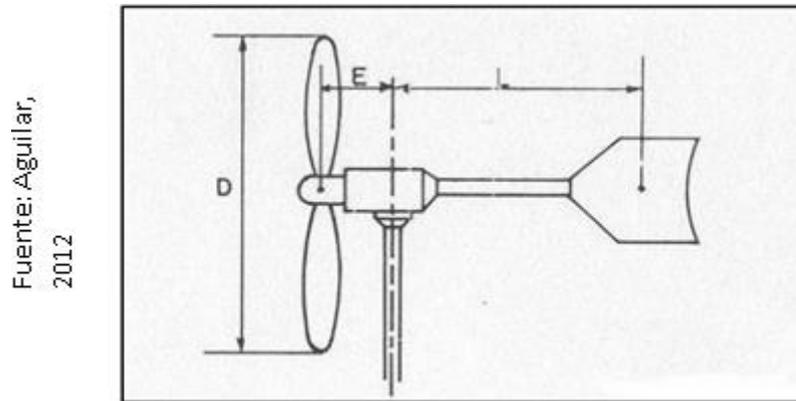
“Es el encargado de guiar al rotor del aerogenerador en su misma dirección del viento. La turbina eólica no funcionaría correctamente si el rotor no recibe al viento perpendicularmente”

0

“Esta situación ocasionaría que no se aproveche de manera óptima la energía eólica que es recibida por las palas del aerogenerador; para superar ésta desviación de la dirección del aire, se instala un dispositivo que consiste en una aleta estabilizadora”

“Esta aleta estabilizadora, se inserta en la parte posterior del rotor, tal como se muestra en la figura 08, y en todo momento el plano de rotación estará en una posición perpendicular al viento”

Figura N° 8



Parámetros de diseño del aerogenerador

En la figura N°9, se observa la geometría del aerogenerador, en el cual la relación entre D y E, está en función a la velocidad del viento, y la veleta, es la que direcciona la velocidad del viento.

3.3.3. Generador eléctrico de imanes permanentes

“Los imanes permanentes son los que generan un campo de excitación, siendo de dirección constante, éstos son de mayor eficiencia comparado a los devanados de excitación” (Chapman, 2009, p. 125).

Siempre y cuando su configuración, ubicación y geometría del mismo, sea la óptima, además que los imanes estén operando en un estado de máxima operación de energía $(HB)_{max}$. Para la selección de éste tipo de imanes, cumplen ciertos requisitos, siendo entre todas, la velocidad de giro del motor, que es consecuencia de la velocidad del viento, la tensión de salida, y la geometría del imán. Las consideraciones para el diseño son: velocidad de giro del rotor condicionado por la velocidad del viento, la geometría constructiva y voltaje de salida para

encontrar el punto máximo de trabajo del imán en el circuito magnético. (Chapman, 2009, p. 132)

Para el caso de los imanes permanentes se establece la denominada Ecuación de carga, la cual se define de la siguiente forma:

$$B_m = \mu \cdot \frac{A_g}{A_m} \cdot \frac{2t}{l_g} \cdot H_m \dots\dots\dots (1)$$

Siendo:

B_g: Densidad de campo magnético promedio dentro del entrehierro

A_g: Sección transversal promedio del entrehierro

B_m: Densidad de Campo magnético en la superficie del imán

A_m: Sección transversal del imán

μ: Permeabilidad magnética del núcleo (aire)

H_m: Intensidad de campo magnético en la superficie del imán

Para el sucesivo paso se define una geometría de referencia del imán, el cual da el punto de partida para los cálculos; estas dimensiones serán recalculadas consecutivamente según el requerimiento.

$$\mu = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$$

$$t = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$a = 50 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$b = 50 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Área de la cara del imán: } A_m = a \cdot b = 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\text{Entrehierro: distancia entre los imanes: } l_g = 15 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

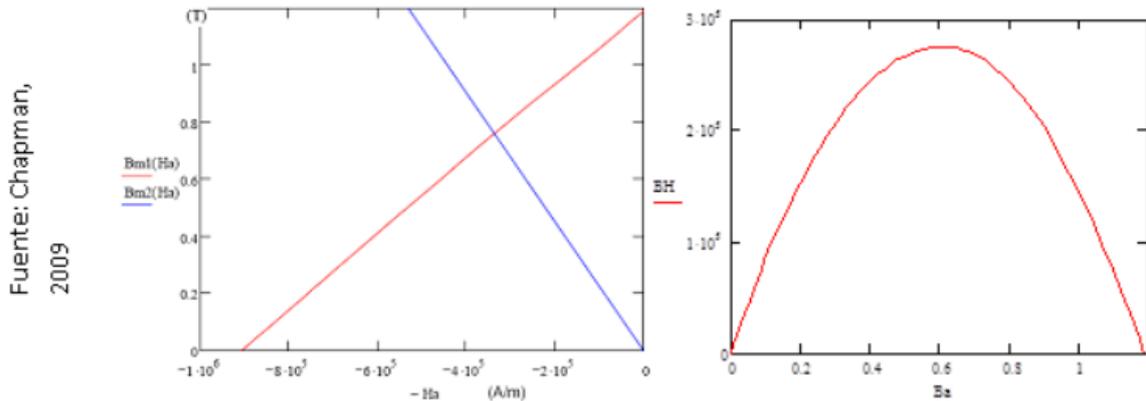
Área transversal del entrehierro, considerando efecto de borde:

$$A_g = (a + l_g) \cdot (b + l_g) = 4.225 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

La geometría de diseño es óptima si los imanes trabajan en su punto máximo de operación (HB) max, para determinarlo se hace la intersección de las curvas de magnetización del tipo de imán a utilizar y la curva de carga. (Chapman, 2009, p. 134)

La curva de rojo representa la curva de magnetización, característico para imán tipo NdFeB N35 (para cada tipo de imán existe una curva característica diferente). La curva de azul es la curva de carga según la ecuación B_m para las dimensiones tomadas como referencia. (Chapman, 2009, p. 134)

Figura N° 9



Fuente: Chapman, 2009

Intersección de la curva de magnetización y curva de carga; curva de transferencia de energía de imán

En el actual caso el punto de operación está prácticamente en el punto de máxima transferencia de energía; de no ser así se debe modificar las dimensiones de los imanes o del entrehierro, para tener un mejor circuito magnético. Se obtiene los siguientes resultados:

$$B_m = 0.761 \text{ T}$$

$$H_m = 3.361.105 \text{ A/m}$$

Densidad de campo dentro del núcleo de aire: $B_g = \frac{A_m}{A_g} \cdot B_m = 0.451 \text{ T}$

3.3.4. Cálculo de los voltajes máximos

Los parámetros de entrada requeridos para nuestro diseño son:

Velocidad de giro del rotor:	300 rpm
Voltaje de salida:	24 V DC
Número de pares de polos:	16

Frecuencia del voltaje inducido: $f = \frac{300.16}{120} = 40Hz$; siendo la
 velocidad angular del voltaje inducido $\omega = 2.\pi.f$
 Número de espiras por fase: $Nc = 160$
 Número de bobinas por fase: $Mb = 8$
 Número de espiras por bobina: $Nb = \frac{Nc}{Mb} = 20$

Se obtiene inicialmente un área del núcleo de aire del bobinado. El cálculo del voltaje máximo de fase se ejecuta en vacío, es decir sin colocar ninguna carga al generador:

Área del núcleo de aire: $An = 1367. 10^{-6} m^2$
 Voltaje eficaz de Fase: $Vf := 4.44.Nc.Bg.An.f = 17.5 V$
 Voltaje máximo de fase: $Vfm = \sqrt{2}.Vf = 24.749 V$
 Voltaje máximo de línea en vacío: $Vlmo = \sqrt{3}.Vfm = 42.866V$

3.3.5. Cálculo de la corriente eficaz de línea

Dado que se requiere una potencia máxima específica, no conociendo la caída de voltaje debido a la impedancia del conductor, se tiene que el voltaje de vacío será el voltaje de carga, verificándose al final. Entonces se tendrá un valor inicial de la corriente de la carga:
 Potencia asumida para el cálculo:

Pot := 6000 W

Voltaje eficaz de línea: $Vef = \frac{24}{\sqrt{2}} = 16.971V$

Corriente eficaz de línea y de fase: $I = \frac{Pot}{\sqrt{3}.Vef} = 204.36A$

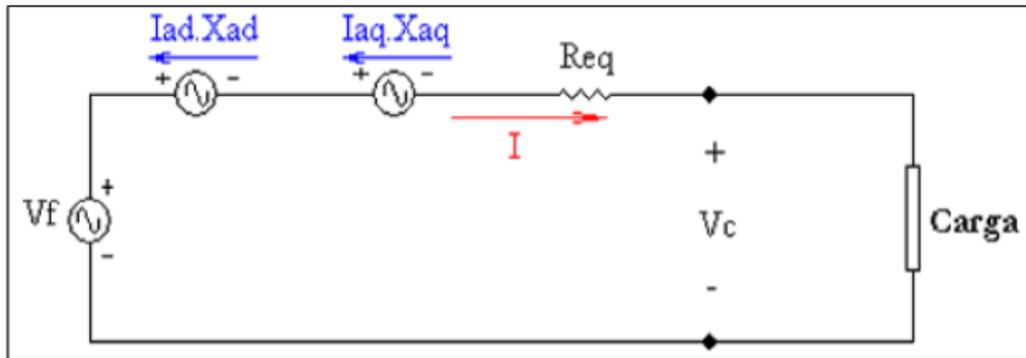
3.3.6. Cálculo del circuito eléctrico equivalente

- Rin: Radio interior del imán
- Rout: Radio exterior del imán
- kw1: Factor de enrollamiento, Kw1=1
- m1: Número de fases, m1=3
- P: Número de polos

- Nc: Número de espiras por fase
- I: Corriente en el estator
- g: Entrehierro
- kfd: Factor de forma en dirección d, $kfd = 1.2$
- kfq: Factor de forma en dirección q, $kfq = 1.2$
- Xad: Reactancia del eje directo
- Xaq: Reactancia de eje en cuadratura

Figura N° 10

Fuente: Chapman,
2009



Circuito eléctrico equivalente del generador

Figura N° 11

Fuente: Chapman,
2009

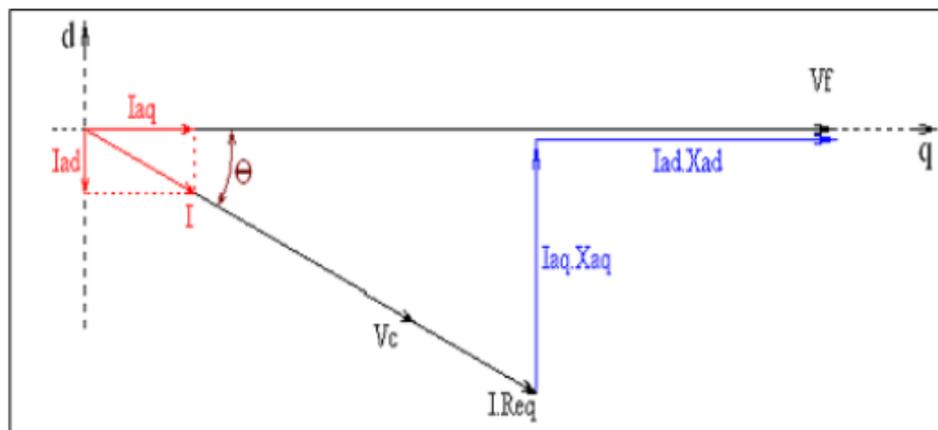


Diagrama fasorial del circuito

$$R_{eq} = \frac{\rho \cdot L}{A_c} = 0.2569 \, \Omega \quad \text{Resistencia equivalente del cable por fase}$$

$$X_{ad} = 2 \cdot m \cdot \mu \cdot f \left(\frac{N_c \cdot k_w \cdot 1}{P} \right)^2 \cdot \left(\frac{R_{out}^2 - R_{in}^2}{\lg 1} \right) \cdot k_{fd} = 0.025 \, \Omega$$

$$X_{aq} = 2 \cdot m \cdot \mu \cdot f \left(\frac{N_c \cdot k_w \cdot 1}{P} \right)^2 \cdot \left(\frac{R_{out}^2 - R_{in}^2}{\lg q} \right) \cdot k_{fq} = 0.019 \, \Omega$$

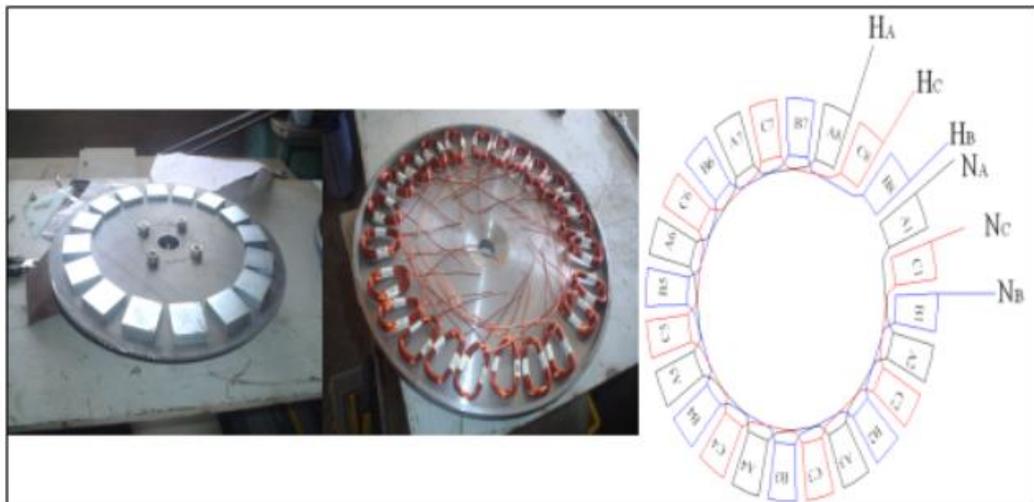
Voltaje eficaz en la carga por fase: $V_c = 12.25 \, V$

Voltaje máximo de línea: $V_{ml} = \sqrt{6} \cdot V_c = 30.006 \, V$

Potencia de la carga: $S_c = 3 \cdot V_c \cdot I = 7510,23 \, W$

Figura N° 12

Fuente: Chapman,
2009



Distribución de los imanes en un disco - distribución de las bobinas en el molde - forma de conexión de las bobinas

3.3.7. Turbina eólica

El diseño del alabe se da por la teoría del ala, con un proceso en la sección de los alabes, el cálculo del rotor se da en las ecuaciones aerodinámicas.

3.3.8. Calculo del diámetro del rotor

Se obtiene a partir de la ecuación de potencia de la turbina eólica:

$$d = \sqrt{\left(\frac{8 \cdot P}{\pi \cdot \rho \cdot V^3 \cdot C_p \cdot \eta_g \cdot \eta_t} \right)}$$

Donde:

d: Diámetro del rotor de la turbina eólica (m)

P: Potencia de diseño del aerogenerador (W)

ρ : Densidad del aire, variable con la a.s.n.m (1.23 kg/m³ a nivel del mar)

V: Velocidad del viento (m/s)

A: Área barrida por la turbina (m²)

C_p: Coeficiente de potencia (adimensional)

η_g : Eficiencia del generador

η_t : Coeficiente de transmisión

Reemplazando los valores obtenemos la siguiente ecuación:

$$d = \sqrt{\frac{8 \times 6000 \text{ W}}{3,1316 \times 1,23 \times 125 \times 0,62 \times 0,8}} = 6,9 \text{ m}$$

La velocidad de giro de la turbina eólica se obtiene de la siguiente expresión:

$$N = \left(\frac{60 \cdot \lambda \cdot V_D}{\pi \cdot d} \right)$$

Donde:

λ : Celeridad

N: Velocidad de giro de la turbina eólica (RPM)

V_D: Velocidad de diseño (m/s)

3.3.9. Cálculo de la sección del álabe y selección del perfil

Para el cálculo de la sección del alabe se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_r &= \frac{\lambda}{R} \\ \phi &= \frac{2}{3} \cdot \arctan\left(\frac{1}{\lambda_r}\right) \\ C &= \frac{8 \cdot \pi \cdot r \cdot (1 - \cos \phi)}{z \cdot C_1} \\ \beta &= \phi - \alpha \\ N &= \frac{w \cdot c}{\mu} \quad (N \text{ de Reynolds}) \end{aligned} \right\}$$

$$\lambda_r = \frac{6,5}{3,45} = 1,88$$

$$\phi = \frac{2}{3} \cdot \arctan\left(\frac{1}{1,88}\right) = 18,7$$

$$C = \frac{8 \times 3,1416 \times 3,45 \times (1 - \cos 18,7)}{3 \times 0,8} = 1,9$$

$$\beta = 18,7 - 5 = 13,7^\circ$$

Donde:

- λ_r : Celeridad local para el radio r
- λ : Celeridad de diseño
- r: Distancia del centro del rotor a la sección evaluada (m)
- R: Radio de la turbina (m)
- β : Angulo formado por la velocidad relativa con el plano de giro del rotor
- C: Cuerda de la sección del álabe
- z: Número de álabes o palas
- C_1 : Coeficiente de sustentación del álabe
- ϕ : Angulo formado por el álabe con el plano de giro
- α : Angulo de ataque, tomado del perfil seleccionado
- w: Velocidad relativa al perfil m/s
- μ : Viscosidad cinemática del aire

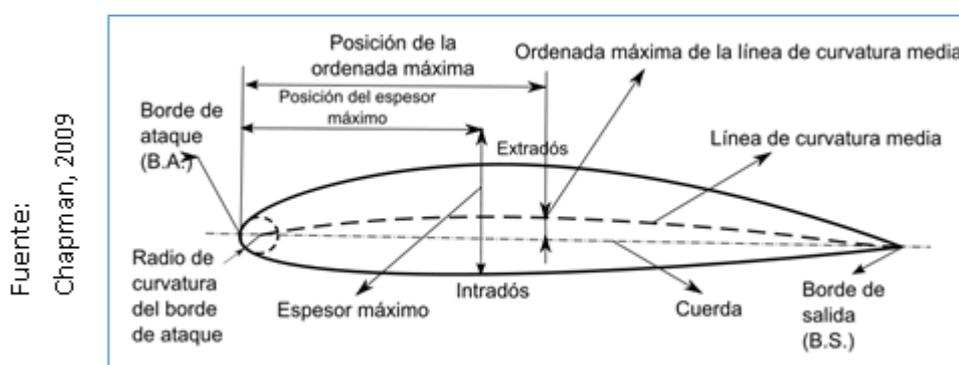
Los parámetros de diseño considerados son los siguientes:

Potencia eléctrica:	6000 W
Veloc. de nominal de diseño:	5 m/s
Perfil utilizado:	NACA 4412
Numero de palas:	3
λ :	6.5
RPM:	300
Cp1:	0.62
Cl :	0.8
Eficiencia de transmisión (η_t):	1 (transmisión directa)
ρ :	1,23 kg/m ³
α :	5°

De acuerdo a recomendaciones, se toman puntos de paso $r = 0.5R$ y $r = 0.9R$, con lo que se tiene los valores definitivos de la cuerda y el ángulo para la construcción del molde.

3.3.10. Geometría de la Pala

Figura N° 13



Dimensionamiento del álabe del aerogenerador

Para la fabricación del molde es necesario dividir la longitud de pala en diferentes secciones cada radio tendrá una cuerda y un ángulo de posición. Características del perfil NACA 4412 se obtiene la geometría de cada sección, que son dibujados a escala real con la finalidad de elaborar las plantillas.

3.3.11. Familia de Perfiles

“Existe una diversidad de familias de perfiles aerodinámicos, los cuales han sido estudiados y diseñados por los investigadores. Se pueden nombrar los perfiles Gottingen, SERI o LS, Clark, FX (Frank X. Wortmann) y los NACA” (Escáñez, 2013, p 50).

3.3.12. Nomenclatura de perfiles NACA – 4 cifras

- El significado de la primera es geométrico, e indica la máxima flecha de la línea media de la cuerda en %, proporcionando la máxima curvatura.

3.3.13. Calculo de la torre

“La torre es el elemento estructural que le permite al aerogenerador elevarlo a determinada altura, para así aprovechar la energía de los vientos ya que a mayor altura estos son más rápidos y a la vez más estables” (Ferrero, 2007, p.95).

Fuerzas involucradas en el cálculo de la estructura se toman de manera que se mantenga girando a 350 RPM para un viento mayor a 5 hasta 20 m/s

$$\omega = 36 \frac{rad}{s}$$

$$r = 0,86 \text{ m}$$

$$F_{axial} = 350 \text{ kgf}$$

$$F_{cent} = \omega^2 \times r \times P_{pala}$$

$$F_{cent} = 1,226 \times 10^4 \text{ N.W}$$

$$F_{C_{desv}} = 642 \text{ N.W}$$

$$Peso_{rotor} = 899,64 \text{ N.W}$$

$$Peso_{eje H} = 74,87 \text{ N.W}$$

$$\text{Peso}_{\text{rod}} = (\text{Peso}_{\text{rod A}} + \text{Peso}_{\text{rod B}}) \times 9,8 \quad \text{Peso}_{\text{rod}} = 88,2 \text{ NW}$$

$$\text{Peso}_{\text{gener}} = 200 \times 9,8$$

$$\text{Peso}_{\text{estr}} = (\text{Peso}_{\text{estructura1}} + \text{Peso}_{\text{estructura2}}) \times 9,8$$

$$\text{Peso}_{\text{total}} = 3,66 \times 10^3 \text{ N. W}$$

3.3.14. Calculo del banco de baterías

Al haber calculado el consumo energético teórico de todo el sistema alimentar en la empresa Telecomunicaciones Morrope (W h), es necesario calcular la energía real (E), en esta se considera el consumo que tienen los elementos propios de la instalación (baterías, inversor, entre otros).

$$E = \frac{E_t}{R} \text{ W h}$$

Donde R es factor de rendimiento total de la instalación.

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) \times \left(1 - \frac{K_a \times N}{P_d}\right)$$

Siendo los factores utilizados en la fórmula 7 los siguientes:

K_b : Coeficiente negativo del banco de baterías.

0.05 para sistemas que no tiene descargas profundas

0.1 sistemas que demanden descargas profundas

K_c : es el coeficiente de negativo en el conversor

0,05 se determina para inversores con trabajo régimen normal

0,01 para inversores en trabajo fuera del régimen

K_v : Este coeficiente pertenece para las pérdidas que se dan en conductores, efecto joule, entre otros se consideran valores entre 0,05 y 0,1

K_a : Es el coeficiente de auto descarga diaria

0,002 para baterías de gel o ciclo profundo

0,005 para baterías de plomo acido

N : Se designa el N° de días de autonomía de la instalación

P_d : Se determina a la profundidad de descarga de la batería la cual no debe de sobrepasar del 80 %

Reemplazamos los valores de la instalación.

$$R = (1 - 0,1 - 0,05 - 0,1) \times \left(1 - \frac{0,002 \times 4}{0,7}\right)$$

$$R = 0,74$$

Siendo la energía consumida:

$$E = \frac{2874}{0,74} \text{ W h}$$

$$E = 3883,78 \text{ W h}$$

$$C_{bat} = \frac{E \times N}{V \times P_d}$$

$$C_{bat} = \frac{3883,78 \times 3}{12 \times 0,7} = 1387 \text{ A h}$$

Con lo cual se determina que el banco de baterías contara con 14 baterías AGM 12V 100Ah UPower SP100, con esto se estaría proveyendo energía por 3 días críticos sin generación.

Figura N° 14



Elaboración propia

Batería de descarga profunda

3.3.15. Calculo del interruptor termo magnético

El interruptor termo magnético tendrá como función proteger el circuito de cualquier evento ya sea sobrecarga o cortocircuito.

Se da en la fórmula:

$$I = \frac{MAX\ DEMANDA}{K \times V \times COS\phi}$$

K= Constante si monofásico: 1, trifásico: $\sqrt{3}$

I = corriente nominal

V= voltaje de diseño

Cos ϕ = 0.9

Determinamos la corriente eléctrica del interruptor.

$$I_n = \frac{2874\ W}{1 \times 220V \times 0,9} = 14,5A$$

La corriente de diseño será:

$$I_d = I_n \times 1,25 = 18,14\ A$$

El interruptor térmico a utilizar tendrá una capacidad de corriente de 25 A, 2 polos.

Figura N° 15



3.3.16. Cálculo del interruptor diferencial

El interruptor diferencial tendrá como función proteger de los riesgos de electrocución ya sea por contacto directo e indirecto.

Se da en la fórmula:

$$I = \frac{MAX\ DEMANDA}{K \times V \times COS\phi}$$

K= Constante si monofásico: 1, trifásico: $\sqrt{3}$

I = corriente nominal

V= voltaje de diseño

Cos ϕ = 0.9

Determinamos la corriente eléctrica del interruptor diferencial.

$$I_n = \frac{2874\ W}{1 \times 220V \times 0,9} = 14,5A$$

Siendo el valor más próximo al resultado el interruptor diferencial con una capacidad de 25 A, 10 mA de sensibilidad

Figura N° 16

Recuperado de
http://www.schneider.com.pe/documents/local/productos-servicios/pe_retail_catalogo_156001_construccion.pdf



Interruptor diferencial 25 A

3.3.17. Cálculo del inversor

Para realizar el cálculo del inversor es necesario conocer la demanda máxima, la tensión nominal de la instalación y la tensión con la cual es alimentada el inversor. También es importante conocer el tipo de carga alimentar.

Potencia: 2874 W (máxima demanda)

Tensión de carga: 220 Vac

Tensión generador: 24 Vdc

Frecuencia: 60 Hz

Fases: Monofásica

Fs.: 1,2

La potencia del inversor se obtiene:

$P_{inv} = P \times F_s$

$P_{inv} = 2874 \text{ W} \times 1,2$

$P_{inv} = 3448 \text{ W}$

Figura N° 17

Recuperado de
<http://www.tab.com.es/Documentos/InversoresCarg/Especificaciones%20generales%20MassCom>



Inversor 3.5 kW 230 AC

3.3.18. Calculo del conductor Antena 2G

Se dada:

$$I = \frac{MAX.DEMANDA}{K \times V \times COS\phi}$$

K= Constante si monofásico: 1, trifásico: $\sqrt{3}$

I = corriente nominal

V= voltaje de diseño

Cos ϕ = 0.9

Determinamos la corriente eléctrica en la antena.

$$In = \frac{2874W}{1 \times 220V \times 0,9} = 14,5 A$$

La corriente de diseño será:

$$Id = In \times 1,25 = 18.16 A$$

Habiendo ya calculado la corriente de diseño en el circuito de la antena 2G, se selecciona el conductor NYY-

la caída de tensión en el circuito que no sea mayor a 2,5%.

Tabla N° 6

Recuperado de <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000668.pdf>

TABLA DE DATOS TECNICOS NYT TRIPLE

CALIBRE N° x mm ²	N° HILOS	ESPEORES		DIMENSIONES		PESO (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO mm	CUBIERTA mm	ALTO mm	ANCHO mm		ENTERRADO A	AIRE A	DUCTO A
3 - 1 x 6	1	1	1.4	7.8	23.2	324	72	54	58
3 - 1 x 10	1	1	1.4	8.6	25.7	455	95	74	77
3 - 1 x 16	7	1	1.4	9.8	29.1	672	127	100	102
3 - 1 x 25	7	1.2	1.4	11.4	33.9	992	163	131	132
3 - 1 x 35	7	1.2	1.4	12.4	37.1	1298	195	161	157
3 - 1 x 50	19	1.4	1.4	14.1	42	1707	230	196	186
3 - 1 x 70	19	1.4	1.4	15.7	46.8	2339	282	250	222
3 - 1 x 95	19	1.6	1.5	18.2	54.3	3209	336	306	265
3 - 1 x 120	37	1.6	1.5	19.9	59.5	3975	382	356	301
3 - 1 x 150	37	1.8	1.6	21.7	64.9	4836	428	408	338
3 - 1 x 185	37	2	1.7	24.1	72	6027	483	470	367
3 - 1 x 240	37	2.2	1.8	27	80.8	7825	561	562	426
3 - 1 x 300	37	2.4	1.9	29.8	89.3	9736	632	646	480
3 - 1 x 400	61	2.6	2	33.2	99.4	12336	730	790	555
3 - 1 x 500	61	2.8	2.1	36.9	110.4	15590	823	895	567

Conductor utilizado en sistema de distribución en baja tensión

Interpretación:

En la tabla 06 se denota encerrado con líneas rojas las características técnicas del conductor seleccionado para la alimentación del circuito de la antena 2G.

$$\Delta v = \frac{2 \times 18,16 \times 40 \times 0,0175}{6,0} = 4,24 V$$

La sección de conductor cumple con lo especificado en el Código Nacional de electricidad.

3.4. Evaluación Económica y Financiera.

Para evaluar el proyecto de inversión se utiliza indicadores económicos, los cuales muestran la viabilidad de la propuesta; y éstos el TIR, VAN y C/B.

3.4.1. Inversión Inicial del Proyecto.

La propuesta de inversión inicial de la presente propuesta, está dado por el costo del equipamiento, que incluye desde el aerogenerador hasta el tablero de distribución eléctrica. En el cuadro se observa los valores detallados de la inversión inicial del proyecto, y que será financiado con un préstamo bancario, a una tasa de interés del 4% mensual.

Tabla N° 7

Nº	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
1	Estructura base del aerogenerador de perfil angular de Fe de 2"x2" x1/4"	Unidad	1	1800	1800
2	Turbina Eólica diámetro 3,12m	Unidad	1	2600	2600
3	Alternador eléctrico con imanes permanentes, de 24 Voltios, 300 RPM	Unidad	1	750	750
4	Cubierta metálica del aerogenerador, con plancha galvanizada de 1/20"	Unidad	2	80	160
5	Cable de energía NYY	Metros	40	1,5	60
6	Regulador de tensión	Unidad	1	360	360
7	Batería de 12 Voltios	Unidad	4	280	1120
8	Tablero metálico de 0,6x0,6x0,20 de 6 polos	Unidad	1	120	120
9	Interruptor termomagnéticos de 40 Amperios	Unidad	2	80	160
10	Material de ferretería	Unidad	1	320	320
11	Obras Civiles	Unidad	1	1200	1200
	Total (S/.)				8650

Detalle de la Inversión Inicial

3.4.2. Tiempo de evaluación de la propuesta.

La propuesta se da por un lapso de 3 años, con una variable económica, está enmarcado dentro un mediano plazo, por lo tanto, se da el retorno de la inversión en un tiempo determinado.

3.4.3. Costos por Mantenimiento.

Se debe a la inspección visual por el operador, después de un periodo de 7 días, la inspección es puntualmente en los tableros de control eléctrico. lubricación del aerogenerador, inspección del tablero eléctrico, como esta inspección es por el operador, no amerita costo adicional por mantenimiento, el cual no son considerados.

3.4.4. Ahorro de combustible como fuente de inversión.

El ahorro de combustible al no utilizarse en el grupo electrógeno será la fuente de la inversión del proyecto. Se prevé el ahorro de 4 galones de petróleo diario. Este valor representa un ahorro diario de 40 Nuevos Soles Diarios, equivalente a 1200 Nuevos Soles mensuales, que es importe de la inversión del proyecto del aerogenerador.

3.4.5. Flujo de Caja de la Implementación de la Propuesta.

La inversión inicial de 8650 Nuevos Soles, se obtiene de un préstamo bancario con una tasa de interés de 4% mensual, por lo tanto, se determina la cuota de amortización del préstamo utilizando la siguiente ecuación:

Dónde:

R: Amortización del capital.

INV: Inversión Inicial.

i: Tasa de Interés.

n: Número de meses

Reemplazando valores:

$$R = \frac{INV [i * (1 + i)^n]}{(1 + i)^n - 1}$$

$$R = \frac{8650 [0,04 * (1 + 0,04)^{36}]}{(1 + 0,04)^{36} - 1} = 457.47 \text{ Nuevos Soles.}$$

El valor de 457.47 Soles, representa un egreso para el proyecto; en la tabla N° 8 se muestra el flujo de caja.

Tabla N° 8

Autoría propia

Ítem		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	Inversión Inicial	8650																					
Ingresos			1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Egresos	Amortización		458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458
Ingresos - Egresos			742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742

Ítem		0	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	Inversión Inicial	8650																
Ingresos			1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Egresos	Amortización		458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458
Ingresos - Egresos			742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742

Flujo de caja de proyecto de inversión

3.4.6. Cálculo de las variables económicas.

3.4.6.1 Análisis del VAN Y TIR

Teniendo en cuenta el monto de inversión del proyecto y considerando un periodo de 5 años se calcula el VAN y la TIR de la siguiente forma:

VAN

$$VAN = -A + \frac{Q1}{(1+K)^1} + \frac{Q2}{(1+K)^2} + \frac{Q3}{(1+K)^3} + \frac{Q4}{(1+K)^4} + \frac{Q5}{(1+K)^5}$$

Dónde:

A: El monto total a invertir en negativo

Q1, Q2, Q3, Q4, Q5: Flujo neto de caja que se presenta cada año.

K: Tasa de descuento, equivalente para mi proyecto que es de 10 %

Es la representación del proyecto donde la diferencia entre los ingresos actualizados netos y la inversión realizada, es decir 24800,34 - 8650, 16150 Nuevos Soles, que es el VAN del Proyecto.

T.I.R

$$0 = -A + \frac{Q1}{(1+K)^1} + \frac{Q2}{(1+K)^2} + \frac{Q3}{(1+K)^3} + \frac{Q4}{(1+K)^4} + \frac{Q5}{(1+K)^5}$$

Dónde:

A: El monto total a invertir en negativo

Q1, Q2, Q3, Q4, Q5: Flujo neto de caja que se presenta cada año.

K: Tasa de descuento, equivalente para mi proyecto que es de 10 %

Se calcula el valor del TIR, siendo éste igual a 14% mensual, que representa un valor superior al interés bancario actual que oscila entre el 3 y 4% mensual.

3.4.6.2 Relación Beneficio Costo

Beneficio: Valor actualizado de los ingresos: 24800,34 Nuevos Soles
Inversión: 8650 Nuevos Soles.

Relación Beneficio / Costo = $24800,34 / 8650 = 2.86$

Este indicador muestra que el proyecto es beneficios 2.86 veces con respecto al costo (inversión), por lo cual también resulta atractivo la ejecución de la Propuesta de instalar un aerogenerador que abastece de energía eléctrica a la empresa de telecomunicaciones.

Tabla N° 9

	INDICADORES	VALOR
Elaboración propia	VAN neto S/.	S/ 16150,54
	TIR	14 %
	Tiempo de retorno	5 años
	Rentabilidad	2.86

Resultados Van y Tir

IV. DISCUSIÓN

En esta investigación presentan resultados que muestran valores que deben analizarse de manera minuciosa, para establecer una crítica que viabilice de manera técnica, económica y ambiental la investigación.

En la zona, donde se ubica la antena, es un lugar completamente aislado de la población urbana, en donde se realizan actividades en su interior, deben de satisfacer las necesidades de vida de los operadores, por lo cual, el suministro de energía eléctrica constante es una situación de prioridad.

Entre los puntos a discutir, podemos mencionar:

- La empresa de telecomunicaciones, al encontrarse en un lugar alejado de la red del sistema interconectado, en donde el proyecto de red primaria resulta siendo muy costoso, se abastecía con energía eléctrica generado por un grupo electrógeno de 8KW, el cuál quema combustible durante las 24 horas del día, existiendo tiempos en el cual el grupo por algún motivo salía de operación; los equipos de telecomunicación quedan fuera de funcionamiento, esto ocasiona problemas en las comunicaciones.
- Al contar con un aerogenerador, la energía que aquí se generará durante las horas en el cual la velocidad del viento es mayor a 5m/s, que es en horas de la noche, garantiza el almacenamiento de energía eléctrica en el banco de baterías, por un periodo de 12 horas, solo si se utilizara equipos de telecomunicación, debido a que la máxima demanda de éstos es de 2874 Watt, sin embargo para la operación del aire acondicionado se requiere el funcionamiento del grupo electrógeno.
- En el diseño del aerogenerador, se ha tenido en cuenta, aspectos constructivos en donde la acción del viento determine una máxima eficiencia en la transferencia de energía cinética en energía potencial;

así como también en el diseño de todos los mecanismos y componentes del almacenamiento de energía eléctrica.

- Los costos por cada Kilowatt – hora, que se genera en el aerogenerador (alrededor de 0,75 Soles por cada Kilowatt – Hora), resulta muy alto en comparación a los costos de la energía eléctrica convencional, por lo tanto su comparación no es un buen indicador debido a que la conexión a la red técnicamente es inviable

V. CONCLUSIONES

- Se realizó el inventario de las cargas eléctricas que se requieren en la estación de telecomunicación, el cual tiene una potencia instalada de 11,22 KW, y una máxima demanda de 10,33 KW, dicha necesidad energética será suministrada por dos fuentes: el grupo electrógeno de 8KW, y el aerogenerador de 6KW conectado hacia un banco de baterías, que funcionarán de manera alterna; así mismo se determinó el factor de carga igual a 0,44
- Se realizó las mediciones del viento, en el lugar, siguiendo un protocolo de medición, utilizando un anemómetro digital, el cuál establecía mediciones a 4, 5, 6 y 7 metros de altura; obteniendo los mayores valores de velocidad entre las 6 de la tarde y la medianoche; en los cuales se generaría energía para su almacenamiento en un banco de baterías
- Se hizo el cálculo y la selección de los principales dispositivos mecánicos y eléctricos del sistema eólico, para lo cual se tomó el valor de 5m/s como valor de la velocidad para la conversión de la energía cinética, en energía mecánica; seleccionando un aerogenerador de 3 palas, con un sistema de regulación e inversión de la energía eléctrica.
- Se realizó la evaluación económica, los cuales indican que tendría un valor actual neto de 16150.54, el TIR de 14% mensual y un B/C de 2.86 valores del proyecto y su viabilidad.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el análisis de incorporar un aerogenerador de mayor potencia, ubicado a mayor altura, debido a que en un largo plazo, se tiene la posible ampliación de la empresa, a contar con mayores equipos de telecomunicaciones.
- El análisis económico, también debería incluir el tema ambiental, es decir cuantificar la cantidad de toneladas de dióxido de carbono que se dejarían de emitir si se utiliza el aerogenerador.
- La utilización dentro de la planta, de cargas eléctricas de muy alta eficiencia, tanto en iluminación como en artefactos electrodomésticos, en cuanto a los sistemas de aires acondicionados, se recomienda el uso de sistemas de aire acondicionado utilizando energía solar, por absorción.

VII. REFERENCIAS

- ATLAS EÓLICO DEL PERÚ . “Implementación Del Sistema Digital Para Evaluación Preliminar Del Potencial De Recurso Eólico – VIENTOGIS” LIMA, 2008, 123pp.
- AGUILAR. “Diseño y construcción de un prototipo aerodinámico de aerogenerador a sotavento de 80 w con palas no linealizadas” Centro de Desarrollo e Investigación en Termo fluidos CEDIT. 2014, 128pp.
- AVELLANEDA. “Estudio del potencial de generación de energía eólica en la zona del páramo de chontales, municipios de Paipa y sotaquirá. departamento de Boyacá. José Alfonso Avellaneda cusaría” Maestría En Ingeniería Con Énfasis En Energías Alternativas Bogotá. 2012, 212pp.
- BAYÓN Roberto, CEBADERA Laura, DEL CASTILLO Raquel. Diseño de un parque eólico de 6mw en Malpica de Bergantiños, la Coruña. Madrid – España. Escuela de Organización industrial – Escuela de negocios. 2009. 71 pp.
- CARCHENILA Carlos. Parque eólico Cassino. Tesis, (Ingeniero de minas). Universidad politécnica de Madrid. Escuela técnica superior de ingenieros de minas. 2013. 261 pp.
- CORNEJO. “Evaluación Técnica y Económica Para la Generación de Energía Eléctrica Hibrido Eólica – Solar para la Comunidad De San Luis en el Distrito de Pimentel, Región Lambayeque” Universidad “César Vallejo” Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica. 2010, 112pp.
- COTAN, Santiago. Valoración de impactos ambientales. INERCO. Sevilla. 2007. 89 pp.
- CHAPMAN. Máquinas Eléctricas Rotativas, México 2009, , 345pp.
- GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL (GWEC) P. 284, 2014.
- LÓPEZ Daniel. Propuesta para asimilar la tecnología de construcción y operación de parques eólicos. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. México D.F. 2011. 116 pp.

- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, Balance Nacional de Energía. 2014. Lima, 2014. 142 pp.
- MOLINERO, Alberto. Proyecto de un parque eólico, Universidad de Madrid. España. Escuela técnica superior de ingeniería (ICAI). 2010. 236 pp.
- Norma IEC 64100-1: Modelado del Viento en condiciones Normales. 2008. 123pp.
- ONU, División de Desarrollo Sostenible del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, 2015
- ORTIZ (1997), Investigación titulada “Estudio De Factibilidad Para La Instalación De Una Central Eólica”, de la Escuela Politécnica Nacional. Tesis Facultad De Ingeniería Eléctrica. Quito, Ecuador.
- PITTELOUD, Daniel, Association World Wind Energy. Venezuela, 2013.
- POLONCO, Pablo. Lineamientos para el desarrollo de parques eólicos en Guatemala. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. 2012. 208 pp.
- VARGAS y ACEVEDO. (2004), “Viabilidad técnica – económica, en el uso de energía solar y eólica para generar energía eléctrica, en los centros poblados: La Escalera, Zapotal, Pampa Rume, Botijilla Y Shita Baja del distrito de Salas Provincia Lambayeque, Región Lambayeque”. Tesis, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Mecánica – Lambayeque.

Anexo: 01

Guía de Observación

TESIS : DISEÑO DE UN AEROGENERADOR DE 6 KW PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIÓN DE MORROPE, 2016.

ALUMNO : OTOLEAS AGURTO JUAN ALFREDO

LUGAR : KM 838 PANAMERICANA NORTE. MÓRROPE

Instrucciones: Tomar las mediciones de velocidad del viento en m/s, de acuerdo a la altura especificada, es decir a los 4, 5, 6 y 7 metros de altura. Las lecturas deben ser tres para obtener el promedio en cada hora. No realizar medidas si existe precipitación fluvial.

Día:				
Hora de Medición	Velocidad del Viento (m/s)			
	Altura: 6m			
	Primera Lectura	Segunda Lectura	Tercera Lectura	Promedio
15.00-16.00				
16.00-17.00				
17.00-18.00				
18.00-19.00				
19.00-20.00				
20.00-21.00				
21.00-22.00				
22.00-23.00				
23.00-24.00				
00.00-01.00				
01.00-02.00				
02.00-03.00				

Anexo: 02

ENTREVISTA

TESIS : DISEÑO DE UN AEROGENERADOR DE 6 KW PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIÓN DE MORROPE, 2016.

ALUMNO : OTOLEAS AGURTO JUAN ALFREDO

LUGAR : KM 838 PANAMERICANA NORTE. MÓRROPE

Instrucciones: Se presentan 06 preguntas, el cual se realizará a un especialista en Recursos Renovables no Convencionales, quién debe responder de manera precisa, si tuviera información complementaria, anexar a ésta entrevista.

Nombre del Especialista:

1. ¿Cómo influye la generación eólica en la matriz energética nacional?

2. ¿Cómo se va a cubrir la electrificación rural en los próximos años en el Perú?

3. ¿Existen proyectos de energía eólica en Chiclayo? ¿Cuáles?

4. ¿Cuánto debería ser el precio del KW-Hora producido con energía eólica para que el precio pueda competir con la energía convencional?

5. ¿Existe proveedores en la región de equipos para la generación de energía eólica?

6. ¿Conoce la existencia de empresas que se autoabastecen de energía eólica

ENTREVISTA RESUELTA

TESIS : DISEÑO DE UN AEROGENERADOR DE 6 KW PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIÓN DE MORROPE, 2016.

ALUMNO : OTOLEAS AGURTO JUAN ALFREDO

LUGAR : KM 838 PANAMERICANA NORTE. MÓRROPE

Instrucciones: Se presentan 06 preguntas, el cual se realizará a un especialista en Recursos Renovables no Convencionales, quién debe responder de manera precisa, si tuviera información complementaria, anexar a ésta entrevista.

Nombre del Especialista: ING. Eloy Reyes

1. ¿Cómo influye la generación eólica en la matriz energética nacional?

Con el mapa eólico se ha mostrado el gran potencial que el país tiene, fundamentalmente en la costa. Estas subastas especiales para las energías alternativas, como la eólica, califican para un MDL programático que el Perú debe desarrollar, optimizando su rentabilidad y acelerando la gestión para la construcción de los parques eólicos. Ha sido un gran paso la primera subasta de energías alternativas, se ha evidenciado que muchas críticas y objeciones, se basan en el desconocimiento de las nuevas tecnologías.

De acuerdo a lo prescrito por el D. Leg. 1002 y su reglamento, se estipula que se asignará el 5% de la demanda anual de electricidad para ser cubierto por las Energías Convencionales no Renovables (ERNR), representadas universalmente por la eólica, solar fotovoltaica, solar térmico, biomasa, mini hidráulica (menor de 20 Mw) y geotérmica.

2. ¿Cómo se va a cubrir la electrificación rural en los próximos años en el Perú?

La electrificación rural en el futuro y en especial de aquellos lugares aislados de difícil acceso, va a ser cubierto con programas e incentivos para la puesta en operación de proyectos, como por ejemplo con la operación de Pequeños Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios (PSFD), la promoción del FOSE como pieza clave de la sostenibilidad y asequibilidad por lo cual los usuario pagaran menos de lo que se gastaban antes.

3. ¿Existen proyectos de energía eólica en Chiclayo? ¿Cuáles?

Si existen, en febrero del presente año Osinergmin aprobó 13 proyectos de generación renovable. Estos proyectos aportarán al sistema eléctrico 1 739,2 GW.h/año, lo que implica el 99,38% de la energía solicitada y a un precio inferior al máximo establecido por Osinergmin.

Osinergmin destacó que los precios adjudicados de los proyectos eólicos y solares fotovoltaicos son los más bajos de los últimos años a nivel latinoamericano. Los proyectos ganadores estarán ubicados en los departamentos de Áncash, Cajamarca, Ica, Lima,

Moquegua y San Martín. La fecha referencial de puesta en operación comercial es diciembre de 2018.

En total son 3 proyectos eólicos con una potencia total instalada de 162,0 MW, la energía total adjudicada es de 738,6 GWh/año.

4. ¿Cuánto debería ser el precio del KW-Hora producido con energía eólica para que el precio pueda competir con la energía convencional?

El precio del promedio para la adjudicación de proyectos de generación eólica según la última subaste debe de ser de 37,79 USD/MWh.

5. ¿Existe proveedores en la región de equipos para la generación de energía eólica?

Actualmente en el Perú y Latinoamérica si existen proveedores de aerogeneradores y de equipamiento necesario para la puesta en ejecución de proyectos de mediana escala, si se requiere de equipos de mayores capacidades de generación se tiene que hacer pedido normalmente a Europa y Asia.

6. ¿Conoce la existencia de empresas que se autoabastecen de energía eólica?

Actualmente no como para ser funcionar a una pequeña industria, este tipo de tecnología de generación es utilizada mayormente para suplir la demanda del SEIN, un gran ejemplo los actuales parques eólicos que están operando en nuestro territorio.

En total son cuatro los parques eólicos que operan en el país aportando 239 MW al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

**Anexo: 03****FORMATO DE REGISTRO DE CARGAS ELÉCTRICAS**

TESIS : DISEÑO DE UN AEROGENERADOR DE 6 KW PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIÓN DE MORROPE, 2016.

ALUMNO : OTOLEAS AGURTO JUAN ALFREDO

LUGAR : KM 838 PANAMERICANA NORTE. MÓRROPE

Instrucciones: Realizar el registro de las consumidores de energía eléctrica, de acuerdo a datos de placa, e indicar la tensión, potencia, índices de protección y estado de conservación

Nombre del encargado del registro:

Sistema	Equipo	Cantidad	Potencia Unitaria (KW)	Potencia Total (KW)
Iluminación	Luminaria exterior	1	400	400
	Lámpara Fluorescente Iluminación Patio	4	150	600
	Lámpara Fluorescente Sala de Equipos	6	32	192
	Lámpara Fluorescente Iluminación Servicios Higiénicos	2	32	64
	Lámpara Fluorescente Grupo Electrónico	2	32	64
Antena	radio huawei rtn 620	1	374	374
	Sistema 2G	1	2200	2200
	Cargador de Baterías	1	300	300
Confort	Aire Acondicionado 24000 BTU/Hora	1	7030	7030
Total				11224

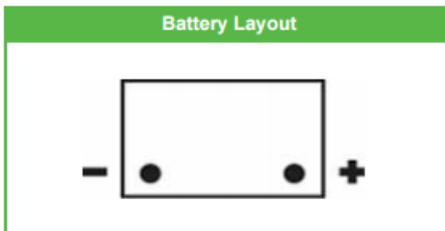
Anexo: 04

Datos técnicos batería

UP-SP100



Product design features	
•	AGM-technology, maintenance free product (SMF)
•	Power Supply & Starting power suitable
•	More than 500 cycles at 75% D.O.D.
•	More than 1000 cycles IEC 61427
•	High resistance to deep and repetitive discharge cycles
•	Internal gas recombination efficiency 98% - 99%
•	One-way valve regulated system with flame-arrestor
•	Delivered ready for use at 100% of its nominal capacity
•	Long Service Life



Specifications		
Nominal Voltage	12V	
Capacity	C1 (9.60V)	65 Ah
	C5 (10.20V)	80 Ah
	C10 (10.80V)	85 Ah
	C100 (10.80V)	100 Ah
	Cr (10.5V)	180 min
Dimension	Length	345 mm
	Width	175 mm
	Height	230 mm
Weight	28.3 kg	
Box type	C90	



Other Specifications	
Terminals	Standard cone
Handles	Yes (2)
QTY/PLT/Layer	36/1/4

Charging type	Parameter / Limits
Charge with constant current	Current limit: 10 - 20 % from C10 capacity rate
Charge with constant voltage	Voltage limit: 14.1 - 15.0 V per block
Float Charge Voltage (cycling)	Float voltage: 13.62 V per block @ 20°
Temperature Correction Factor	0.018 V per block / °C

Anexo: 05

Datos técnicos interruptor termomagnético IC60H

Datos técnicos

Características principales		
Según la norma UNE-EN 60947-2		
Tensión asignada de aislamiento (Ui)		500 V CA
Grado de contaminación		3
Tensión asignada impulsional (Uimp)		6 kV
Disparo térmico	Temperatura de referencia	50 °C
	Degradación por temperatura	Ver capítulo 6
Disparo magnético	Curva B	4 In ±20%
	Curva C	8 In ±20%
	Curva D	12 In ±20%
Categoría de utilización		A
Según la norma UNE-EN 60898-1		
Clase de limitación		3
Poder de corte y conexión nominal de un polo individual (Icn1)		Icn1 = Icn
Características adicionales		
Grado de protección (UNE-EN 60529)	Dispositivo únicamente	IP20
	Dispositivo en cofre modular	IP40 Clase de aislamiento II
Endurancia (apertura-cierre)	Eléctrica	10.000 ciclos
	Mecánica	20.000 ciclos
Categoría de sobretensión (UNE-EN 60364)		IV
Temperatura defuncionamiento		-35 °C a +70 °C
Temperatura de almacenamiento		-40 °C a +85 °C
Tropicalización (UNE-EN 60068-1)		Tratamiento 2 (humedad relativa 95% a 55 °C)

Anexo: 06

Datos técnicos interruptor diferencial

Interruptor diferencial F360
Características técnicas

Conformidad con normas	IEC 1008, EN 61008, VDE 0664, IRAM 2301
Nº de módulos de 17,5 mm	2 módulos (bipolar) 4 módulos (tetrapolar)
Intensidad nominal	25, 40, 63 A
Tensión nominal UB	127/230 VCA (bipolar) 230/415 VCA (tetrapolar)
Frecuencia	50/60Hz
Intensidad de defecto $I_{\Delta n}$	10 mA, 30 mA y 300 mA
Margen de disparo	$0,5 \dots 1 \cdot I_{\Delta n}$
Tiempo	$1 I_{\Delta n}$ $5 I_{\Delta n}$
	≤ 200 mseg < 40 mseg
Resistencia al cortocircuito \Rightarrow	6 kA
Vida útil:	• Eléctrica con U_n e I_n • Mecánica
	10.000 maniobras 20.000 maniobras
Grado de protección	IP 20 - \geq IP40 en gabinete
Temp. amb. de funcionamiento	Max.: + 55° C, min.: -5° C
Sección de conductores	0,75 a 25 mm ²
Bornes de alimentación	Superiores o inferiores, indistinto
Posición de montaje	Indistinta
Peso	• 25/40 A: • 63 A:
	0,345 (bipolar) - 0,415 (tetrapolar) 0,365 (bipolar) - 0,450 (tetrapolar)
Fijación	Encastre a perfil DIN 35mm
Tipo de bornes	De caja bifunción

Anexo: 07
Datos técnicos inversor monofásico KOSTAL 3.6

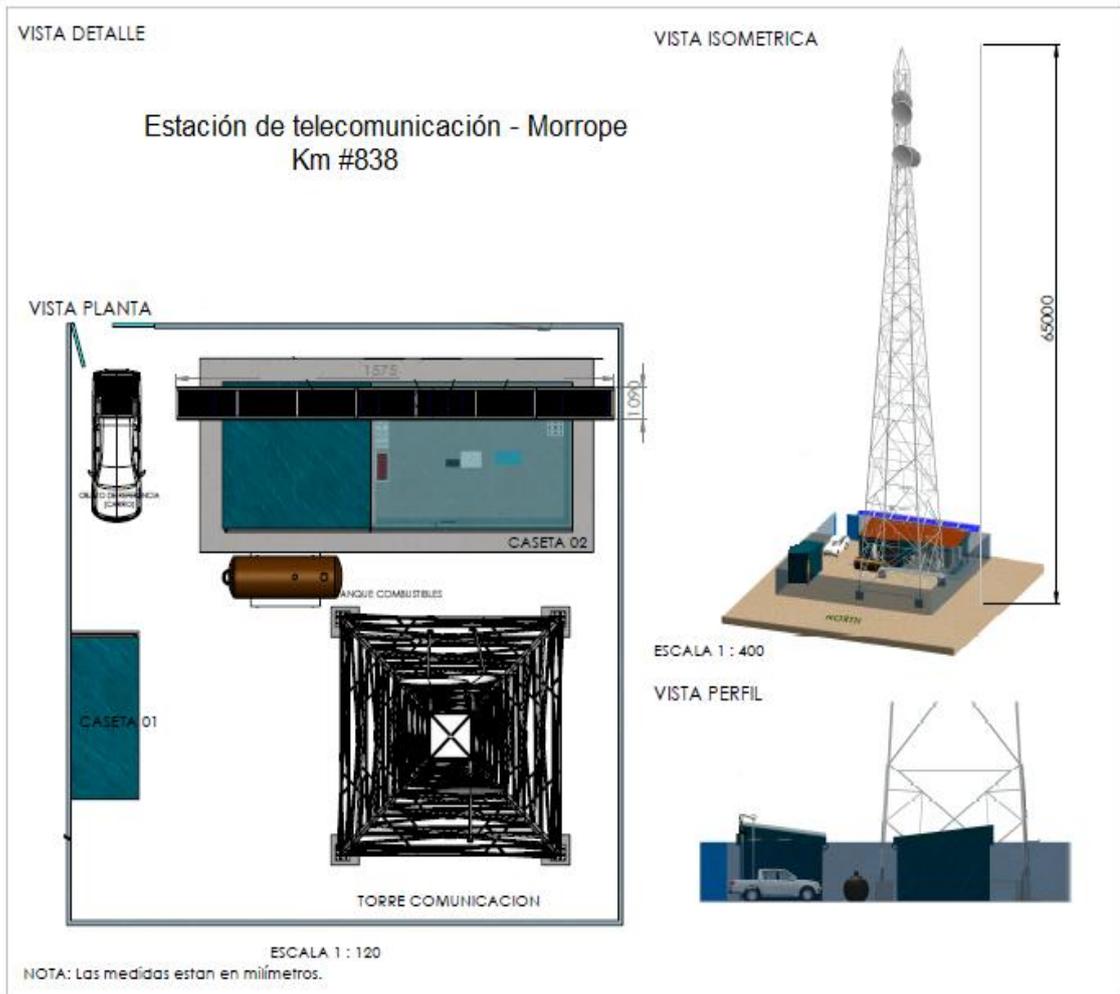
Lado de entrada (CC)		Datos del sistema	
Potencia fotovoltaica máx. (cos $\varphi = 1$)	kWp	4,5	
Tensión de entrada nominal ($U_{CC,n}$)	V	455	
Tensión de entrada máx. ($U_{CC,máx}$)	V	845	
Tensión de entrada mín. ($U_{CC,mín}$)	V	350	
Tensión de entrada de inicio ($U_{CC,ida}$)	V	350	
Tensión PMP máx. ($U_{PMP,máx}$)	V	700	
Tensión PMP mín. para potencia nominal CC en el modo de un seguidor ($U_{PMP,mín}$)	V	350	
Tensión PMP mín. para potencia nominal CC en el modo de dos seguidores ($U_{PMP,mín}$)	V	-	
Corriente de entrada máx. ($I_{CC,máx}$)	A	12	
Corriente de entrada máx. con conexión en paralelo (entrada CC1+CC2)	A	-	
Número de entradas CC		1	
Número de seguidores PMP indep.		1	
Lado de salida (CA)		Datos del sistema	
Potencia nominal, cos $\varphi = 1$ ($P_{CA,r}$)	kW	3,68	
Potencia aparente de salida máx., cos φ_{adj}	kVA	3,68	
Tensión de salida máx. ($U_{CA,máx}$)	V	276	
Tensión de salida mín. ($U_{CA,mín}$)	V	185	
Corriente de salida nominal	A	16	
Corriente de salida máx. ($I_{CA,máx}$)	A	16	
Corriente de cortocircuito (Peak/RMS)	A	47/16	
Conexión de red		1-, AC, 230V	
Frecuencia de referencia (f_r)	Hz	50	
Frecuencia de red máx. ($f_{máx}$)	Hz	65	
Frecuencia de red mín. ($f_{mín}$)	Hz	45	
Margen de ajuste del factor de potencia cos $\varphi_{CA,r}$		0,95...1...0,95	
Factor de potencia con potencia nominal (cos $\varphi_{CA,r}$)		1	
Coefficiente de distorsión armónico máx.	%	<2	
Propiedades del aparato		Datos del sistema	
Necesidad propia stand-by	W	<4	
Coeficiente de rendimiento		Datos del sistema	
Coeficiente máx. de rendimiento	%	98,6	
Coeficiente europeo de rendimiento	%	98,3	
Coeficiente de rendimiento de adaptación PMP	%	99,7	
Topología: sin aislamiento galvánico –sin transformador–			✓
Grado de protección según IEC 60529		IP 21	
Categoría de protección según IEC 62103		II	
Categoría de sobretensión según IEC 60664-1 lado de entrada (generador fotovoltaico)		II	
Categoría de sobretensión según IEC 60664-1 lado de salida (conexión de red)		III	
Grado de contaminación		3	
Categoría medioambiental (montaje a la intemperie)		-	
Categoría medioambiental (montaje en interior)		✓	
Resistencia UV		-	
Sección mínima de cable línea de conexión CA	mm ²	4	
Sección mínima de cable línea de conexión CC	mm ²	2,5	
Fusible máx. lado de salida		B20	
Protección para las personas (EN 62109-2)		RCMU/RCCB Typ B	
Dispositivo de desconexión autónomo electrónico integrado		✓	
Altura	mm	608	
Ancho	mm	340	
Profundidad	mm	222	
Peso	kg	9,1	
Principio de refrigeración –convección–		-	
Principio de refrigeración –ventilador regulado–		✓	
Volumen de aire máx.	m ³ /h	-	
Nivel de emisión sonora máx.	dBA	31	
Temperatura ambiente	°C	-15...60	
Altura de montaje máx. sobre el nivel del mar	m	2000 (6562 ft)	
Humedad relativa del aire	%	0...95	
Técnica de conexión lado de entrada –Phoenix Contact SUNCLIX		✓	
Técnica de conexión lado de salida –Connector Wieland RST25I3		✓	
Interfaces		Datos del sistema	
Ethernet (RJ45)		1	
RS485 (RJ45)		2	
Modbus RTU (RJ10)		1	

Anexo: 08
TABLA DE DATOS TECNICOS NYT TRIPLE

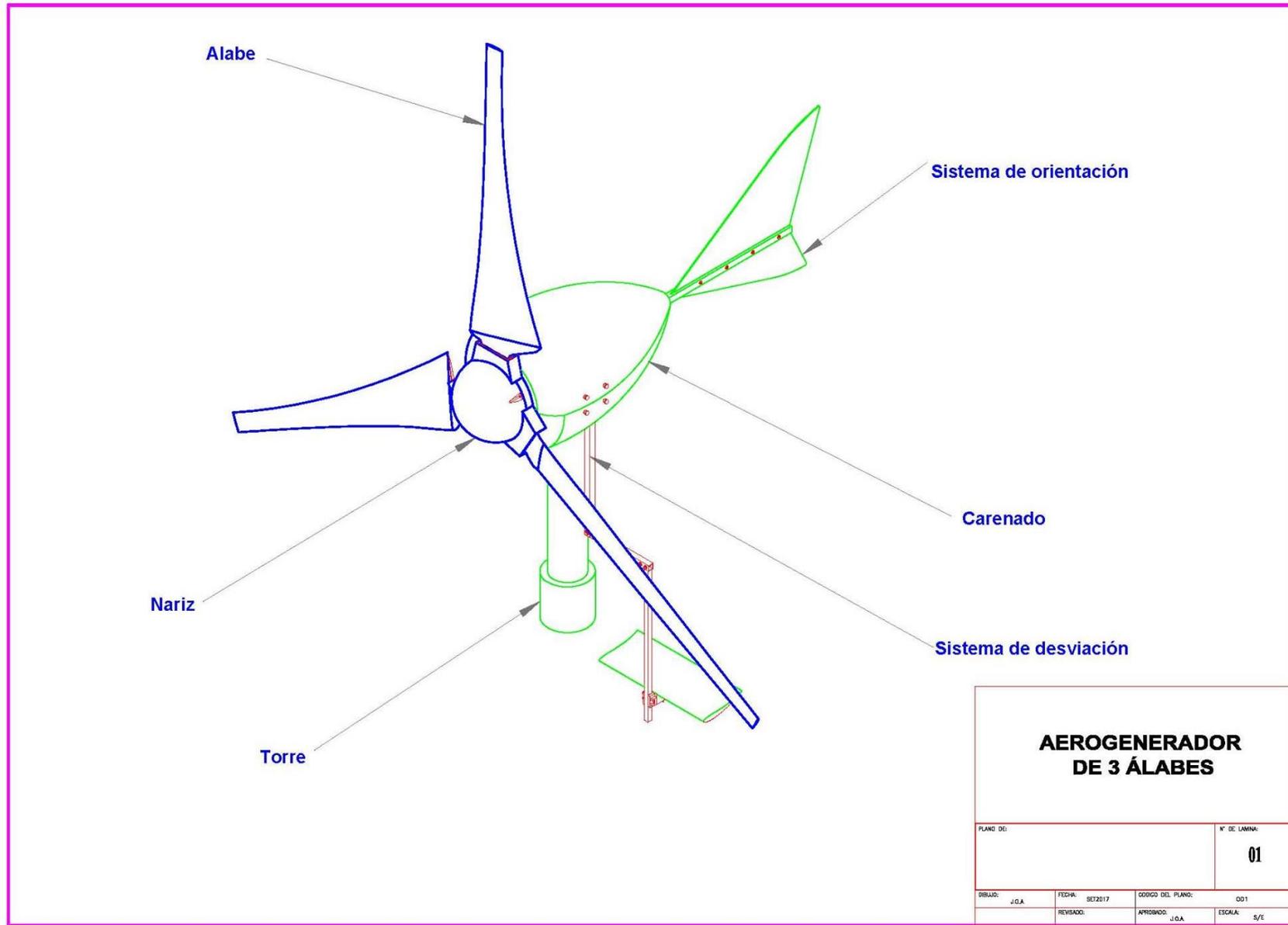
CALIBRE	Nº HILOS	ESPEORES		DIMENSIONES		PESO (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm²		mm	mm	mm	mm		A	A	A
3 - 1 x 6	1	1	1.4	7.8	23.2	324	72	54	58
3 - 1 x 10	1	1	1.4	8.6	25.7	455	95	74	77
3 - 1 x 16	7	1	1.4	9.8	29.1	672	127	100	102
3 - 1 x 25	7	1.2	1.4	11.4	33.9	992	163	131	132
3 - 1 x 35	7	1.2	1.4	12.4	37.1	1298	195	161	157
3 - 1 x 50	19	1.4	1.4	14.1	42	1707	230	196	186
3 - 1 x 70	19	1.4	1.4	15.7	46.8	2339	282	250	222
3 - 1 x 95	19	1.6	1.5	18.2	54.3	3209	336	306	265
3 - 1 x 120	37	1.6	1.5	19.9	59.5	3975	382	356	301
3 - 1 x 150	37	1.8	1.6	21.7	64.9	4836	428	408	338
3 - 1 x 185	37	2	1.7	24.1	72	6027	483	470	367
3 - 1 x 240	37	2.2	1.8	27	80.8	7825	561	562	426
3 - 1 x 300	37	2.4	1.9	29.8	89.3	9736	632	646	480
3 - 1 x 400	61	2.6	2	33.2	99.4	12336	730	790	555
3 - 1 x 500	61	2.8	2.1	36.9	110.4	15590	823	895	567

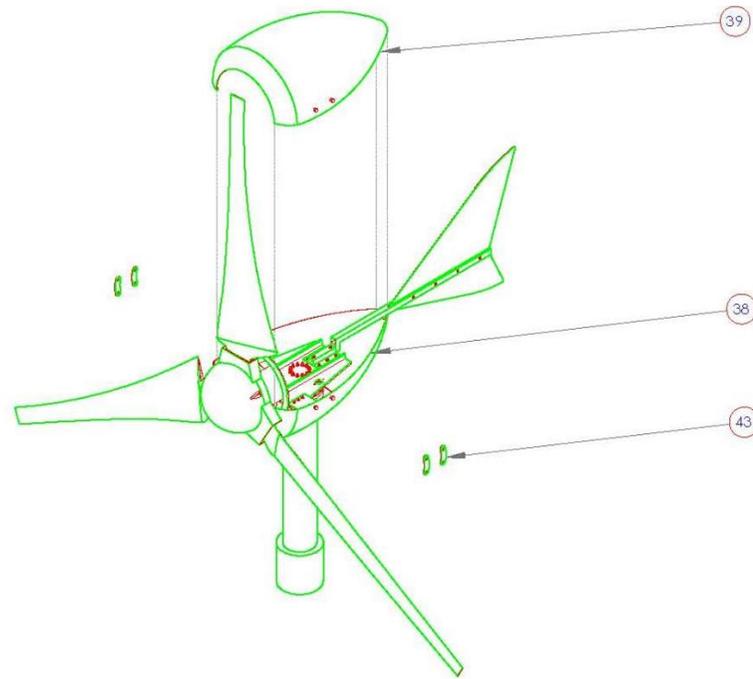
Anexo: 09

Croquis de la empresa de telecomunicaciones



PLANOS

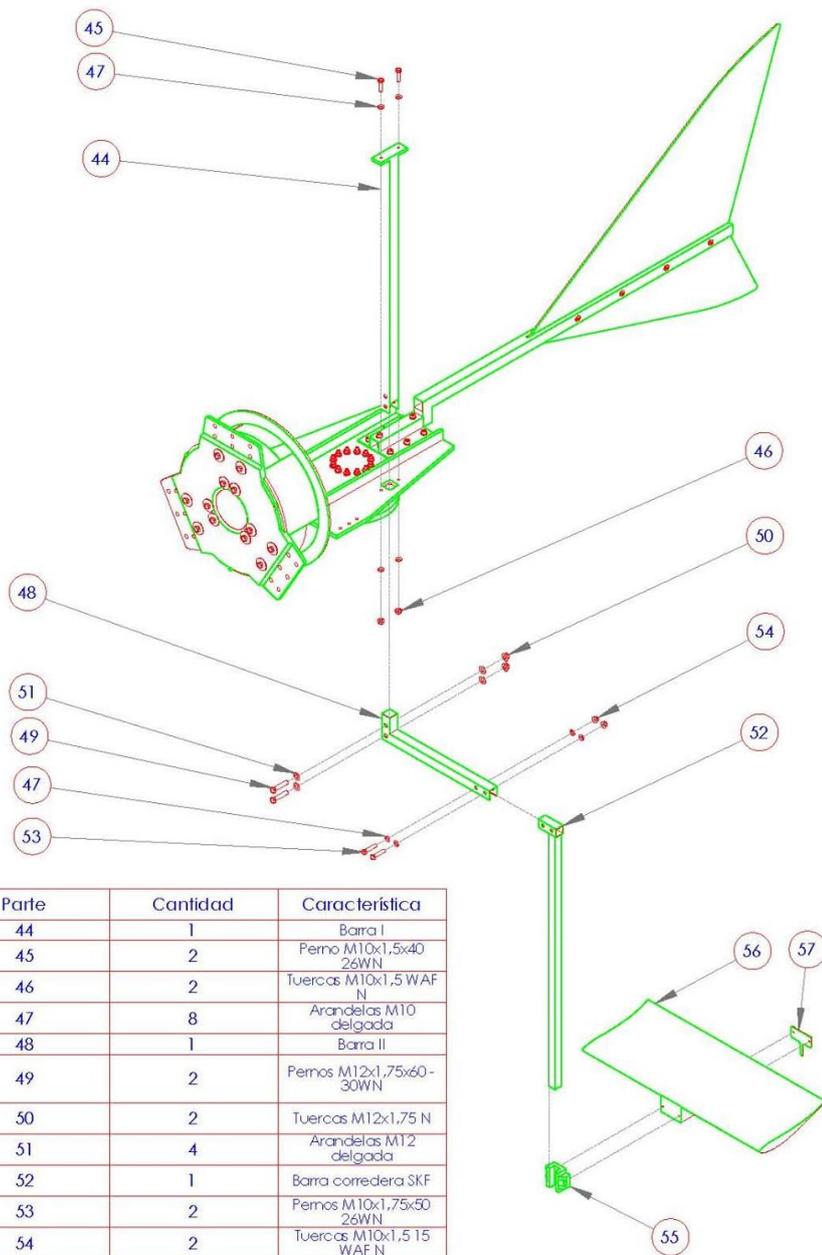




Parte	Cantidad	Característica
38	1	Carenado A
39	1	Carenado B
43	4	Ligas elásticas para la unión

DETALLE DE LA UNIÓN DEL CARENADO COMPLETO DE LA MÁQUINA

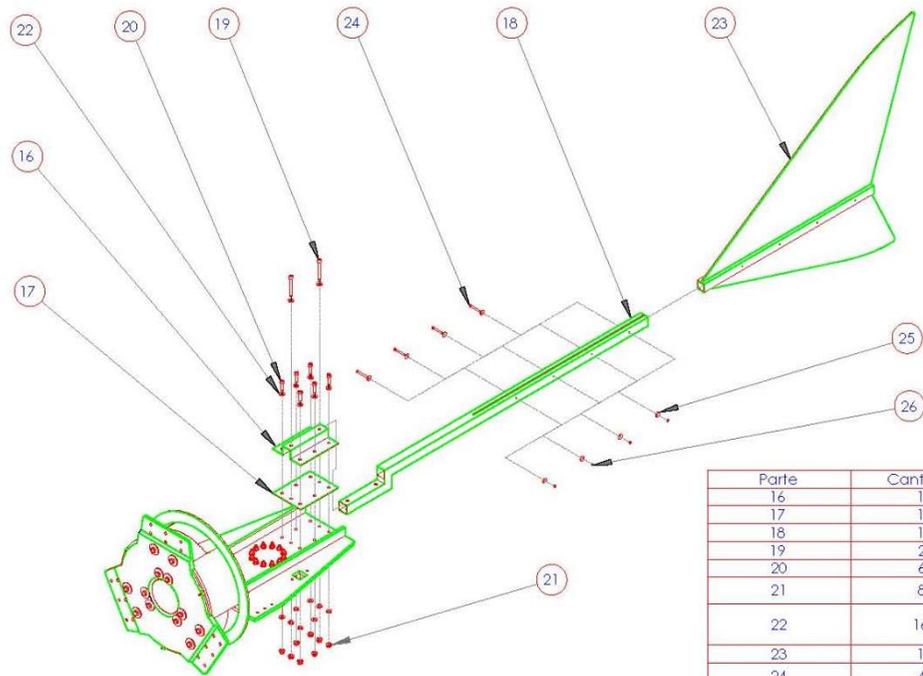
PLANO DE:		N° DE LÁMINA:	
		05	
DIBUJO:	FECHA:	CODIGO DEL PLANO:	N° DE LÁMINA:
J.G.A.	SET2017	005	005
REVISADO:	APROBADO:	ESCALA:	S/E
	J.G.A.		



Parte	Cantidad	Característica
44	1	Barra I
45	2	Perno M10x1,5x40 26WN
46	2	Tuercas M10x1,5 WAF N
47	8	Arandelas M10 delgada
48	1	Barra II
49	2	Pernos M12x1,75x60-30WN
50	2	Tuercas M12x1,75 N
51	4	Arandelas M12 delgada
52	1	Barra corredera SKF
53	2	Pernos M10x1,75x50 26WN
54	2	Tuercas M10x1,5 15 WAF N
55	1	Corredera SKF
56	1	Alerón de freno
57	1	Extensión alerón

DETALLE SISTEMA DE DESVIACIÓN

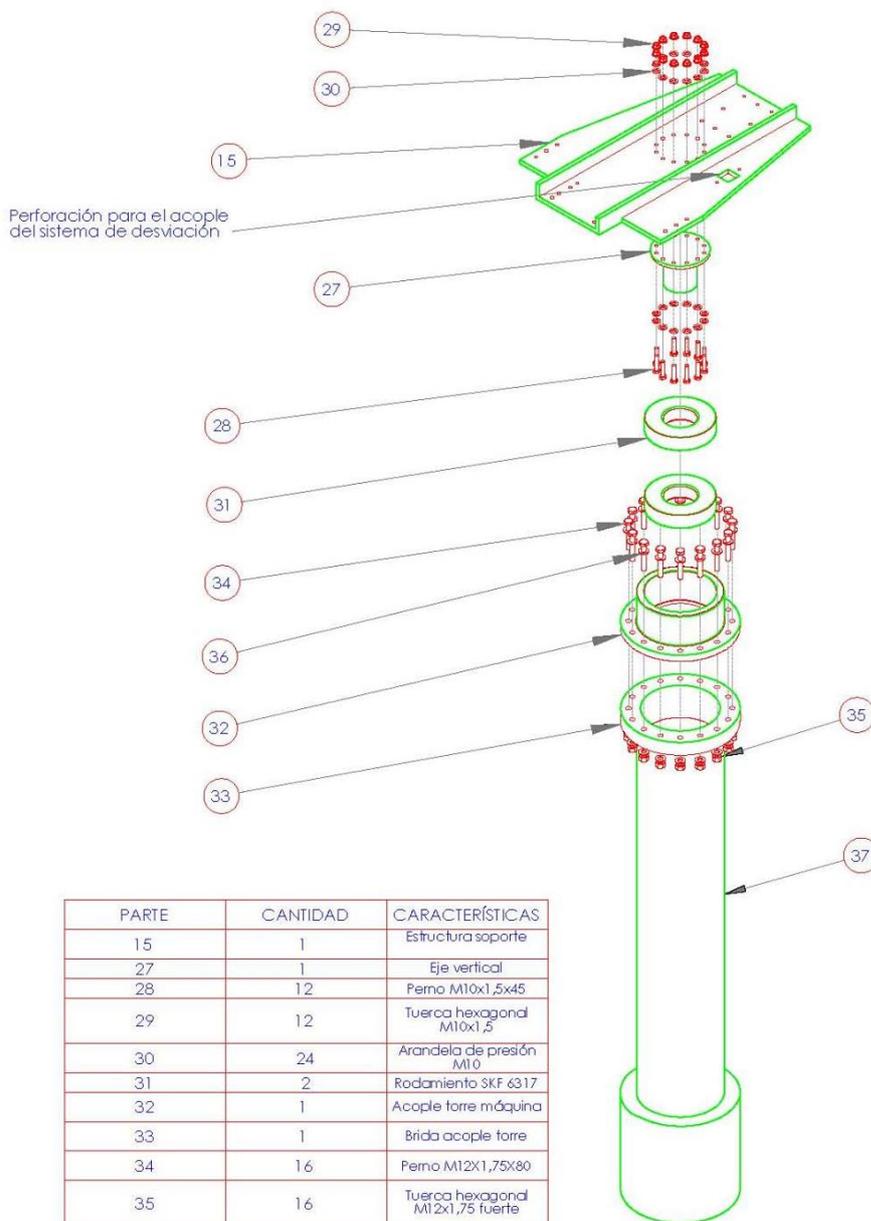
PLANO DE:		N° DE LÁMINA:	
		06	
DELCO:	J.G.A.	FECHA:	SE/2017
REVISADO:		CODIGO DEL PLANO:	006
APROBADO:	J.G.A.	ESCALA:	5/E



Parte	Cantidad	Característica
16	1	Placa base A
17	1	Placa base B
18	1	Estructura veleta
19	2	Pernos M10x1,5x80
20	6	Pernos M10x1,5x35
21	8	Tuercas M10x1,5 con 15WAF
22	16	Arandela de presión M10 delgada
23	1	Veleta
24	4	Pernos M5x0,8x50 14WN
25	4	Tuerca M5x0,8 D-N
26	8	Arandela de presión M5 ancha

DETALLE DE LA UNIÓN DEL SISTEMA DE ORIENTACIÓN EL CARENADO INFERIOR CON LA ESTRUCTURA

PLANO DE:		N° DE LÁMINA:	
		04	
DIBUJO:	J.O.A.	FECHA:	SET2017
REVISADO:		APROBADO:	J.O.A.
CODIGO DEL PLANO:		DD4	
		ESCALA:	S/C



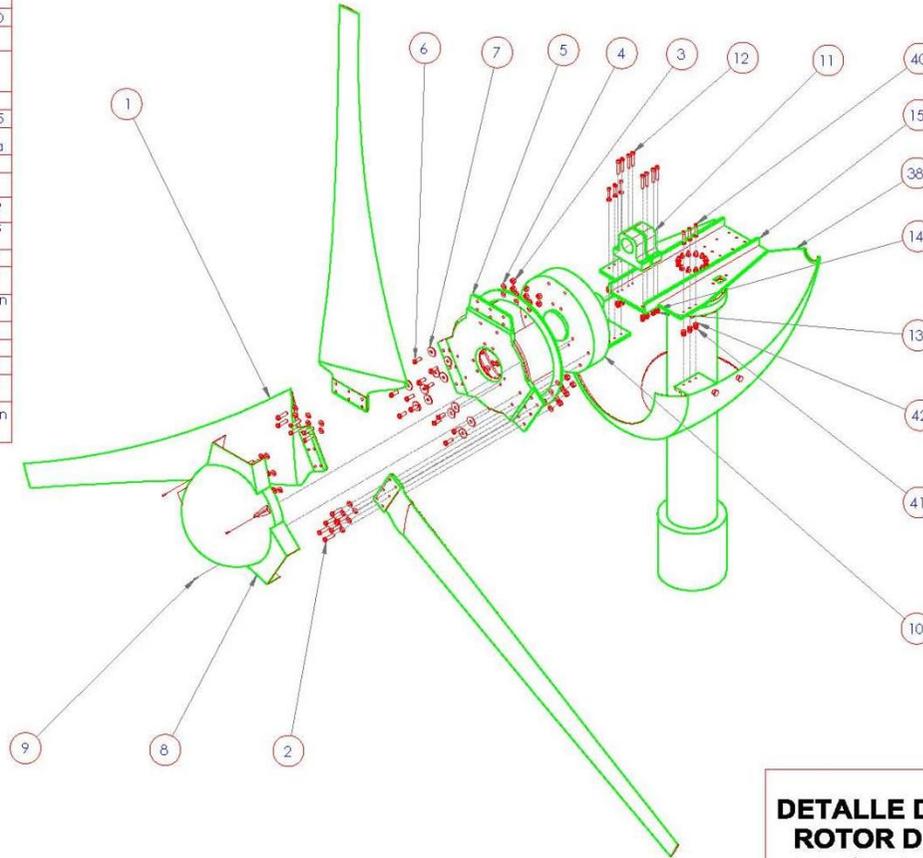
PARTE	CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS
15	1	Estructura soporte
27	1	Eje vertical
28	12	Perno M10x1,5x45
29	12	Tuerca hexagonal M10x1,5
30	24	Arandela de presión M10
31	2	Rodamiento SKF 6317
32	1	Acople torre máquina
33	1	Brida acople torre
34	16	Perno M12x1,75x80
35	16	Tuerca hexagonal M12x1,75 fuerte
36	32	Arandela de presión M12
37	1	Torre

NOTA: los componentes restantes del aerogenerador permanecen ocultos para visualizar mejor el acople con la torre

DETALLE DEL ACOPLE DE LA MAQUINA CON LA TORRE

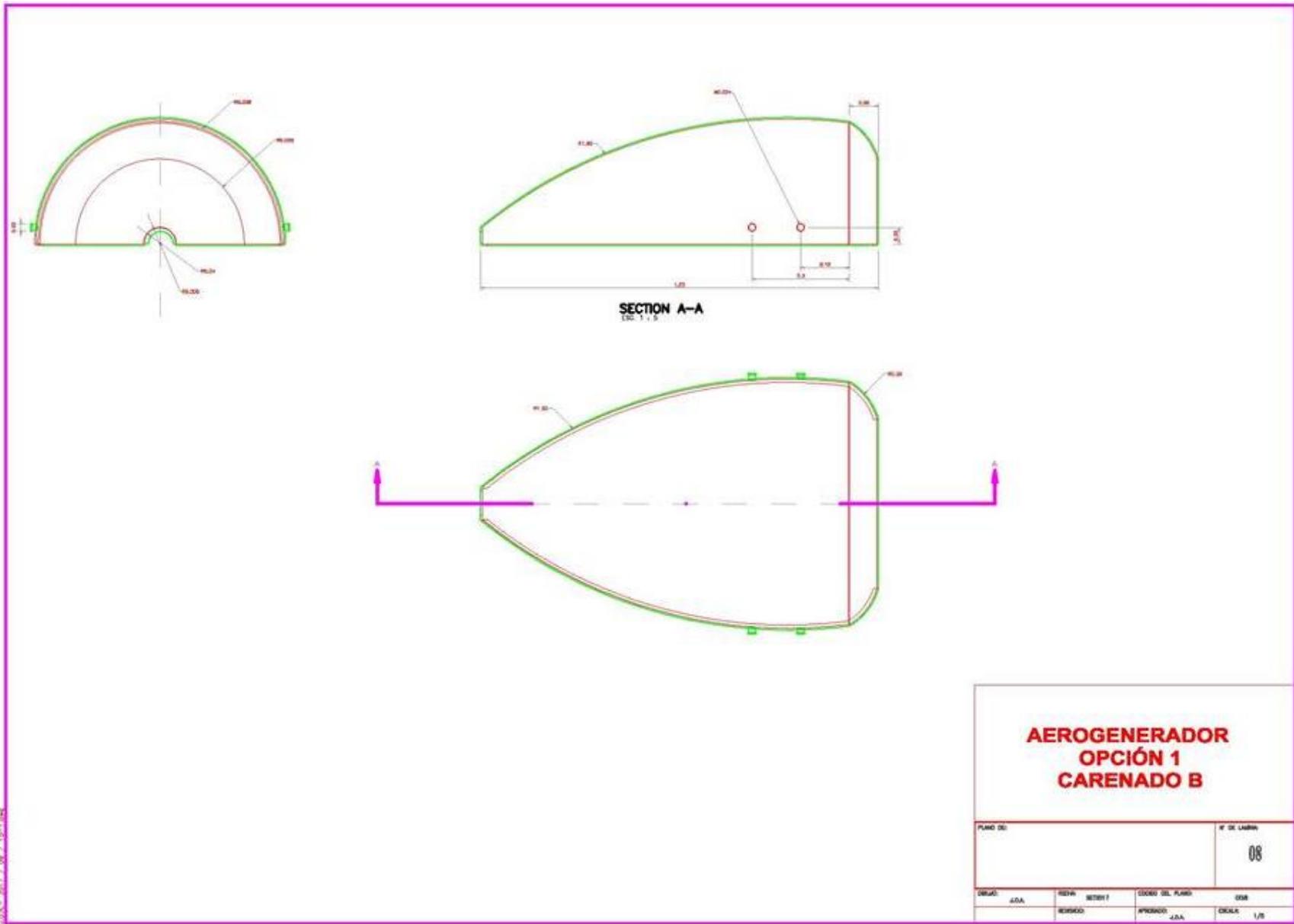
PLANO DE:		Nº DE LAMINA:	
		02	
DIBUJO:	FECHA:	CODIGO DEL PLANO:	DOZ
J.D.A.	SET2017		
REVISADO:	APROBADO:	J.D.A.	ESCALA: 5/E

Parte	Cantidad	Característica
1	3	Pala
2	18	Pernos M12x1,75x50
3	18	Tuercas M12x1,75 fuerte
4	36	Arandelas de presión M12 delgada
5	1	Buje coreano
6	12	Pernos M12x1,75x35
7	12	Arandelas de presión M12 ancha
8	1	Nariz
9	3	Pernos M6x0,7x16 cabeza redonda
10	1	Generador eléctrico SYG AB 410-5000-300
11	2	Fijador de eje LSCS 80
12	8	Pernos M10x1,5x60
13	8	Tuerca hexagonal M10x1,5
14	8	Arandela de presión M10 delgada
15	1	Estructura soporte
38	1	Carenado A
40	6	Pernos M10x1,5x45
41	6	Tuerca hexagonal M10x1,5
42	12	Arandela de presión M10 delgada



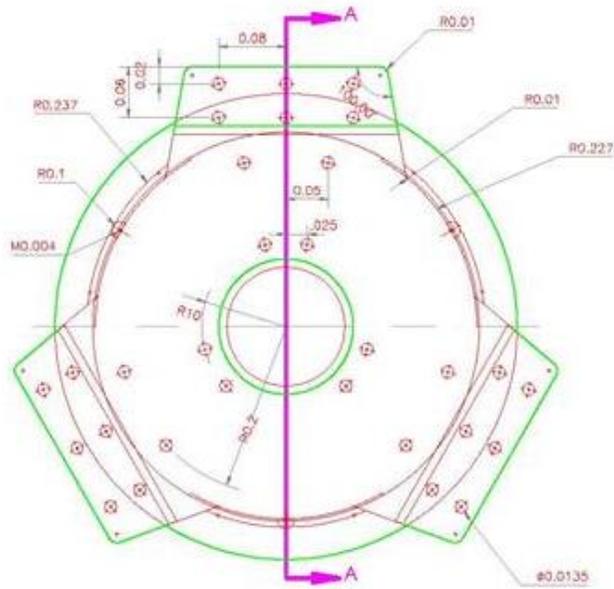
DETALLE DEL ACOPLÉ DEL ROTOR DE LA MÁQUINA Y EL CARENADO INFERIOR CON LA ESTRUCTURA

PLANO DE:		N° DE LÁMINA:	
		03	
DIBUJO:	J.O.A.	FECHA:	SET2017
REVISADO:		CODIGO DEL PLANO:	003
		APROBADO:	J.O.A.
		ESCALA:	5/E

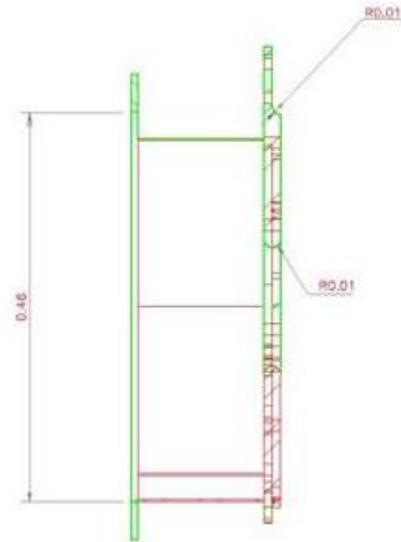


**AEROGENERADOR
OPCIÓN 1
CARENADO B**

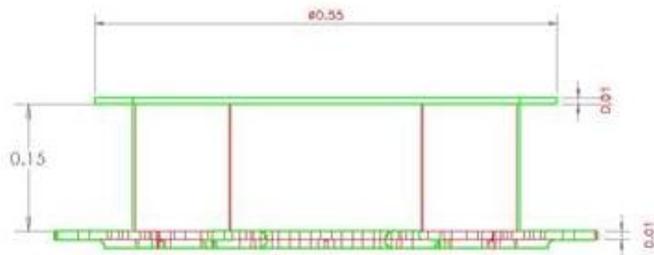
PLANO DE:		Nº DE LÍNEA:	
		08	
DESAJ:	REDA:	REVISIÓ:	CODIGO DEL PLANO:
JDA		0001	008
	REVISIÓ:	APROBADO:	ESCALA:
	JDA	JDA	1/25



PLANTA
ESC. 1 : 5



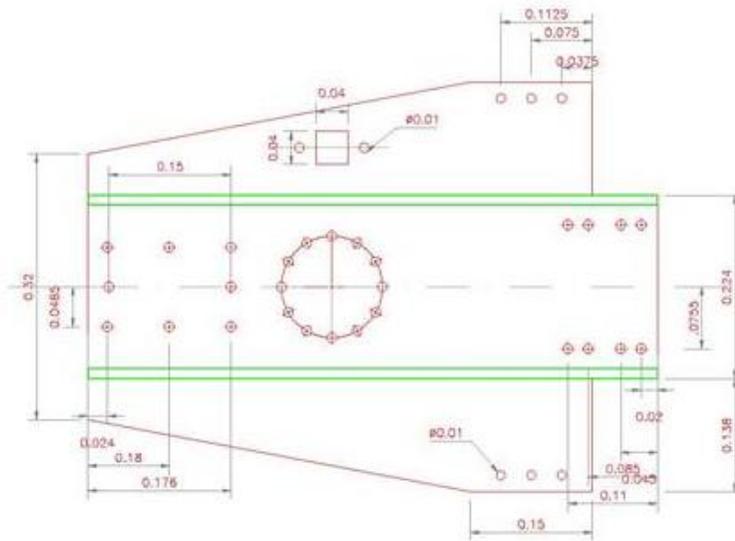
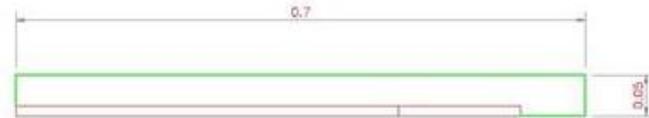
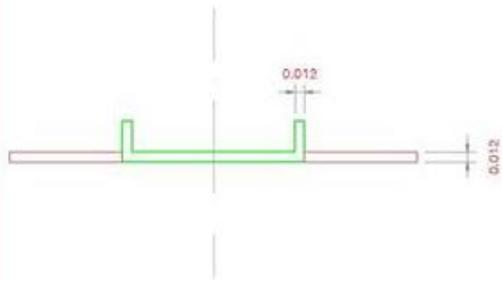
SECTION A-A
ESC. 1 : 5



VISTA PERFIL
ESC. 1 : 5

AEROGENERADOR OPCIÓN 1 BUJE ADAPTACIÓN OPCIÓN 1			
PLANO DE:			# DE LISTAS 09
DESAJ:	J.O.A.	REVIS:	COMO DEL PLANO
	REVISOR:	APROBADO:	ESCALA 1/1

J.O.A.- 2017 / 09 / 15-1.dwg



AEROGENERADOR OPCIÓN 1 ESTRUCTURA SOPORTE OPCIÓN 1			
PLANO DE:			N° DE LÁMINA 10
UNIDAD ABA	REV.º 02/2017	COORD. DEL PLANO D10	ESCALA 1/8