

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECANICA ELECTRICA



**Diseño de un sistema de aerogeneradores para abastecer de
energía eléctrica al campus de la USP- Nuevo Chimbote,
2016**

**Tesis para obtener el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico Electricista**

Autor: Bach. Ing. García Zambrano, Marlon Cesar

Asesor: M.Sc. Chucuya Huallpachoque, Roberto Carlos

Chimbote-Perú

2016

Palabras clave

Tema:	Diseño de aerogenerador, Abastecimiento de energía eléctrica.
Especialidad:	Ingeniería Mecánica Eléctrica
Línea de investigación:	Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Keyword

Theme:	Aerogenerator design, Electric power supply.
Specialty:	Electric mechanic engineering
Line of research:	Electrical and Electronic Engineering

Título.

**Diseño de un sistema de aerogeneradores para abastecer de
energía eléctrica al campus de la USP- Nuevo Chimbote,
2016.**

Resumen.

El propósito del presente trabajo de investigación es diseñar un sistema de aerogeneradores eólicos para abastecer de energía eléctrica segura y confiable en el campus de USP – Nuevo Chimbote, en forma dual inicialmente, energía eléctrica convencional y energía eléctrica renovable, mediante aerogeneradores.

La metodología de investigación obedece a un diseño descriptivo - transversal, constituye un tipo de investigación cuantitativa, en el cual se realizó una evaluación estadística del potencial eólico, así como la estadística del consumo de energía del campus de USP, con el cual se proyectó sistema de aerogeneradores.

Se realizaron las mediciones de velocidad de viento. Nos dieron como resultado una velocidad nominal de 5m/s y una dirección de viento entre SUR y SUR-SUROESTE. Se diseñaron los aerogeneradores con una potencia nominal de 2.5 kW, un diámetro de rotor de 11.5 metros, una torre de 30 metros de altura. Las características de los componentes eléctricos y de control de la micro central eólica son: la conexión en cuatro grupos de cinco aerogeneradores cada grupo. Una casa de fuerza con un total de 58 baterías para los 20 aerogeneradores y un regulador de carga para cada grupo de cinco aerogeneradores, que hacen un total de cuatro reguladores de carga. Así mismo, los indicadores mejoran si se considera un ingreso adicional, tipo subsidio por energía producida. Además, en nuestro país se está fomentando el desarrollo de energías renovables, con la implementación de parques eólicos, para generación de energías eléctricas, de tal forma contrarrestar la contaminación ambiental.

Abstract.

The purpose of this research work is to design a wind turbine system to supply safe and reliable electric power on the campus of USP - Nuevo Chimbote, initially dual, conventional electric power and renewable electric power, using wind turbines.

The research methodology obeys a descriptive - transversal design, constitutes a type of quantitative research, in which a statistical evaluation of the wind potential was made, as well as the statistics of the energy consumption of the USP campus, with which the system was projected. Of wind turbines.

The wind speed measurements were made. We obtained a nominal speed of 5m / s and a wind direction between SUR and SOUTHWEST. The wind turbines were designed with a nominal power of 2.5 kW, a rotor diameter of 11.5 meters, a tower 30 meters high. The characteristics of the electrical and control components of the wind power plant are: the connection in four groups of five wind turbines each group. A power house with a total of 58 batteries for the 20 wind turbines and a charge regulator for each group of five wind turbines, which make a total of four load regulators. Likewise, the indicators improve if an additional income is considered, subsidy type for energy produced. In addition, in our country the development of renewable energies is being promoted, with the implementation of wind farms, for the generation of electric energy, in order to counteract environmental pollution.

Índice

Palabras claves – línea de investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
I. Introducción	1
II. Metodología de trabajo	31
III. Resultados	32
IV. Conclusiones y recomendaciones	59
V. Dedicatoria	61
VI. Agradecimiento	62
VII. Bibliografía	63
VIII. Anexos	67

I. Introducción

Desde más de 5.000 años se usa la energía del viento en barcos de velas y en la China se construyeron los primeros molinos compuestos de velas de barcos. Para moler granos en Persia se usaban molinos de viento desde el siglo siete, así existe atreves de la historia innumerables ejemplos de utilización de esta forma de energía, que como dicho por varios autores, no es nueva.

El uso para producir electricidad empezó en 1887 con el Profesor James Blyth en Escocia e independientemente, solamente pocos meses después, con Charles F. Brush en los EEUU. Mientras James Blyth construyó un aerogenerador con un eje vertical de 10 metros que alimentó su casa de campo, Charles Brush diseñó un tipo Western Mill gigante con un rotor de 17 metros que alimentó su casa con electricidad durante más de 20 años.

En los años 20 y 30 del último siglo se realizó una serie de importantes investigaciones y desarrollos. En 1919, Albert Betz, profesor de la Universidad de Göttingen (Alemania), comprobó con su trabajo teórico, conocido como Ley de Betz, que el máximo que se puede ganar de la energía eólica disponible es de 59.3%. Actualmente, las turbinas grandes de varios MW son las más eficientes y superan ligeramente el 50%. En esta época se hicieron invenciones como por ejemplo las turbinas verticales de Savonius (Finlandia, 1922) y Darrieus (Francia, patentado en 1931).

La crisis energética de 1973, la disponibilidad de materiales avanzados y tecnologías nuevas con la riqueza de viento aprovechable en el norte de Europa, despertó el interés de nuevo. Inicialmente al nivel individual, surgió un interés industrial sobre todo en Dinamarca (NEG Micon y Vestas) que causó un desarrollo de turbinas cada vez más grandes y eficientes para producir electricidad para la red pública. Fueron construidas e introducidas en 1979. El éxito inició el desarrollo moderno al nivel mundial y es causa de una industria eólica cada vez más importante, contribuyendo a satisfacer nuestra creciente demanda de energía.

1.1 Antecedentes y fundamentación científica

En el trabajo de investigación de **Gaona, F.** en el año 2010, Realizo el diseño y procedimientos para desarrollar un Generador Eléctrico que será acoplado a un aerogenerador de baja potencia, el diseño se inició en base a un alternador de coche en desuso y utilizando imanes de última generación esto para reducir costos, tiempo y en el caso de los imanes para no alimentar con CD desde un banco de baterías o del propio sistema de generación. En su trabajo se describen los tipos de aerogenerador que existen, también los diferentes generadores eléctricos y los que más se utilizan para generación eólica, en el cual se eligió el alternador de coche que es generador síncrono para el diseño. Consistiendo en el diseño el remplazo de las bobinas de campo por imanes de neodimio y modificar la constante de construcción que se logra aumentando el número de espiras por bobina del estator. Además hicieron pruebas para obtener las características principales del generador, como son el comportamiento con cargas resistivas, eficiencia magnética y neta del generador.

Además en el año 2007 **Baillarie, P.** En su estudio diseño de aerogeneradores con imanes permanentes para aplicaciones en electrificación rural, en la perspectiva de posibilitar el abastecimiento de energía eléctrica en zonas rurales del país. La metodología utilizada se inicia con el diseño de las características eléctricas del generador, considerando las características aerodinámicas de una hélice modelo, a fin de obtener la respuesta de la turbina eólica equipada con el equipo eléctrico de generación diseñado. Posteriormente se presentan los estudios tanto de clima como de demanda eléctrica de una comunidad rural del país, la cual se escoge para realizar un cálculo de abastecimiento energético con las máquinas diseñadas. Conocidos los resultados de los cálculos, entre los cuales está el porcentaje de la demanda que es posible abastecer con las máquinas diseñadas, se realiza una evaluación económica que considera el costo de construir y operar estas turbinas eólicas durante un determinado período de tiempo y el ahorro en consumo de petróleo diésel, correspondiente al energético primario de un grupo electrógeno que debería entregar la energía eléctrica ahora generada en base a la energía eólica.

También podemos mencionar a **Anchaluiza, M.** que en el año 2007, quien determino la evaluación de una central experimental de energía eólica instalada en el cenae, analizaron experimentalmente la cantidad de energía que se puede obtener para las condiciones ambientales del campus en relación con los valores de la velocidad del viento, esta parte experimental se desarrolla durante el año 2002. El problema del incremento del costo de energía eléctrica afecta a todos y la ESPOL no es la excepción por eso se requiere determinar si es factible suministrar energía a un sector del campus con generadores eólicos o en su defecto instalaciones puntuales del mismo.

Finalmente realizaron comentarios referidos a la normatividad dado que se desea equiparar el precio de la energía en Ecuador con los precios internacionales el problema continuara por mucho tiempo y se debe encontrar una forma alternativa de energía que reemplace o por lo menos disminuya el consumo de energía eléctrica comparada con lo que constituirá un gran logro y representaría un ahorro de recursos y dinero.

Por su parte en el año 2010 **Suarez, P.** en su investigación realizada enfatiza el Impacto de la generación eólica y solar en el sistema eléctrico baja California norte, sin embargo se pronostica que habrá desabasto de estos para las próximas décadas además de que su uso es la principal causa del cambio climático inducido por los seres humanos y este es uno de los temas que están como prioridad en la agenda a nivel mundial. Es por ello que es indispensable e impostergable buscar fuentes alternativas para generar energía y destinar los recursos necesarios para desarrollar estas tecnologías llevar a cabo estudios de los efectos que producen en su conexión con la red y capacitar a gente que lleve a cabo su implementación.

En la misma línea de investigación **Díaz, J.** en el año 2013, construyó un diseño estructural de un aerogenerador para uso doméstico, tipo darrieus, para ser utilizado en zonas urbanas de México, a velocidades de viento aproximadas de entre 5 y 20 m/s. el mismo consta de la estructura conformada por las palas y el eje, de generador eléctrico modelo GL-MMG-1000, de la marca Ginglong y una batería de ciclo de carga profundo para el almacenamiento de la energía recolectada y su posterior uso.

Las herramientas utilizadas en su trabajo fueron: el software de diseño rhinoceros 4 S.R. 9 y Unigraphics 7.5 para generar las superficies de las palas y la matriz del molde, Maxwell Render para las imágenes realistas generadas por computadora. Se realizaron múltiples pruebas preliminares de aerogenerador tipo savonius contra darrieus fabricados en lamino de Poliestireno y fibra de vidrio respectivamente, para así comparar distintos parámetros de funcionamiento como velocidad de arranque, inercia velocidad optima vibración peso de cada pala y velocidad especifica del aerogenerador y las distintas variaciones estructurales. Finalmente con la configuración optima se corrió una prueba de campo a una altura de 6.5 metros a nivel del piso, midiendo una velocidad del viento de 11.4 m/s promedio, en el municipio de El Marqués Campus UAQ en amazcala queretaro esta última prueba de campo se asemeja a construcciones urbanas y posibles puntos de instalación de un proyecto comercial. Para la etapa de diseño se utilizaron distintos ejercicios creativos como lluvia de ideas, asociaciones lógicas y asociaciones forzadas, como resultado los bocetos con concepto compatibles con el proyecto se llevaron hasta el modelo 3D.

Además podemos mencionar en el año 2011 a **Bañuelos, F.** quien en su trabajo de Impacto de la generación eléctrica usando fuentes de energía eólica en la red eléctrica nacional, donde indica que el uso de la energía mecánica para facilitar el desarrollo de actividades ha sido desde hace miles de años una forma de lograr más confort para el ser humano. la energía cinética del aire en movimiento se transforma en energía eólica y es entonces cuando puede ser aprovechada para mover elementos o dispositivos que transformen esa energía eólica en otro tipo de energías, de tal manera que pueda tenerse en la salida de un sistema otra forma de energía, normalmente la energía eléctrica. El uso de la energía eléctrica ha traído grandes beneficios a la humanidad, pero también ha logrado que se contamine el medio ambiente por la utilización de combustibles fósiles que emiten tasas muy altas de agentes contaminantes a la atmósfera. Esto ha generado una preocupación mundial por buscar nuevas fuentes de energía que no contaminen y cuyo costo de generación sea competitivo. La energía eólica se ha usado desde hace varios siglos para mover embarcaciones, molinos de granos, y hace poco más de un siglo para generar

energía eléctrica. La forma de llevarlo a cabo es mediante el uso de aerogeneradores que operen en forma aislada o en grupos que forman los parques eólicos.

Finalmente es importante resaltar el aporte de **Fernández D, P.** Que el año 1993, quien indica en su trabajo que la energía eólica es la obtenida de las corrientes de aire, y que se transforma en electricidad mediante aerogeneradores. La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover barcos de velas, molinos de aspas, e incluso sistemas de bombeo.

Los actuales sistemas eólicos de generación de electricidad están en continua evolución, no sólo por las potencias que desarrollan (hasta 7 MW), sino también por la eliminación de transitorios en la señal eléctrica generada, no todos, que limita su mezcla en redes eléctricas convencionales a un 15%. Es la forma de energía alternativa utilizable en cualquier parte del mundo y la más interesante, siempre en continua expansión. En la actualidad, parques eólicos de hace unos pocos años (muchos aerogeneradores de baja potencia), se están sustituyendo por aerogeneradores de mucha mayor potencia y señal eléctrica de mejor calidad.

1.2 Justificación de la investigación.

Actualmente en el Perú, la tecnología de energía eólica viene siendo implementada, fundamentalmente a nivel de todo el litoral de las zonas costeras del norte peruano, en el cual se han venido implementando proyectos con participación de organizaciones privadas y públicas, lo cual implica que su uso es una forma de utilizar una fuente de energía renovable que minimiza el uso de las energías convencionales a fin de ahorrar y hacer un uso racional de la energía.

La importancia del presente estudio consiste en ver el grado de disponibilidad, aprovechamiento del aire como recurso inagotable y natural, y la aplicación del sistema eólico para la generación eléctrica en el campus de la Facultad de Medicina de la Universidad San Pedro. Con lo anterior estamos impulsando un uso productivo de la energía y diversificar la matriz energética, todo ello dentro de un marco legal como:

Ley de la promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de la energía renovables D.L. 1002 (2008). Reglamento de la generación de la electricidad con energías renovables D.S. 050-2008-EM (2008).

Este proyecto se justifica porque es una alternativa para reducir el consumo de la energía eléctrica de la red pública, generando un ahorro económico en los costos de servicios públicos a largo plazo, de la universidad. Contribuyendo al desarrollo con información regional, local y zonal, y creando conocimiento para el emprendimiento e innovación empresarial para futuros tesis y la misma comunidad.

1.3 Problema.

¿Cuál será el diseño del sistema de aerogeneración mediante energía eólica que garantizaría el abastecimiento de energía eléctrica al Campus Universitario San Pedro – Nuevo Chimbote, 2016?

1.4 Marco referencial.

1.4.1. Energía eólica

Energía eólica es la energía obtenida del viento, o sea, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas. La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas. En la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir energía eléctrica mediante aerogeneradores. La energía eólica es un recurso abundante, renovable, limpio y ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que la convierte en un tipo de energía verde. Sin embargo, el principal inconveniente es su intermitencia. Sus aplicaciones más comunes son en sistemas de telecomunicación y en sistemas aislados para viviendas.

En la actualidad se construyen grandes “parques” eólicos con generadores de 1 a 2 MW de potencia (70 m de diámetro y torres de 150 m de altura). España, Alemania y Dinamarca son los países que presentan un mayor crecimiento con

instalaciones anuales que superan los 2500 MW. Más de 15 mil millones de kW.h de electricidad se generan anualmente en todo el mundo, de ello cerca del 65% es producido quemando combustibles fósiles y el resto se obtiene de otras fuentes, incluyendo nuclear, hidroelectricidad, geotérmica, biomasa, solar y el viento. La generación de electricidad a partir del viento no produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero, ni destruye la capa de ozono, tampoco crea lluvia ácida. No origina productos secundarios peligrosos ni residuos contaminantes.

Viento

El Sol calienta de forma desigual las diferentes zonas del planeta, provocando el movimiento del aire que rodea la Tierra, las masas de aire más calientes tienden a ascender, y su lugar es ocupado entonces por las masas de aire circundante, más frío, y por tanto más denso, dando lugar al viento. El viento, es por tanto, energía en movimiento. La rotación terrestre, la diferencia de temperatura y la presión atmosférica influyen en la dirección del viento.

La energía del viento depende de su velocidad y, en menor medida, de su densidad (disminuye con la altitud). Cerca del suelo, la velocidad es baja, pero aumenta rápidamente con la altura. Cuanto más accidentada sea la superficie del terreno, más frenará al viento. Sopla con menos velocidad en las depresiones terrestres y con mayor velocidad sobre las colinas, aunque en grandes valles rodeados de montañas aparece el denominado efecto túnel, que puede proporcionar buenas velocidades de viento.

A escala local lo que sucede es que durante el día el Sol calienta el aire sobre tierra firme más que el que está sobre el mar. El aire continental se expande y eleva, disminuyendo así la presión sobre el terreno y haciendo que el viento sople desde el mar hacia la costa. Para análisis de vientos dirigidos a su utilización energética se emplea como unidad de velocidad m/s y solo se considera la velocidad y dirección en la componente horizontal.

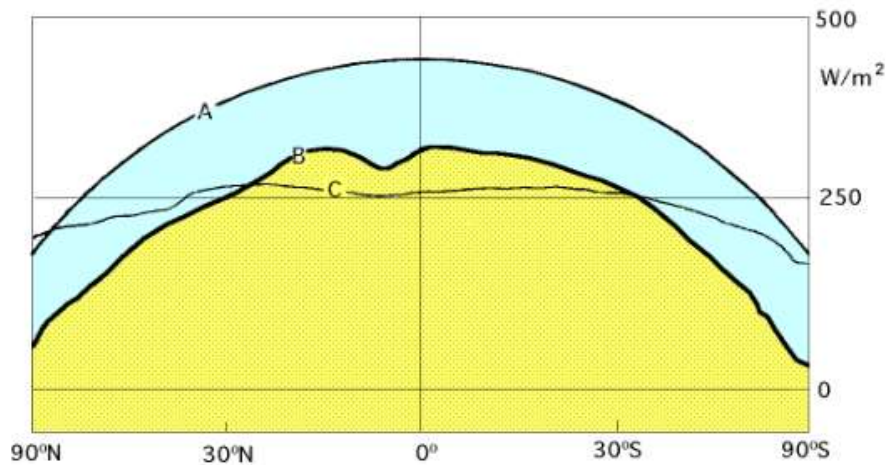


Figura. N°1. Irradiación Solar. A) Irradiación solar sobre una superficie horizontal, B) Irradiación solar absorbida por la Tierra, C) Irradiación radiadas al espacio exterior.

Fuente. <http://www.extractores.com.mx/energia%20atmosferica.htm>.

La Tierra funciona como una gran máquina térmica que transforma parte del calor solar en la energía cinética del viento, Fig. 1. La energía eólica tiene como ventajas la de ser inagotable, gratuita y no lesiva al medio ambiente, pero cuenta también con los grandes inconvenientes de ser dispersa y aleatoria. Bajo la acción de la presión, el aire de la atmósfera se desplaza de un lugar a otro a diferentes velocidades, dando lugar al viento.

La rotación terrestre, la diferencia de temperatura y la presión atmosférica influyen en la dirección del viento.

Las causas principales del origen del viento son:

- a) La radiación solar que es más importante en el Ecuador que en los Polos.
- b) La rotación de la Tierra que provoca desviaciones hacia la derecha en el Hemisferio Norte y hacia la izquierda en el Hemisferio Sur.
- c) Las perturbaciones atmosféricas.

La energía del viento depende de su velocidad y, en menor medida, de su densidad (disminuye con la altitud). Cerca del suelo, la velocidad es baja, pero aumenta rápidamente con la altura. Cuanto más accidentada sea la superficie del terreno, más frenará al viento. Sopla con menos velocidad en las depresiones terrestres y con mayor velocidad sobre las colinas, aunque en

grandes valles rodeados de montañas aparece el denominado efecto túnel, que puede proporcionar buenas velocidades de viento. A escala local lo que sucede es que durante el día el Sol calienta el aire sobre tierra firme más que el que está sobre el mar. Para análisis de vientos dirigidos a su utilización energética se emplea como unidad de velocidad m/s y solo se considera la velocidad y dirección en la componente horizontal. (Fernández D, P. 1993)

Velocidad del viento

El viento viene definido por dos parámetros esenciales que son, su dirección y su velocidad. La dirección del viento y su valoración a lo largo del tiempo conducen a la ejecución de la llamada rosa de los vientos, Fig. 2. La velocidad media del viento varía entre 3 y 7 m/s, según diversas situaciones meteorológicas; es elevada en las costas, más de 6 m/s, así como en algunos valles más o menos estrechos. En otras regiones es, en general, de 3 a 4 m/s, siendo bastante más elevada en las montañas, dependiendo de la altitud y de la topografía.

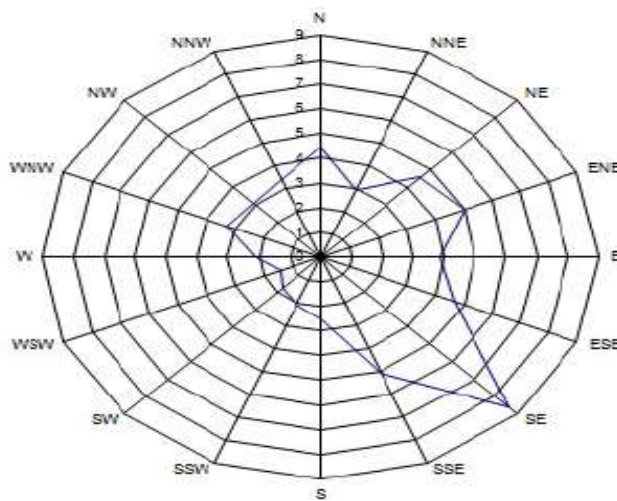


Figura. N°2. Rosa de los vientos.

Fuente: <http://ingenieriaaeroportuaria.blogs.upv.es/2013/04/24/tema-6-orientacion-de-pistas/>.

La velocidad media del viento es más débil durante la noche, variando muy poco, aumenta a partir de la salida del Sol y alcanza un máximo entre las 12 y 16 horas solares. Para realizar la medida de las velocidades del viento se utilizan los

anemómetros; existen muy diversos tipos de estos aparatos, que en un principio se pueden clasificar en anemómetros de rotación y anemómetros de presión.

El anemómetro de rotación más característico es el de Papillon, que es un molino de eje vertical con cazoletas en forma de semiesfera o el de aletas oblicuas de Jules Richard.

El anemómetro de presión se basa en el tubo Pitot.

La dirección del viento se comprueba mediante una veleta, y la velocidad se mide con un anemómetro. Según sea la velocidad se pueden considerar tres tipos de definiciones:

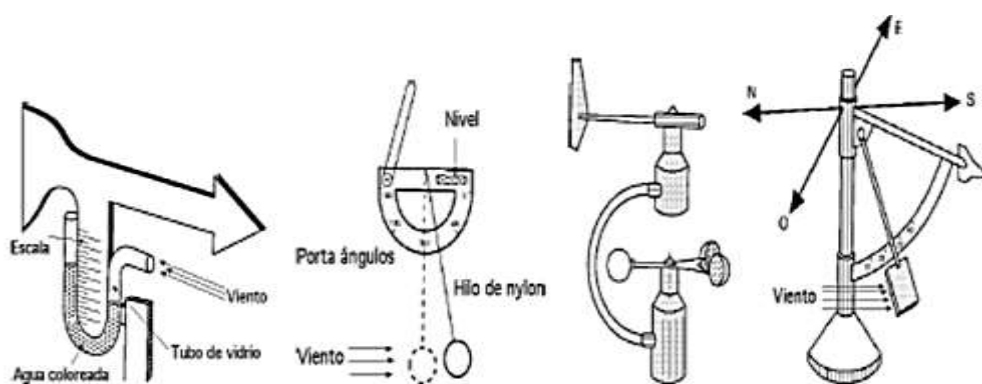


Figura N° 3. Diversos tipos de anemómetros.

Fuente: <http://www.extractores.com.mx/energia%20atmosferica.htm>

- Viento instantáneo; se mide la velocidad del viento en un instante determinado.
- Viento medio aeronáutico; se mide la velocidad media durante 2 minutos
- Viento medio meteorológico; se mide la velocidad media durante 10 minutos

Hay que distinguir también entre golpe de viento y ráfagas. La ráfaga es un aumento brutal y de corta duración de la velocidad del viento, propio de tormentas y borrascas. El golpe de viento concierne a la velocidad media del viento, cuando sobrepasa los 34 nudos, 62 km/h, y es una señal de advertencia, sobre todo para la navegación marítima. Un golpe de viento se corresponde con una velocidad media del viento comprendida entre 75 y 88 km/h. Las fuentes eólicas más interesantes se encuentran en las costas marinas y en determinados pasos entre

montañas; existen zonas en las que se puede disponer de más de 3.000 kWh/m² año, y en otras puede que no se llegue a los 200 kWh/m² año. (Fernández D, P., 1993).

Ley exponencial de Hellmann

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

$$v_h = v_{10} \left(\frac{h}{10} \right)^\alpha \quad (1)$$

Donde:

v_h = Velocidad del Viento.

h = Atura.

v_{10} = Es la velocidad del viento a 10 m. de altura.

α = Exponente de Hellmann que varía con la rugosidad del terreno

Cuyos valores vienen indicados en la Tabla N°1. En la Fig. N° 4, se indican las variaciones de la velocidad del viento con la altura según la ley exponencial de Hellmann.

Tabla N° 1. *Valores del Exponente Hellmann en función de la rugosidad del terreno.*

Lugares llanos con hielo o hierba	$\alpha = 0.08 - 0.12$
Lugares llanos (mar, costa)	$\alpha = 0.14$
Terrenos poco accidentados	$\alpha = 0.13 - 0.16$
Zonas rusticas	$\alpha = 0.2$
Terrenos accidentados o bosques	$\alpha = 0.2 - 0.26$
Terrenos muy accidentados y ciudades	$\alpha = 0.25 - 0.40$

Fuente: <http://energiaeolica201.blogspot.pe/p/estadistica-descriptiva.html>

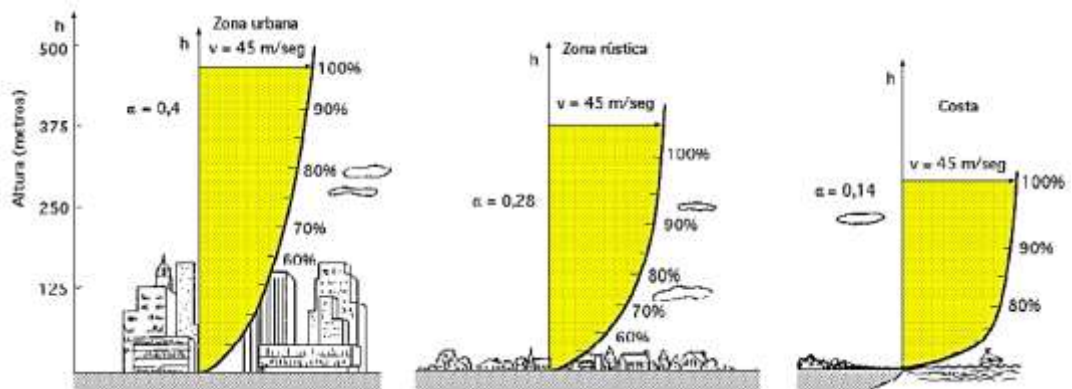


Figura N°. 4. Variación de la velocidad del viento (capa límite) con la altura sobre el terreno, según la ley exponencial de Hellmann.

Fuente: <http://energiaeolica201.blogspot.pe/p/estadistica-descriptiva.html>

Debido a que las máquinas eólicas arrancan para una determinada velocidad del viento, al tiempo que proporcionan la máxima potencia para unas velocidades iguales o superiores a una dada v_{nom} , es natural que los datos a utilizar sean las curvas de *duración de velocidad* que se pueden convertir en curvas energéticas utilizando en el eje de ordenadas magnitudes $P = k \cdot v^3$ que proporcionan la potencia disponible en el viento para cada velocidad y de la que sólo es posible extraer una fracción.

La curva de duración de velocidad tiende a aplanarse cuando aumenta el tiempo durante el cual el viento persiste a una cierta velocidad.

La velocidad media del viento es de la forma:

$$\hat{v} = \frac{1}{8760} \int_0^{8760} v dt \quad (2)$$

Y la intensidad energética del viento, definida como la relación entre la potencia y la superficie frontal (área barrida), es proporcional al cubo de la velocidad, en la forma:

$$\frac{P_{viento}}{A} = I_h = I_{10} \left(\frac{h}{10}\right)^{3\alpha} I_{10} \left(\frac{v_h}{v_{10}}\right)^3 \quad (3)$$

En una máquina eólica se pueden considerar tres velocidades del viento características:

La velocidad de conexión \vec{v}_{conex} : es la velocidad del viento por encima de la cual se genera energía; por debajo de esta velocidad toda la energía extraída del viento se gastaría en pérdidas y no habría generación de energía.

La velocidad nominal \vec{v}_{nom} : la velocidad del viento a la cual la máquina eólica alcanza su potencia nominal. Por encima de esta velocidad la potencia extraída del viento se puede mantener constante.

La velocidad desconexión \vec{v}_{emb} : es la velocidad del viento por encima de la cual la máquina eólica deja de generar, porque se embala; los sistemas de seguridad comienzan a actuar frenando la máquina, desconectándola de la red a la que alimenta. (Fernández D, P. 1993)

1.4.2 Energía útil del viento

En una corriente de aire de densidad ρ y velocidad $v \vec{}$, como se indica en la Fig. N° 5, la potencia eólica disponible que atraviesa una superficie A y hace un recorrido L en el tiempo t, viene dada por la expresión:

$$P_{viento} = \frac{E_{cinetica}}{t} = \frac{\frac{mv^2}{2}}{t} = \frac{v^2}{2t} (v \cdot A \cdot \rho \cdot t) = \frac{\rho A}{2} v^3 = k * v^3 \quad (4)$$

La sección barrida por la pala en un aerogenerador de eje horizontal y diámetro D es: $A = \frac{\pi D^2}{4}$ y la potencia del viento:

$$P_{viento} = \frac{\pi \rho D^2 v^3}{8} \quad (5)$$

La velocidad del viento varía con el tiempo y, por lo tanto, su potencia P también variará; se puede considerar el valor medio de ambas, por ejemplo a lo largo de un año, obteniéndose:

$$\hat{P}_{viento} = \frac{1}{2} \rho A \hat{v}^3 \text{ anual} \quad (6)$$

De estos conceptos se obtienen las siguientes consecuencias:

a) La ρ_{viento} varía fuertemente con la velocidad \hat{v} siendo preciso hacer las mediciones de \hat{v} en el lugar exacto donde se quiera instalar la Aero turbina.

b) La ρ_{viento} varía con la densidad del aire ρ , a causa de las variaciones de presión y temperatura, en valores que pueden oscilar de un 10% a un 15% a lo largo del año. (Fernández D, P. 1993)

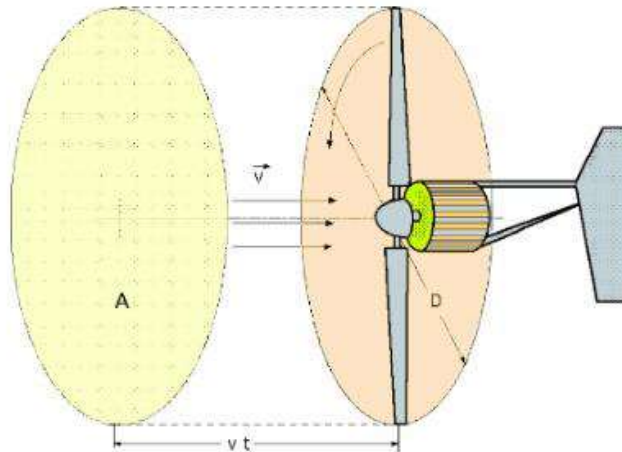


Figura N°5. Área “A” barrida por el rotor de diámetro D

Fuente: http://energiaeolica-walter.blogspot.pe/2011_11_01_archive.html

1.4.3 Representación estadística del viento

Dadas las características tan dispersas y aleatorias de la energía eólica, es obvio que la única manera de estudiar si un emplazamiento es adecuado o no, es utilizando la estadística. Para ello se recurre a la representación de la velocidad del viento como una variable aleatoria con una cierta función de distribución. Normalmente se suele utilizar la distribución de Weibull; se trata de una distribución de dos parámetros: un parámetro de escala e y un parámetro factor de distribución de forma k .

Factor k de distribución de forma

La energía P que portaría el viento si se desplazase con una velocidad igual a la media durante las 8760 horas del año, sería:

$$\hat{\rho} = \int_0^{8760} k * \hat{v}^3 dt = 8760 k * \hat{v}^3 = 4380 \rho A \hat{v}^3 \quad (7)$$

Mientras que la energía realmente disponible en el año es:

$$P_{anual} = \int_0^{8760} k * \hat{v}^3 dt \quad (8)$$

El factor de distribución de forma de energía eléctrica, se define como la relación entre la energía obtenida en un año P_{anual} , y la energía \hat{P} que se obtendría en ese año si la velocidad del viento se mantuviera constante e igual a la velocidad media \hat{v} , es decir:

$$= \frac{P_{anual}}{\hat{P}} = \frac{v^3}{\hat{v}^3} \quad (9)$$

En dos lugares en los que la velocidad media del viento \hat{v} sea la misma, se tendrá más energía disponible en aquel en que el factor de distribución k sea mayor. El parámetro de forma k indica cómo es de puntiaguda la distribución de velocidades del viento; si siempre tienden a estar próximas a un cierto valor, la distribución tendrá un alto valor de k y será muy puntiaguda. Si los factores de distribución son k_1 y k_2 y las energías disponibles P_1 y P_2 , se tiene que:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{k_1}{k_2} = \left(\frac{\hat{v}_1}{\hat{v}_2}\right)^3 \quad (10)$$

En la mayoría de casos los valores de k están comprendidos entre $1,3 < k < 4,3$

1.2.1. Distribución de Weibull

La función de densidad de probabilidad de la distribución de la velocidad del viento (v) es de la forma:

$$f(v) = \frac{k}{c} \left[\frac{v}{c}\right]^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (11)$$

Se trata de una distribución de dos parámetros en la que c es el parámetro de escala y k es el factor de forma, que indican las características promediadas del viento en el emplazamiento; un valor muy utilizado es $k = 2$ (distribución de Rayleigh).

La función de distribución es:

$$F(v) = 1 - e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (12)$$

El momento enésimo de la distribución de Weibull es:

$$v_{(n)} = \int_0^{\infty} v^n f(v) dv = \dots = c^n r \left(1 + \frac{n}{k}\right) \quad (13)$$

La curva normal de error o integral de Gauss es:

$$\int_0^{\infty} e^{-t^2} dt = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \quad (14)$$

Que se obtiene a partir de:

$$r\left(\frac{1}{2}\right) = 2 \int_0^{\infty} e^{-t^2} dt = \sqrt{\pi} \quad (15)$$

La velocidad media del viento es el primer momento de la función de densidad (n=1) siendo por tanto:

$$v_{(1)} = \hat{v} = c r \left(1 + \frac{n}{k}\right) \quad (16)$$

Si se multiplica la distribución de la velocidad del viento $f(v)$ por la energía del viento P_{viento} se obtiene la distribución de energía del viento; la energía total P del viento es:

$$P = \int_0^{\infty} P_{viento} f(v) dv = \int_0^{\infty} \frac{\rho A v^3}{2} f(v) dv = \frac{\rho A}{2} C^3 r \left(1 + \frac{n}{k}\right) \quad (17)$$

En determinadas situaciones, como en lugares tierra adentro, la energía calculada por la distribución de Weibull es un 10% superior a la calculada experimentalmente.

Para determinar los parámetros c de escala y k de forma de la distribución, se puede utilizar una aproximación de mínimos cuadrados; partiendo de la función

De distribución de Weibull en la forma:

$$1 - F(v) = e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (18)$$

Y tomando logaritmo dos veces se puede poner en la forma:

$$-\ln\{1 - F(v)\} = \left(\frac{v}{c}\right)^k \Rightarrow \ln[-\ln\{1 - F(v)\}] = \ln\left(\frac{v}{c}\right)^k = k \ln v - k \ln c \quad (19)$$

$$y = kx + b, \text{ con: } \begin{cases} y = \ln[-\ln\{1 - F(v)\}] \\ x = \ln v; b = -k \ln c; c = e^{-\frac{b}{k}} \end{cases} \quad (20)$$

Para n pares de valores (x, y) mediante mínimos cuadrados se obtienen los valores de k y b :

$$k = \frac{\sum_{n=1}^n xy \frac{\sum_{n=1}^n x \sum_{n=1}^n y}{n}}{\sum_{n=1}^n x^2 - \frac{(\sum_{n=1}^n x)^2}{n}} \quad (21)$$

$$b = y - kx = \frac{\sum_{n=1}^n y}{n} - \frac{k \sum_{n=1}^n x}{n} \quad (22)$$

$$c = e^{-\frac{b}{k}} = \exp \left\{ - \left(\frac{\sum_{n=1}^n y}{n} - \frac{k \sum_{n=1}^n x}{n} \right) \frac{\sum_{n=1}^n x^2 - \frac{(\sum_{n=1}^n x)^2}{n}}{\sum_{n=1}^n xy \frac{\sum_{n=1}^n x \sum_{n=1}^n y}{n}} \right\} \quad (23)$$

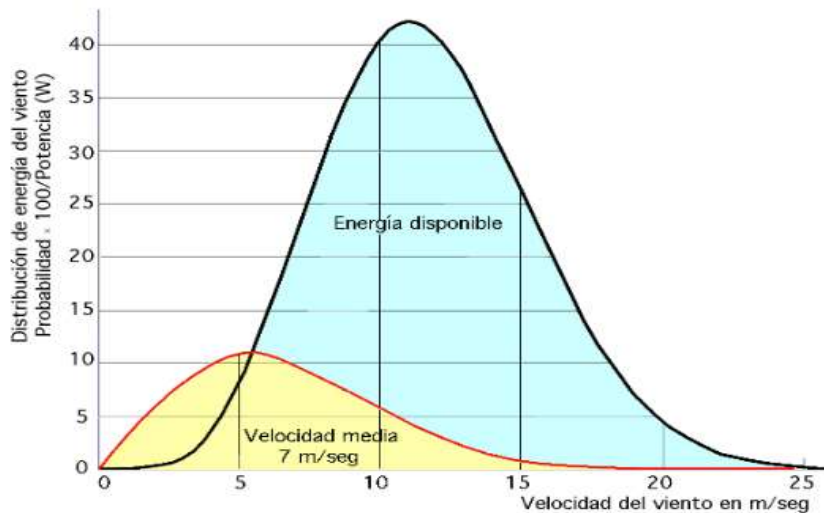


Figura N° 6. Distribución de energía disponible para una velocidad media del viento.

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/2971570/>

4.1. Caracterización energética

El viento, debido a su origen, presenta una gran variabilidad, tanto en dirección como en intensidad, así como de un lugar a otro. Su caracterización desde el punto de vista energético es de gran importancia para determinar:

- Potencial disponible para permitir deducir la rentabilidad económica de la instalación.
- Emplazamiento más adecuado.
- Cargas sobre el sistema, que permita el dimensionado idóneo.
- Operatividad de arranque, parada, regulación, orientación al viento, etc.
- Vida útil del sistema por el efecto de la turbulencia, ráfagas o tormentas.
- Comportamiento energético de la explotación eólica.
- La valoración del emplazamiento es un interrogante de gran importancia que es necesario despejar antes de la toma de decisiones económicas. Ello requiere la realización de una campaña de medidas y una explotación de datos que ha de incluir.
- Distribución de frecuencias de la velocidad y dirección del viento.
- Distribución de velocidades medias anuales.
- Variación del viento con la altura.
- Influencia de la topografía. Selección de emplazamientos.

1.3.1. Distribución de direcciones de viento

Las características direccionales del viento son de gran importancia, especialmente para la ubicación de máquinas eólicas en terrenos no uniformes, así como el emplazamiento de varias máquinas formando un conjunto (parques eólicos), e incluso para conocer la variabilidad direccional del régimen de vientos al que debe responder el sistema de orientación de la máquina.

La representación más habitual de distribución direccional del viento es la llamada rosa de vientos, que representa el porcentaje de tiempo en que el viento proviene de una determinada dirección o también puede representar la velocidad media en cada dirección y la distribución direccional de la energía.

Ésta última proporcionará una idea de que direcciones son las más energéticas en el emplazamiento seleccionado, y, por tanto, las más atractivas desde el punto de vista de potencial eólico.

La gráfica consiste en utilizar barras o extensiones que van desde el centro de un círculo hacia un punto determinado que ilustra la dirección del viento, la longitud de cada extensión indicará el porcentaje de tiempo en el que el viento se dirigió hacia esa dirección.

La dirección del viento está referida siempre al lugar desde donde procede la corriente de aire. Normalmente, también se refleja en la rosa de vientos la distribución de velocidades de viento para cada intervalo direccional.

4.2. Medición de la dirección y velocidad del viento

La medición de la velocidad y dirección del viento se efectúa con instrumentos registradores llamados anemómetros, que dispone de dos sensores, uno para medir la velocidad del viento y otro para medir la dirección del viento. Debe instalarse de acuerdo a los procedimientos internacionales vigentes para evitar perturbaciones; el cual se considera que a partir de 10 metros de altura las perturbaciones no afectan de forma notable a la medida.

4.3. Descripción de los componentes del sistema de energía eólica

1.5.1. El Aerogenerador:

Los aerogeneradores o turbinas de viento tienen varios componentes. El aerogenerador de eje horizontal es considerado el más eficiente en comparación de los de eje vertical.

Generalmente las potencias nominales de los aerogeneradores se dan para unos vientos de 8 -12 m/s. Los aerogeneradores se pueden clasificar según el eje de trabajo:

- **De eje vertical:** las máquinas de eje vertical giran alrededor de un eje vertical son muy poco usadas para la generación de electricidad debido a que su configuración no les permite girar a altas velocidades; su rendimiento es muy bajo para la generación de electricidad.

- **De eje horizontal:** son las más usadas para la generación de electricidad. Con esta configuración se ha alcanzado el mayor rendimiento de captación energética de viento.

Clasificación según el tamaño y potencia del aerogenerador:

- Microturbina de 0.5 a 1.25 metros de diámetro.
- Las mini turbinas eólicas son ligeramente más grandes y su rango se encuentra entre las micro turbinas y el de las turbinas domésticas. Su diámetro varia 1.25 a 2.75 metros.
- Turbinas de tamaño domestico abarcan desde 2.7 metros de diámetro hasta un rotor de 7 metros.

En general, las pequeñas turbinas eólicas son máquinas que producen desde unos pocos vatios hasta 10 – 20 KW.

Las partes que conforman un aerogenerador son los que se detallan a continuación:

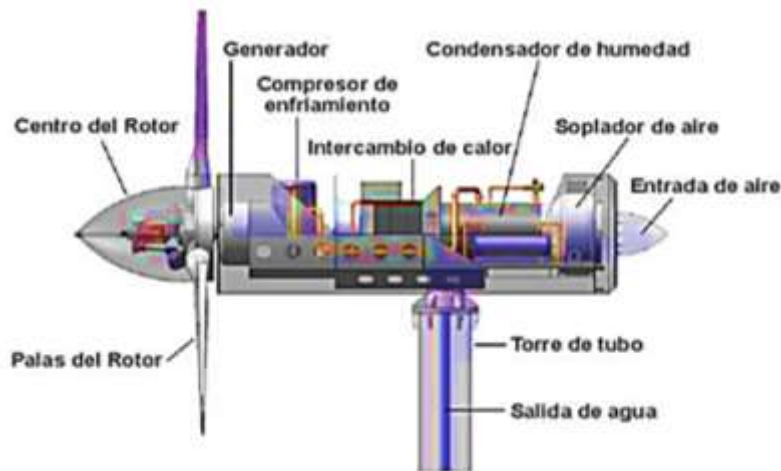


Figura N°7. Partes de un Aerogenerador

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos82/aerogeneradores-generadores-electricidad-y-productores-agua/aerogeneradores-generadores-electricidad-y-productores-agua3.shtml>

Cono frontal:

Su función es estética.

Hélice:

Su función es convertir la energía cinética del viento en la energía mecánica que se utiliza para impulsar el generador eléctrico. Las palas están fabricadas con el fin de alcanzar un balance óptimo en la captación eficaz de la energía del viento. La mayoría de las pequeñas turbinas eólicas usan materiales compuestos, tal como fibra de vidrio (vidrio reforzado con poliéster), para las hélices.

Buje:

Es la pieza que sujeta las hélices y va unido al eje principal. El buje tendrá unas características u otras en función al número de hélices.

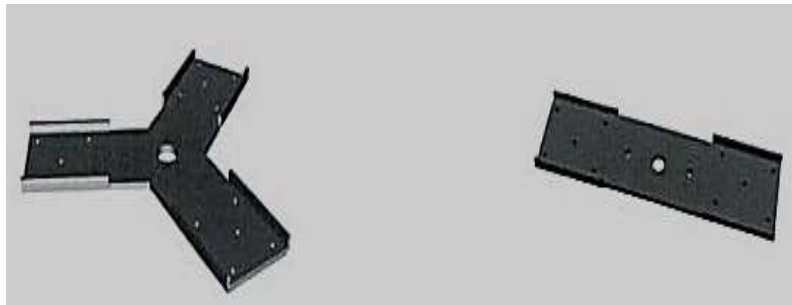


Figura N° 8. Tipos de Bujes: (izq.) buje de tres hélices, (der.) buje de dos hélices.

Fuente: Fernández D, P. (1993).

Alternador:

Transforma la energía mecánica en eléctrica. La mayoría de las pequeñas turbinas eólicas emplean alternadores de imanes permanentes. El empleo de imanes permanentes permite lograr la generación de energía desde bajas velocidades de giro, permitiendo así un acoplamiento directo turbina generador.

Timón de orientación:

Debido a sus dimensiones, las pequeñas turbinas eólicas no pueden acomodar los mecanismos de transmisión y los motores de orientación que emplean las

turbinas más grandes. Casi todas las pequeñas turbinas utilizan veletas que ponen al rotor de frente al viento.

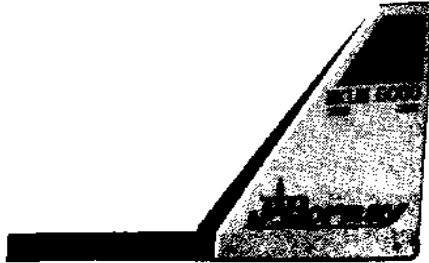


Figura N°9. Timón de Orientación,
Fuente: Fernández D, P. (1993).

Carcasa:

Su misión es encerrar y proteger el alternador y componentes eléctricos de los efectos atmosféricos.



Figura N°10. Carcasa de aerogenerador.
Fuente: Fernández D, P. (1993)

1.5.2. Controlador eólico:

El controlador emplea la energía que obtiene del aerogenerador, para cargar baterías y emplear esa energía en el consumo eléctrico del usuario. También el controlador dispone de un interruptor para frenado cuando se quiera dejar deshabilitado por cualquier motivo.

El controlador eólico rectifica la corriente trifásica mediante diodos rectificadores a corriente directa.



Figura N°11. Controlador Eólico Comercial.

Fuente: <http://www.cablematic.com/photos/cablematic2015/wa91-5.jpg>

1.5.3. Torre:

Los aerogeneradores están instaladas en torres de celosía auto sustentadas, en torres tubulares auto sustentadas o en mástiles con tensores. Las torres tubulares pueden ser de diámetro constante o cónico. Los mástiles con tensores pueden ser tanto torres de celosías como tubulares. Las torres tubulares cónicas son las que ofrecen una vista más agradable, pero son las más costosas y, son también las que ofrecen más dificultades para el mantenimiento del aerogenerador. Las torres de celosías auto sustentadas son costosas del mismo modo de las anteriores. Las torres con tensores son menos costosas, pueden ser izadas y arriadas para hacer el mantenimiento.

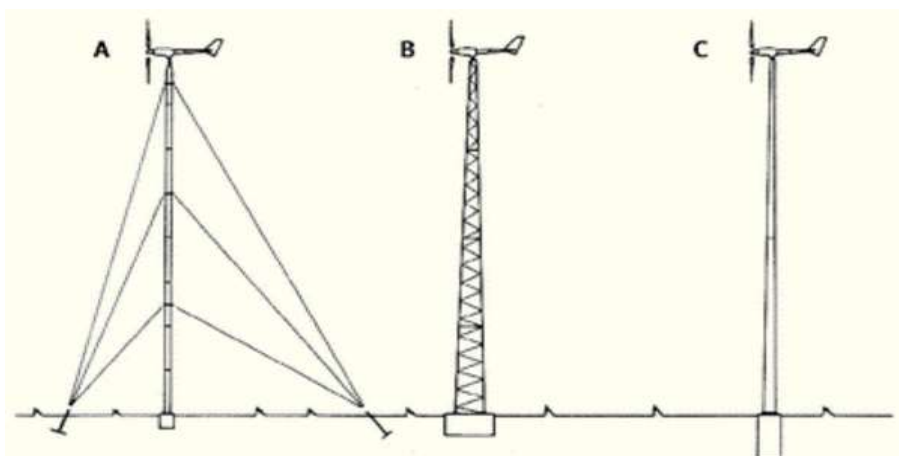


Figura N°12. Las torres más frecuentes son las auto portantes y las atirantadas o con tensores (A), las de celosía (B) y las tubulares (C).

Fuente: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia39/HTML/articulo03.htm>

4.4. Metodología de selección del sistema eólico

1.6.1. Potencia del viento

La potencia del viento es una función del área que intercepta el viento, de la velocidad instantánea del mismo y densidad del aire. El incremento de cualquiera de estos factores aumenta la potencia disponible del viento.

La densidad del aire es 1.25 kg/m^3 al nivel del mar a 15°C se utiliza como estándar en la industria eólica. Por tanto, la potencia teórica del viento viene dada por la siguiente ecuación:

$$P_{viento} = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 \quad [W] \quad (24)$$

Donde:

V = Velocidad del viento [m/s]

P = Densidad del aire [1.25 kg/m^3]

A = Área barrida por el rotor [m^2]

El área del rotor determina cuanta energía del viento es capaz de capturar una turbina eólica y es independiente del número de palas.

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} \quad [\text{m}^2] \quad (25)$$

Siendo **D** el diámetro; por lo que la potencia disponible será:

$$P_{viento} = \frac{\pi * \rho * D^2 * V^3}{8} \quad [W] \quad (26)$$

Donde:

V = Velocidad del viento (m/s)

P = Densidad del aire (1.25 kg/m^3)

D = Diámetro del rotor (m^2)

1.6.2. Potencia generada por un aerogenerador

La potencia a extraer del viento con un aerogenerador viene determinada por su coeficiente de potencia C, el cual muestra una fracción de potencia mecánica obtenible respecto a la energía eólica existente en el viento y su valor varía en

función al rendimiento del aerogenerador; siendo su máximo teórico aproximadamente del 59%. Este último valor demostrado según el teorema de Betz, que representa la imposibilidad de capturar todo el viento por la superficie de incidencia.

$$P_{aerogenerador} = \frac{c_p}{2} * \rho * \frac{\pi * D^2}{4} * V^3 \quad [W] \quad (27)$$

Dónde:

V = Velocidad del viento [m/s]

D = Diámetro del rotor [m²]

P = Densidad del aire [1.25 kg/m³]

C_p = Coeficiente de potencia.

4.5. Parque eólico

Con este nombre se conoce la instalación conjunta de un determinado número de generadores eólicos que generan electricidad conectados a las redes de suministro, resolviendo dos problemas como son la potencia relativamente baja de los aerogeneradores individuales y su producción intermitente.

La red de parques eólicos más extensa del mundo, a principios de 1992, se encontraba en California; había 17.000 aerogeneradores de 25 kW a 50 kW instalados en terrenos montañosos que generaban el 1% de la energía consumida en California. Actualmente el concepto de parque eólico está asociado a un conjunto de aerogeneradores con potencias individuales del orden de 0,6 MW a 3 MW que suman en total una potencia entre 10 MW y 20 MW. Los problemas tecnológicos que plantean las interconexiones entre los aerogeneradores requieren un estudio completo e individualizado de coordinación económica, meteorológica y social.

Se ha llegado a la conclusión de que más de un 10% de energía eléctrica de tipo eólico conectada a la red puede originar perturbaciones y averías en determinados aparatos y equipos industriales, científicos y domésticos, por lo que parece ser, por el momento, un límite superior a no sobrepasar.

Para mantener al mínimo posible unas necesidades de planificación, los parques eólicos se han desarrollado, con la experiencia acumulada en estos años, con un concepto técnico de constituir una estación central de distribución de energía del orden de 20 MW. (Fernández D, P. 1993)

4.6. Impacto ambiental de los aerogeneradores eólicos

Los principales efectos de los aerogeneradores sobre el medio ambiente son los siguientes:

Efectos meteorológicos sobre el microclima

Se estima que la reducción de la velocidad del viento por los aerogeneradores tiene, aproximadamente, las mismas consecuencias sobre el clima local que un grupo de árboles, no esperándose que se produzcan cambios significativos.

Efectos sobre la fauna y flora

El efecto más significativo está relacionado con el obstáculo que los rotores representan para el vuelo de las aves. Sin embargo, la experiencia obtenida hasta el momento ha demostrado que la probabilidad de choque es sumamente baja, debido a la rotación lenta de las máquinas y su bajo coeficiente de solidez.

Ruido

La intensidad del ruido generado por las máquinas eólicas ha sido investigada por la NASA mediante un prototipo de 100 kW. El estudio acústico abarcó un espectro de frecuencias comprendido en el rango de audición entre 15 y 20,000 Hz.

El nivel acústico medido cerca de la máquina fue de 64 dB para las frecuencias comprendidas en el rango audible, con un nivel de ruido de fondo de 52 dB, observándose que el ruido de la máquina era inaudible por encima del ruido de fondo a distancias del orden de 200 metros.

El ruido generado por una máquina de 2,5 MW a pie de torre es similar, en cuanto al tipo de intensidad, al de un automóvil circulando por una autopista, desapareciendo el ruido a una distancia relativamente pequeña de la máquina.

El ruido correspondiente a frecuencias inferiores al rango audible es producido por la circulación del aire sobre obstáculos como la torre y las palas, y puede afectar a la salud ocasionando problemas si se superan los 100 dB; las mediciones efectuadas no han sobrepasado los 75 dB.

Existe sin embargo otra experiencia, en una aeroturbina de 2 MW en la que sí se han presentado ruidos molestos para los residentes en las inmediaciones, ligados a los fenómenos aeroacústicos antes mencionados; en dicha máquina, cuyo rotor estaba a sotavento de la torre, se producía una interacción de muy baja frecuencia entre las palas y la torre, que originaba ruidos por debajo del rango audible que obligaron a modificar el diseño del aerogenerador, reduciendo la velocidad periférica de las palas.

Este problema tiene menores probabilidades de presentarse en el caso de posicionar el rotor a barlovento, si bien se estima que durante el diseño se puede evitar su aparición, aun en el caso de estar posicionado a sotavento. Lo cierto es que, actualmente, dada la proliferación de parques eólicos, son muchas las quejas, por este motivo, de personas que viven en sus proximidades y a las que nadie, en ningún momento, pidió su aprobación para la instalación; estos detalles habrá que cuidarlos mucho. (Fernández D, P. 1993)

Interferencias con ondas de televisión y radiocomunicaciones

Las palas del aerogenerador pueden reflejar las ondas electromagnéticas, pero se estima poco probable que produzcan interferencias en las señales de radio y navegación salvo a distancias pequeñas de la máquina.

La señal de televisión puede quedar afectada a distancias de unos centenares de metros e, incluso, hasta 1 o 2 km. Esto puede ocurrir si el aerogenerador está emplazado a gran altura y si los receptores de televisión reciben normalmente una señal débil, debido a la distancia o a efectos de blindaje causados por el terreno sobre la estación de televisión.

Consumo de energía

Una de las ventajas de la energía eólica frente a otras nuevas fuentes de energía, es que el balance energético de los aerogeneradores es claramente positivo, recuperando el coste de la energía empleada en la producción de sus materiales

constitutivos y en su construcción en un período del orden de 7 meses de funcionamiento.

Seguridad y utilización del terreno

El principal problema relacionado con la seguridad radica en la posibilidad de rotura de una pala. Dada la alta velocidad periférica del rotor, se estima que el área de seguridad en torno a un aerogenerador debe comprender un círculo de unos 200 metros con centro en la base de la torre de la máquina.

La superficie de terreno ocupada por un aerogenerador de 1 MW es pequeña, (2000 m²); la zona de seguridad abarcaría 120.000 m². En el caso de una agrupación de aerogeneradores es necesario que la distancia entre ellos guarde un mínimo necesario para evitar interferencias aerodinámicas entre máquinas, que es del orden de 7 a 10 veces el diámetro del rotor, lo que implica distancias de aproximadamente 1 km para generadores de 2,5 MW. El terreno entre aerogeneradores podría ser utilizado para otros fines respetando las servidumbres impuestas por las carreteras de acceso a las máquinas y las líneas eléctricas.

Protección contra el rayo

Como los aerogeneradores sobresalen del entorno que les rodea, constituyen unos conductores privilegiados de transmisión de la electricidad estática de las nubes hacia el suelo. Para evitar que durante una tormenta se estropeen por un rayo, conviene conectar el pilón soporte del aerogenerador a una buena toma de tierra y colocar pararrayos en los cables eléctricos que unen el aerogenerador a la red de utilización.

4.7. Índices económicos

La evaluación financiera del proyecto de aerogeneración se debe realizar mediante el uso de índices económicos tales como son:

- El valor actual neto (VAN)
- La tasa interna de rendimiento (TIR)
- El período de retorno (PR)
- El costo normalizado de la energía (CNE).

Valor actual neto (van)

El valor actual neto de una cantidad S a percibir al cabo de n años es la cantidad que, si se dispusiera de ella en el momento actual, generaría al cabo de n años la cantidad S . Se calcula con la expresión siguiente:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{Fct}{(1+i)^t} \quad (28)$$

Donde:

I : Inversión realizada en el año 0 (comienzo del proyecto)

n : Número de períodos en que se desarrolla el proyecto

i : Tipo de interés

Fct : Flujo de caja (ingresos menos gastos) del proyecto para cada período.

El VAN se utiliza para aceptar o rechazar proyectos. El proyecto que presente un VAN negativo será rechazado y, cuando se trate de comparaciones de proyectos se tomara aquel de mayor VAN.

Tasa interna de retorno (tir)

Es el valor de la tasa de interés que hace nulo al valor actual neto. Se puede interpretar como el tipo de interés que el proyecto de inversión es capaz de proporcionar, y, por lo tanto, si es superior a la tasa de interés habitual del mercado por inversiones del mismo riesgo, la inversión será en general deseable. Entre dos proyectos alternativos, será más rentable aquel que presente una TIR superior.

Periodo de retorno (pr)

Viene a ser el tiempo necesario para recuperar la inversión. Se calcula como el número de períodos necesarios para que la diferencia entre el flujo de caja acumulado y la inversión del proyecto sea nula. Cuanto menor sea el período de retorno, más interesante será un proyecto.

Costo normalizado de la energía (cne)

Es el costo resultante de actualizar tanto el flujo de costos de explotación y financieros del proyecto como el de flujo de energía producida. Se expresa como:

$$CNE = \frac{I + \sum_{t=1}^n \frac{OM+RC}{(1+i)^t} - \frac{CV}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{AE_t}{(1+i)^t}} \quad (29)$$

Donde:

I: Inversión

OM: Costos de operación y mantenimiento

RC: Costo de reparaciones

SV: Valor de desecho

AE: Producción de energía

1.5 Hipótesis

De acuerdo al planteamiento realizado, al tipo de investigación y diseño que se va a realizar, es descriptiva y con una propuesta razón por la cual no incluimos una formalización de realizar la hipótesis.

1.6 Objetivos

6.1. Objetivo general

Diseñar un Sistema De Aerogeneradores para abastecer de Energía Eléctrica para el Campus Universitario San Pedro – Nuevo Chimbote.

6.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el potencial eólico de la zona para diseñar un sistema de aerogeneradores para abastecer energía eléctrica
- Diseñar y determinar el aerogenerador del sistema eólico para el abastecimiento de energía eléctrica.
- Determinar el dimensionamiento de los componentes para el diseño de un sistema de aerogeneradores para abastecer energía eléctrica.

II. Metodología del trabajo

2.1 Tipo y diseño:

2.1.1 Tipo:

Es de tipo descriptivo con una propuesta de cuantitativa ya que tiene como finalidad recolectar datos.

2.1.2 Diseño:

Es una investigación no experimental longitudinal, puesto que el objetivo de análisis es una realidad observable, medible y no se modifica variable.

2.2 Población y muestra:

2.2.1 Población:

- Tenemos un conjunto de reportes de la velocidad del viento en la zona.
- También un conjunto de reportes del consumo de energía del año 2015.

2.2.3 Muestra:

Se trabajará con toda la población.

2.3 Técnicas e instrumentación de medición

El presente proyecto de investigación se utilizará las siguientes técnicas e instrumentos para el diseño de un sistema de aerogeneradores para abastecer de energía eléctrica el campus de la USP – Nuevo Chimbote.

2.3.1 Técnicas:

La técnica a utilizar es el análisis documental.

2.3.2 Instrumentos de medición:

- Reporte de la velocidad del viento.
- Reporte de consumo de energía.

2.4 Procesamiento y análisis de información

Se procesaran los resultados reportados mediante programas Excel, SolidWords, AutoCAD. Los cuáles serán analizados mediante tablas, gráficos de barras, diagramas y gráficos porcentuales.

III. Resultados

3.1 Caracterizar el potencial eólico en la zona del Campus San Luis

a. Mediciones de velocidad de viento y dirección

Los datos de viento fueron obtenidos a una altura de 5 metros sobre el nivel del suelo, más se ha extrapolado a 15 metros, para el cual de diseño la altura del soporte del aerogenerador. Se midió desde enero hasta agosto del 2015, cada 30 minutos por lo que se obtuvo 11 663 datos de viento.

Se calculó la frecuencia relativa de velocidad de viento, con el fin de graficar un histograma de frecuencia. La cantidad relativa es la suma de todos los datos que se encuentran dentro de los intervalos que se señalan en la tabla 2, es decir, por ejemplo, que hay 2019 datos de velocidad de viento que se encuentran entre $[0; 1)$ (intervalo cerrado - abierto). La frecuencia relativa es el porcentaje que representan estas cantidades relativas sobre una base de 100% (que es igual a los 11 663 datos de velocidad de viento).

Tabla N° 2. Frecuencia relativa de las velocidades medidas.

Frecuencias de Velocidad del Viento			
Velocidad (m/s)		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa
Cerrado	Abierto		
0	1	2019	17%
1	2	1021	9%
2	3	979	8%
3	4	952	8%
4	5	1691	14%
5	6	790	7%
6	7	733	6%
7	8	667	6%
8	9	1208	10%
9	10	539	5%
10	11	506	4%
11	12	365	3%
12	13	192	2%
13	14	1	0%
Total		11663	100%

Fuente: Elaboración propia.

Para hallar la distribución de Weibull, la cual nos ayudara a poder calcular la cantidad de potencia disponible, se hizo uso de las ecuaciones mencionadas

anteriormente a partir de la regresión lineal que se desarrolla para los datos de la Tabla N° 03 se debe calcular el factor de forma k y factor de escala c.

En la siguiente tabla se realizó el cálculo de las variables Xi y Yi las cuales son graficadas en la Grafica N° 01. Donde se observa la ecuación de tendencia lineal del comportamiento de las variables en mención.

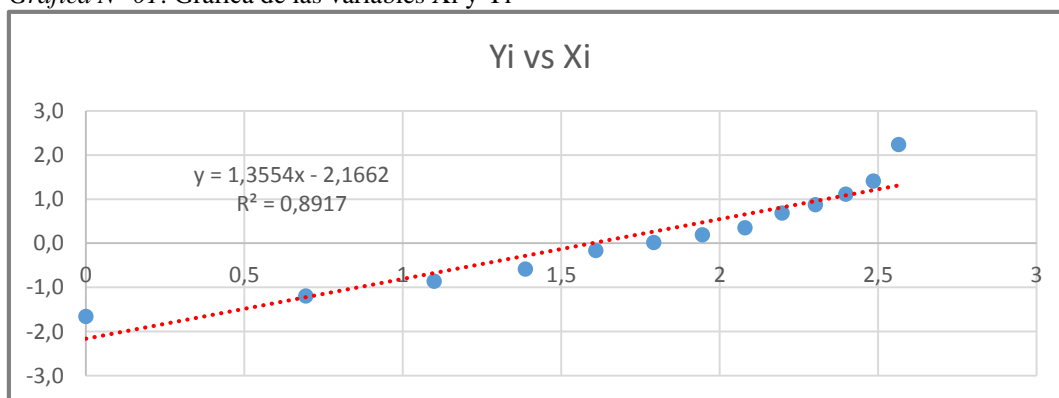
Vale recalcar que el valor de Veloc. Prom 1 es el valor asignado para el primer rango [0,1>, y así de manera consecutiva al demás rango según la metodología de Weibull.

Tabla N° 3: Resultados de las variables Xi y Yi

Rango Velocidad	Velocidad Prom.	Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Xi	Yi
0 - 1	1	2019	17%	17.311155	0	-1.66
1 - 2	2	1021	9%	26.065335	0.6931	-1.197
2 - 3	3	979	8%	34.459402	1.0986	-0.862
3 - 4	4	952	8%	42.621967	1.3863	-0.588
4 - 5	5	1691	14%	57.120809	1.6094	-0.166
5 - 6	6	790	7%	63.894367	1.7918	0.0185
6 - 7	7	733	6%	70.179199	1.9459	0.1906
7 - 8	8	667	6%	75.898139	2.0794	0.3527
8 - 9	9	1208	10%	86.25568	2.1972	0.6854
9 - 10	10	539	5%	90.877133	2.3026	0.8731
10 - 11	11	506	4%	95.215639	2.3979	1.1118
11 - 12	12	365	3%	98.345194	2.4849	1.4113
12 - 13	13	192	2%	99.991426	2.5649	2.2369
13 - 14	14	1	0%	100	2.6391	----

Fuente: Elaboración propia.

Grafica N° 01: Grafica de las variables Xi y Yi



De esta manera la ecuación determinada es:

$$Y = 1.3554 X - 2.1662$$

De la siguiente ecuación tenemos el valor de k es 1.3554 (la pendiente de la función) y el valor de b es 2.1662 (el coeficiente de la función), de estas cifras se hallará el valor c de la ecuación.

Reemplazando tenemos:

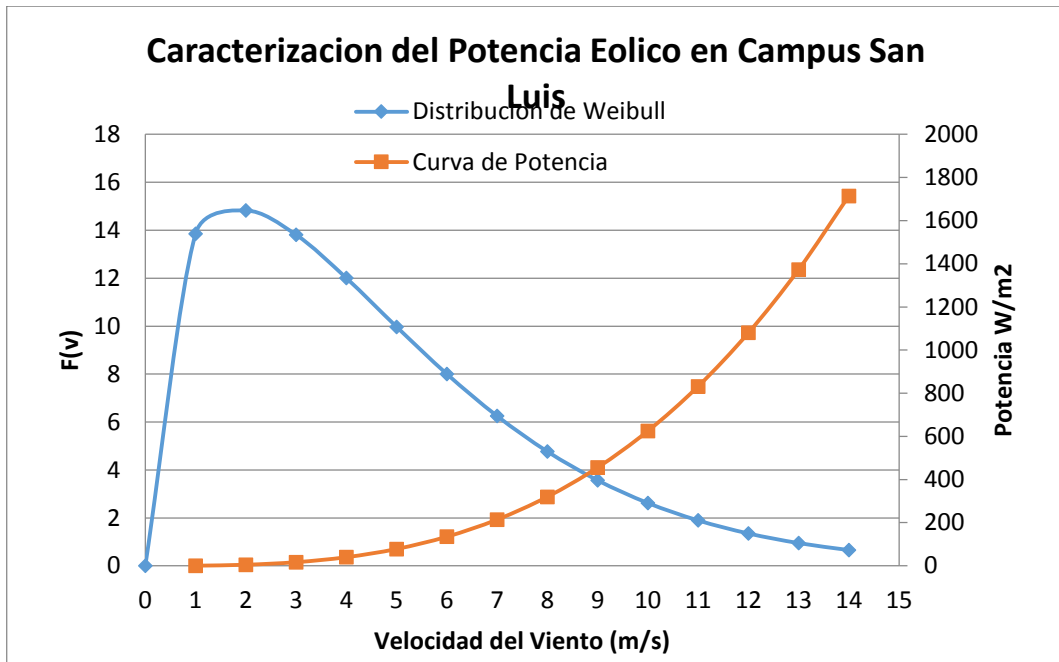
$$c = e^{-\frac{b}{k}}$$
$$c = e^{-\frac{2.1662}{1.3554}}$$
$$c = 4.944$$

De los datos ya calculados se calculan los valores para la distribución de Weibull y el potencial eólico haciendo uso de las ecuaciones (11) y (24) respectivamente.

Tabla N°4. *Resultados de la distribución de Weibull y Potencial eólico*

Distribución de Weibull	Potencial Eólico W/m ²
13.852344	0.63
14.822629	5.00
13.810733	16.88
12.006001	40.00
9.9713132	78.13
8.0034735	135.00
6.2500482	214.38
4.7692857	320.00
3.5670409	455.63
2.620729	625.00
1.8947201	831.88
1.3498086	1080.00
0.9486115	1373.13
0.658259	1715.00

Grafica N° 02: Caracterización del Potencial Eólico en Campus San Luis



b. Dirección de viento

La dirección del viento, se obtuvo también de analizar los datos de dirección de viento del software del Data Logger (Anexo 4). Se contabilizó el total de datos en cada intervalo (ángulo en la rosa de viento).

En la tabla N°05, se indican todas esas cantidades de datos que hay por cada intervalo, se identificó que la dirección de viento predominante esta entre Sur y Sur-Suroeste, como se muestra en la figura 13.

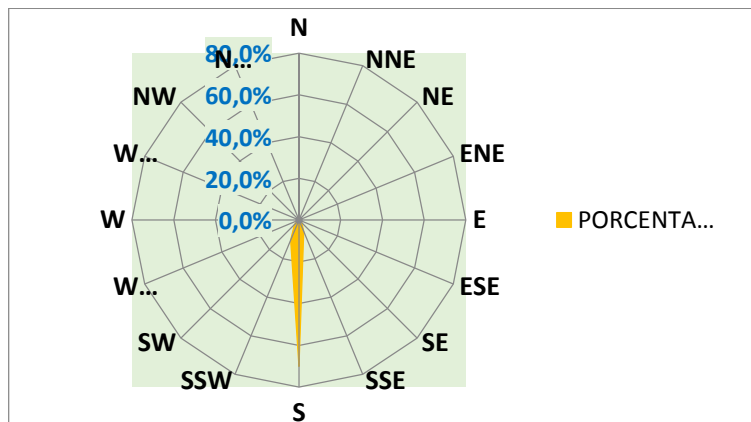


Figura. N°13. Rosa de Viento

Tabla N° 05. Dirección del viento en el Campus de la USP.

DIRECCION	Promedio De los Día/Meses de WIND DIR								Promedio	
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto		
N	26	16	23	24	9	45	75	72	290	2.7%
NNE	6	3	4	4	14	4	31	10	76	0.7%
NE	3	0	6	1	6	2	10	6	34	0.3%
ENE	1	4	1	3	5	4	13	10	41	0.4%
E	10	1	0	12	6	17	15	12	73	0.7%
ESE	12	5	14	5	22	20	19	10	107	1.0%
SE	17	8	5	15	37	64	52	16	214	2.0%
SSE	125	27	46	21	76	158	177	17	647	6.0%
S	1041	723	746	989	1214	873	842	1163	7591	70.1%
SSW	136	141	268	248	59	94	85	94	1125	10.4%
SW	20	44	106	62	17	30	18	37	334	3.1%
WSW	3	9	15	16	4	12	6	5	70	0.6%
W	1	6	7	1	3	5	4	4	31	0.3%
WNW	0	2	17	4	1	4	7	0	35	0.3%
NW	10	15	6	9	2	24	3	6	75	0.7%
NNW	4	10	6	16	9	11	18	15	89	0.8%
TOTAL	1415	1014	1270	1430	1484	1367	1375	1477	10832	100%

3.2 Diseño y selección de los aerogeneradores

Consideraciones Preliminares: La potencia requerida para el sistema de aerogeneradores es 50 kW, por lo que debido a nuestra caracterización del potencial, se decidió optar por empezar a evaluar 20 aerogeneradores de 2500 W cada uno. Además, para nuestro diseño, asumimos la eficiencia mecánica del aerogenerador η_{mec} en un 95% y la eficiencia eléctrica η_{elec} en un 85% con una velocidad de 5m/s y densidad del aire de 1.24 kg/m³.

Procedimiento para el cálculo de diseño del perfil

Primera etapa:

Se establece, determina o escoge los siguientes primeros parámetros:

- ✓ λ_d : Celeridad de diseño en la punta.
- ✓ B: Número de alabes.
- ✓ C_{Ld} : Coeficiente de sustentación de diseño.

- ✓ α_d : Ángulo de ataque de diseño.
- ✓ C_d : Resistencia de los alaves al viento

El primer estimado de λ_d es determinado por el tipo de la carga como sigue. Para turbinas empleadas en la obtención de agua usando la bomba de pistón. Se requiere un alto torque, (entonces multipalas, bajo λ) se tiene:

$$1 < \lambda_d < 2$$

Para turbinas empleadas para la generación de energía eléctrica, se tiene:

$$4 < \lambda_d < 10$$

Seleccionamos $\lambda_d = 4$

Entonces seleccionando este aproximado λ_d , con este valor en la tabla siguiente se determina B (número de alaves).

Valores de λ_d y B

λ_d	1	2	3	4	5
B	6-20	4-12	3-6	2-3	1-2

Escogemos para $\lambda_d = 4$, un perfil de tres alaves para el cual B=3

Se pasa a determinar C_{Ld} y α_d .

Se opta un perfil de criterio de mercado.

Para ellos se usa la tabla que sigue para alaves de placa y para perfiles estandarizados NACA. En nuestro caso, seleccionamos como perfil al NACA 4412, por su simplicidad al momento de su construcción. Para poder seleccionar el grafico correspondiente al perfil del alabe, se calculó el número de Reynolds, que es igual a 334193.63, de tal manera que seleccionamos de la tabla siguiente el perfil NACA 4412 con el #Reynolds igual a 500,000 y su grafico correspondiente al perfil de alabe elegido, es decir de las curvas CL – α y CL - CD. De estos gráficos se determinó el ángulo de ataque y el valor correspondiente al coeficiente de sustentación del alabe.

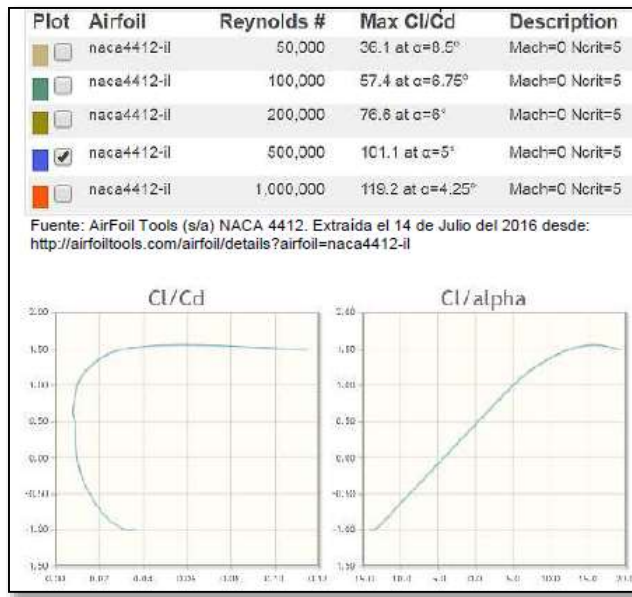


Figura. N°14. Grafica de Perfil Naca 4412, Selección de C_l y α

Fuente: AirFoil Tools (s/a) Polar Graphs NACA 4412. Extraida el 14 de Julio del 2016 desde: <http://airfoiltools.com/polar/details?polar=xf-naca4412-il-500000-n5>

N.A.C.A. Technical Note No. 401 23

TABLE XV
Airfoil: N.A.C.A. 4412

Average Reynolds Number: 3,150,000.
Size of model: 5 \times 130 inches.
Pressure, Standard Atmosphere: 30.0.
Test No.: GDS Variable-Density Tunnel, August 25, 1931.

C_L	α_0 (degrees)	C_{D_0}	$C_{m_0}/4$
-0.314	-7.0	0.0118	-0.088
- .008	-4.0	.0103	- .087
.140	-2.4	.0097	- .085
.300	-1.0	.0094	- .085
.453	.6	.0097	- .084
.604	2.1	.0100	- .083
.896	6.2	.0122	- .083
1.165	8.2	.0162	- .081
1.444	11.4	.0243	- .081
1.604	14.9	.0339	- .086
1.598	16.9	.1077	- .106
1.520	19.3	.1922	- .131
1.167	26.5	.4166	- .180

Figura. N°15: Grafica Valores de α_d y C_{Ld}

Entonces:

$$C_{Ld} = 0.896 \text{ y } \alpha_d = 5.2$$

Hallamos el valor de C_d : Resistencia de los alaves al viento de las gráficas para NACA4412 con $C_{Ld} = 0.896$, $\alpha_d = 5.2^\circ$ y $R = 334193.63$

Del cual obtenemos: $C_d = 0.01$

Segunda etapa:

$C_{P \text{ MÁX}}$: Coeficiente de potencia máximo a calcular.

R: Radio de la Aero turbina.

Como se explicará.

Entonces $C_{P \text{ MÁX}}$ es:

$$C_{p \text{ max}} = \frac{16}{27} \varepsilon^{-0.35\lambda - 1.29}$$

$$C_{p \text{ max}} = \frac{16}{27} \varepsilon^{-0.35 \times 4 - 1.29} = 0.56$$

Radio de la Aero turbina:

$$R = \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\pi \cdot \rho \cdot C_{p \text{ max}} \cdot v^3}}$$
$$R = \sqrt{\frac{2 \cdot 2500}{\pi \cdot 0.85 \cdot 0.95 \cdot 1.25 \cdot 0.56 \cdot 5^3}} = 4.75 \text{ m}$$

Tercera etapa:

C: Valores de la cuerda a lo largo de r. El número de posiciones

β : Valores del ángulo de sección a lo largo de r.

En el caso del perfil estandarizado NACA, adicionalmente se calcula:

Las ordenadas y las abscisas de los perfiles a lo largo de r.

Algunas precisiones sobren definiciones

α → Se la indico como el ángulo entre la dirección de la velocidad de viento y línea de referencia. Se mejora indicando que, considerando el álabe en movimiento, es el ángulo entre la velocidad relativa al alabe y la línea de

referencia. Como se ve en el dibujo, el α en las tablas a usar tienen este significado. B tiene el significado que se muestra en el dibujo.

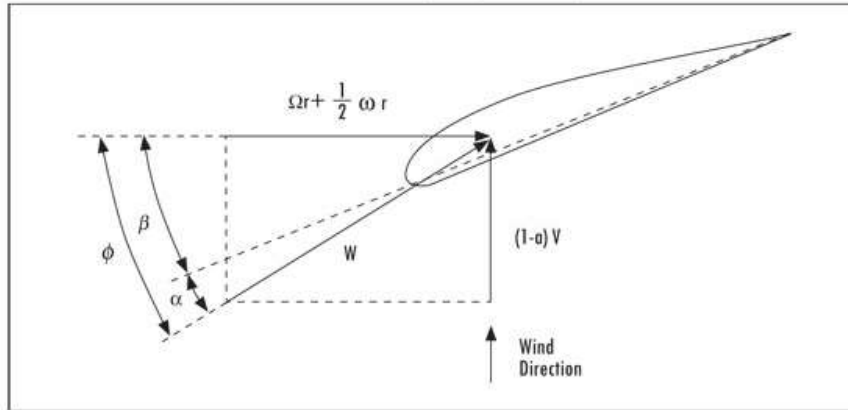


Figura. N°15. Esquema del ángulo de la dirección del viento

Fuente: (Lysen, 1983)

El método siguiente es válido para una turbina operando con un coeficiente de potencia máxima, llamado “situación de diseño de la aeroturbina” los valores de λ , C_L , α en esta situación son definidos como λ_d , C_{Ld} , α_d .

Tabla N° 06. Parámetros del aéreo generador

Resumen Parámetros de Diseño		
Velocidad Nominal	V	5
Diámetro del Rotor	D	9.5
Coficiente de potencia	Cp	0.4
Celeridad de Diseño	λ	4
Numero de palas	Z	3
Coficiente de sustentación	Cl	0.896
Angulo de ataque	α	5.2
Reynolds	Re	334193.6338

3.3 Determinar el dimensionamiento de los componentes del Aerogenerador.

Selección del aerogenerador en el mercado actual

Gracias a los parámetros obtenidos y la curva de distribución de Weibull que se obtuvo anteriormente se pudo seleccionar, comparando las gráficas de potencia de diferentes aerogeneradores en el mercado, un aerogenerador, que entre los demás evaluados, presento las características más cercanas a nuestros parámetros; a pesar de no cumplir enteramente con las expectativas.

Tabla N° 07. Modelos de Aerogeneradores

Modelo	Diámetro	P (nom)	V (nom)	P(7m/s)	P(5m/s)	% Utiliz
	m	W	m/s	W	W	
GH-2.5kW	4.2	2500	12	-	-	-
Yaneng 2500	3.8	2500	9	-	-	-
ARE110 2.5	3.6	2500	11	-	-	-
Antaris 2.5kw	3	2500	11	750	250	10
F.D3.8 - 2.5kW	3.8	2500	12	1200	600	24
Proven 2.5	3.5	2500	12	1500	800	32
ZONHAN ZH5KW	5	5000	10	2100	1000	20
TALON 5KW	5.5	5000	11	2000	800	16
HY5 - AD5.6 SWT	5.6	5000	11	2500	1000	20
EOLTEC 6kW	5.6	6000	12	1800	500	8
BORNAY 6000	4	6000	12	2500	1200	20
Antaris 6.5kw	5.3	6500	10	2500	1000	15

Fuente: AllSmallWindturbines (s/a) Wind Turbine Power Curve. Extraída el 10 de Mayo del 2016 desde: http://www.allsmallwindturbines.com/images/uploads/turbine_brochures/turbine_brochure_299.pdf.

Como se muestra en la tabla, en el mercado actual la velocidad nominal de los aerogeneradores es aproximadamente 11 m/s, lo cual hace dificultoso encontrar aerogeneradores eficientes para velocidades de aproximadamente 5 m/s. Por lo que, para seleccionar uno de los aerogeneradores, se tuvo en consideración el mayor diámetro, que produzca los 2500 w de potencia requerida, y que tenga un sobresaliente porcentaje de Utilización sobre los demás aerogeneradores. De la tabla anterior se consideró el aerogenerador sombreado en amarillo, y su curva de potencia se muestra a continuación:

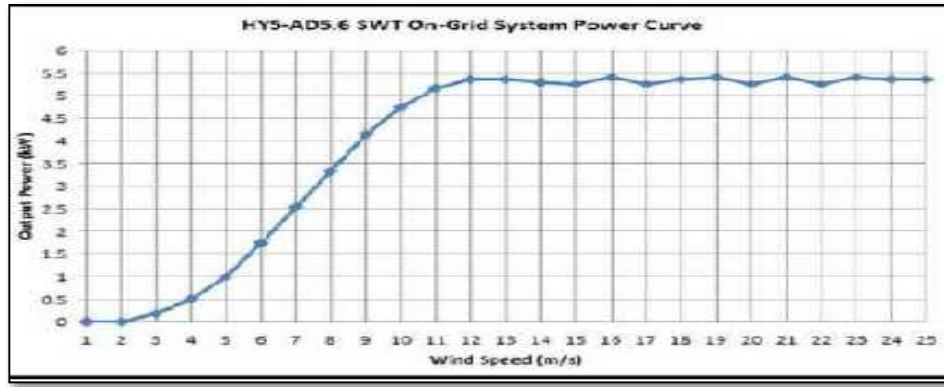


Figura. N°16. Curva de Potência de Turbina

Fuente: AllSmallWindturbines (s/a) Wind Turbine Power Curve. Extraída el 10 de Mayo del 2016 desde:

http://www.allsmallwindturbines.com/images/uploads/turbine_brochures/turbine_brochure_299.pdf

Para hallar C y B a lo largo del alabe se desarrolla las siguientes ecuaciones:

$$\lambda_{rd} = \lambda_d \frac{r}{R}$$

Celeridad.

$$\phi = \frac{2}{3} \arctg \left(\frac{1}{\lambda_r} \right)$$

Ángulo de flujo.

$$C = \frac{8\pi r}{BC_{Ld}} (1 - \cos\phi)$$

Cuerda.

$$\beta = \phi - \alpha$$

Ángulo de la sección del alabe

Dónde:

- r = distancia del centro del rotor a la cuerda C.
- λ_r = celeridad local para el radio r.
- C = cuerda del alabe.
- β = ángulo formado por el alabe con el plano de sustentación.
- ϕ = ángulo formado por la velocidad relativa y plano de rotación del rotor.

El valor de r toma las distancias que uno considere. Mientras más valores de r, se obtendrá mayor cantidad de secciones del perfil aerodinámico. Lo cual permite al momento de diseñar el alabe tener una curva de la geometría

aerodinámica del alabe más exacta. Para nuestro caso se tomaron los siguientes valores de r , como se muestran en la tabla siguiente:

Tabla N° 08. *Parámetros de la Geometría Aerodinámica del Alabe.*

r (m)	λ_{rd}	Φ	α	β	C (m)	C %
0.194	0.14	54.78	5.2	49.58	0.767	76.7
0.496	0.35	47.07	5.2	41.87	1.480	148.0
0.799	0.57	40.31	5.2	35.11	1.773	177.3
1.101	0.78	34.67	5.2	29.47	1.828	182.8
1.404	1.00	30.08	5.2	24.88	1.768	176.8
1.706	1.21	26.38	5.2	21.18	1.661	166.1
2.009	1.42	23.37	5.2	18.17	1.541	154.1
2.311	1.64	20.92	5.2	15.72	1.424	142.4
2.614	1.85	18.89	5.2	13.69	1.317	131.7
2.916	2.07	17.20	5.2	12.00	1.219	121.9
3.218	2.28	15.77	5.2	10.57	1.132	113.2
3.521	2.50	14.55	5.2	9.35	1.055	105.5
3.823	2.71	13.49	5.2	8.29	0.987	98.7
4.126	2.93	12.57	5.2	7.37	0.925	92.5
4.428	3.14	11.77	5.2	6.57	0.871	87.1
4.731	3.36	11.06	5.2	5.86	0.822	82.2
5.033	3.57	10.43	5.2	5.23	0.778	77.8
5.336	3.79	9.87	5.2	4.67	0.738	73.8
5.638	4.00	9.36	5.2	4.16	0.702	70

Fuente: Elaboración Propia

Para graficar las diferentes secciones de nuestro alabe, se hizo uso de la tabla estandarizada (tabla N° 09) del perfil NACA 4412. Su uso es de la siguiente manera: La primera columna, da la coordenada X en porcentaje de la cuerda C , y otras las dos columnas, tanto para el vientre como para el dorso del perfil.

Tabla N° 09. Estandarizada del Perfil NACA 4412.

NACA 4412		
Station	Upper surface	Lower surface
	Ordinate	Ordinate
0	0.00	0.00
1.25	2.44	-1.43
2.5	3.39	-1.95
5	4.73	-2.49
7.5	5.76	-2.74
10	6.59	-2.86
15	7.89	-2.88
20	8.80	-2.74
25	9.41	-2.50
30	9.76	-2.26
40	9.80	-1.80
50	9.19	-1.40
60	8.14	-1.00
70	6.69	-0.65
80	4.89	-0.39
90	2.71	-0.22
95	1.47	-0.16
100	0.13	-0.13
100	0.00	0.00

Fuente: AirFoil Tools (s/a) NACA 4412. Extraída el 14 de Febrero del 2016 desde: <http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=naca4412-il>

A continuación, se muestra un ejemplo de sección para el perfil NACA 4412 que hemos desarrollado, $r=0.194m$ al que le corresponde un $C=0.767m$. (Tabla)

Tabla N 10: sección 1 del perfil Aerodinámico NACA 4412

X	Y(+)	Y(-)
SECCIÓN 1		
0.00	0.00	0.00
0.96	1.87	-1.10
1.92	2.60	-1.50
3.83	3.63	-1.91
5.75	4.42	-2.10
7.67	5.05	-2.19
11.50	6.05	-2.21
15.34	6.75	-2.10
19.17	7.22	-1.92
23.00	7.48	-1.73
30.67	7.51	-1.38
38.34	7.05	-1.07
46.01	6.24	-0.77
53.67	5.13	-0.50
61.34	3.75	-0.30
69.01	2.08	-0.17
72.84	1.13	-0.12
76.68	0.10	-0.10
76.68	0.00	0.00

En la *Figura N° 17*. Se muestra la gráfica de la sección 1 del perfil NACA 4412, utilizando las coordenadas de la tabla.

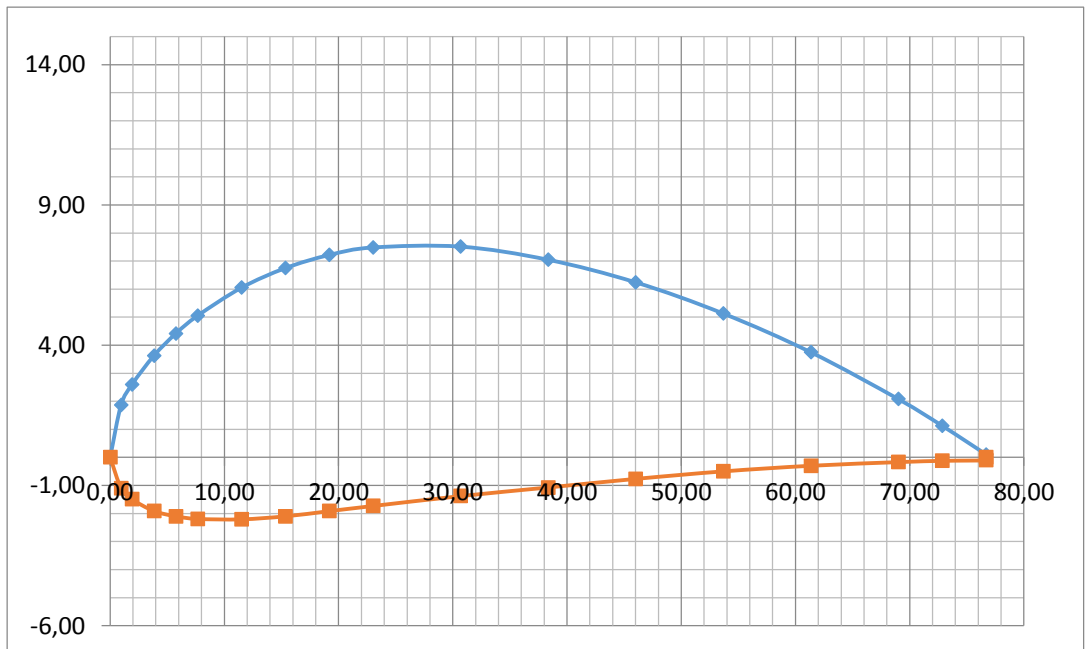


Figura. N°17. Geometría aerodinámica del alabe.

La frecuencia relativa es el porcentaje que representan estas cantidades relativas sobre una base de 100% (que es igual a los 52560 datos de velocidad de viento) y las horas al año a las que equivaldrían (si se sabe que son 8760 horas al año).

Selección del generador de electricidad (alternador)

Se observa diferentes generadores de combustión interna, y alternadores, ambos, con la función de generar energía eléctrica. Pero para poder hacer uso de los generadores de combustión, se debe desmontar las partes que realizan la combustión, pues para su instalación en un aerogenerador no son necesarias. Por lo que es más factible la elección de un alternador.

Generadores (Combustible):							
Potencia	Marca	Modelo	Velocidad (rpm)	Frecuencia (Hz)	Costo (\$)	Voltaje (V)	Fase
2500	Watt	Proforce	RPMD102500	3600	-	120 AC	1
2500	Watt	Powerstroke	PS902500	-	\$306.70	120	1
2500	Watt	PowerBoss	K10628	-	\$329.99	120	1
2500	Watt	LISKOFF	LG2500	3000	\$348.09	220	1
2500	Watt	Shimadai	SEC2800	-	-	220	1
2500	Watt	Aodisen	ZT3600C	3000/3600	\$135.00	240/220/120/110 AC	1
Alternadores:							
Potencia	Marca	Modelo	Velocidad	Frecuencia (Hz)	Costo (\$)	Voltaje (V)	Fase
1500	Watt	Art Power	Brushless Alternator	1500/1800	\$400.00	220	1 / 3
3350	Watt	Yehou	YH335M	3000	\$500.00	220 AC	1
2500	Watt	Koda Power	ST BRUSH	1500	\$250.09	220 AC	1
2500	watt	Power Value	G05-GMT	-	\$50.00	220	1
2500	watt	CG Global	Single-Phase2.5KW	1500	-	220 AC	1

En el Anexo 6, se describe cada uno de los generadores/alternadores de la tabla 19. En la *figura N° 31*, se tienen las características del alternador seleccionado, algunas de estas características sirvieron para dimensionar el multiplicador, y para realizar las dimensiones de los componentes del pequeño parque eólico,

que se explicará a detalle en las secciones correspondientes:

Brand Name:	KADA	Frequency:	50Hz
Model Number:	ST	Rated Current:	13.6A
Place of Origin:	Fujian, China (Mainland)	Power Factor:	1.0
Output Type:	AC Single Phase	Insulation Class:	B
Rated Power:	2.5KVA	Wire:	100% Copper
Color:	Blue or as you required	Speed:	1500rpm
Warranty:	1 year	Rated Voltage:	220V
Pulley:	Optional	Pole Number:	4
Style:	Single Phase alternator	Generator Frame Material:	Cast Iron/steel
		Fan:	Plastical/aluminum

Figura. N°18. Características del Alternador KADA BRUSH 2.5 KVA.

Dimensionamiento del multiplicador

De la tabla 11, el número de revoluciones por minuto nominal del rotor (álabes del aerogenerador) es 50, pero de la tabla anterior, indica que del alternador es 1500 rpm. Así que se debió dimensionar un multiplicador que eleve los 50 rpm a 1500 rpm.

Comúnmente, el multiplicador de velocidades para los aerogeneradores es del tipo “sistema de engranajes”, que consta de una rueda motriz con dientes en su periferia exterior, que engrana sobre otra similar, lo que evita el deslizamiento entre las ruedas. Al engranaje de mayor tamaño se le denomina rueda y al de menor, piñón.

Los dientes de los engranajes son diseñados para permitir la rotación uniforme (sin saltos) del eje conducido. Su principal ventaja es mantener la relación de transmisión constante incluso transmitiendo grandes potencias entre los ejes, lo que se traduce en mayor eficiencia mecánica (mejor rendimiento). Además, para evitar el desgaste prematuro de los dientes y reducir el ruido de funcionamiento, necesita lubricación (engrase) adecuada, así, su funcionamiento puede llegar a ser muy silencioso. (MecanESO, 2005)

Para nuestro caso, se optó por dimensionar dos diferentes tipos de conexión de engranajes: la primera, mediante 2 etapas, y la segunda, mediante un tren de engranajes de 3 etapas.

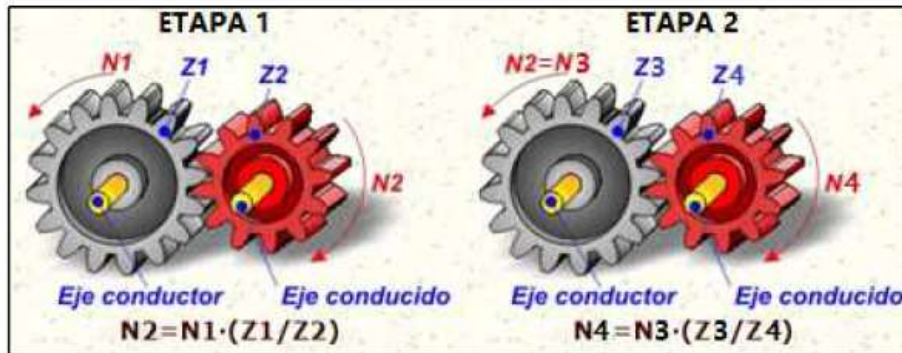


Figura. N°19. Sistema de engranajes de 2 etapas

Como se observa en la figura 19, se tienen dos etapas de engranajes. En el eje conductor de la etapa 1 (N1) ingresa 50 rpm de velocidad, y en el eje conducido de la etapa 2 (N4), su velocidad es 1500 rpm. El eje conducido de la etapa 1 (N2) y el eje conductor de la etapa 2 (N3) están conectados en el eje, por lo tanto, $N2 = N3$. De esa forma se tiene la tabla 20, donde se muestran los valores de los parámetros de ambas etapas.

Tabla N° 11. Parámetros de diseño de los engranajes

Etapa 1	1 : 6	Etapa 2	1 : 5
N1	50 rpm	N3	300 rpm
Z1	60 dientes	Z3	50 dientes
Z2	10 dientes	Z4	10 dientes
N2	300 rpm	N4	1500 rpm

Fuente: Elaboración Propia

Quiere decir que la rueda de la primera etapa (1:6) es de 60 dientes, y el piñón de 10 dientes. Mientras que en la segunda etapa (1:5) la rueda es de 50 dientes y el piñón de 10 dientes.

El segundo tipo de conexión de engranaje dimensionado, es el tren de engranajes de tres etapas. El elemento principal de este mecanismo es la rueda dentada doble, que consiste en dos engranajes de igual paso, pero diferente número de dientes, unidos entre sí. Y su funcionamiento se muestra en la figura

31; los 50 rpm de velocidad del rotor ingresan por el eje conductor N1, se transmite a través de tres etapas, de N1 a N2, de N2 a N3, y de N3 a N4.

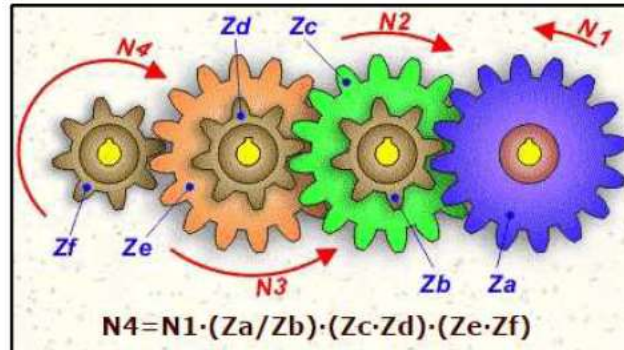


Figura. N°20. Dimensionamiento de un tren de engranajes

De la fórmula descrita en la figura 20, en la tabla 12 se muestran los valores para los dientes de los engranajes, sabiendo que $N1 = 50$ rpm y $N4 = 1500$ rpm. Entonces el tren de engranajes tiene una relación de transmisión de 1:30.

Tabla N° 12. Parámetros de diseño del tren de engranajes.

SISTEMA DE ENGRANAJES	
N1	50 rpm
Za	50 dientes
Zb	10 dientes
Zc	30 dientes
Zd	10 dientes
Ze	20 dientes
Zf	10 dientes
N4	1500 rpm

Según la Asociación Danesa de la industria eólica (2003), la relación de multiplicación suele ser aproximadamente 1:50, incluso para turbinas eólicas de alta potencia. Este tren de engranajes puede ser diseñado y construido, mediante máquinas de corte de plasma o láser. O también, puede ser comprado en el mercado una caja multiplicadora de velocidad con la relación de transmisión 1:30.

En España existen fábricas que se dedican a la construcción de aerogeneradores de baja potencia, como también, a la construcción de sus piezas. Como la empresa FELLAR, ubicada en Valencia.

Soporte del aerogenerador

Las torres de los aerogeneradores más comúnmente usadas son actualmente las denominadas “torres tubulares de acero”. Puesto que además de ser bien resistentes, se ven bien estéticamente.

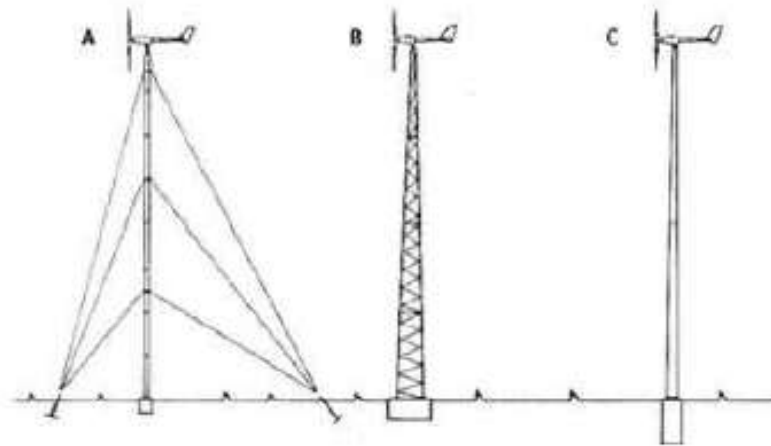


Figura. N°21. Tipos de Torre de un Aerogenerador

En la *figura N° 21*, se muestran distintos tipos de torres, la A muestra una torre de mástil tensado, la B muestra una torre de celosía, y la C una torre tubular de acero.

Para los aerogeneradores de nuestro caso, seleccionamos un tipo de torre que se utilizaba más frecuentemente hace algunos años atrás, la “torre de celosía”. Estas torres son fabricadas utilizando perfiles de acero soldado, además son igual de resistentes que las “torres tubulares de acero”. Sus ventajas son: la reducción del costo, puesto que requieren solo la mitad de material que una torre tubular, también, es más simple su montaje y los costos de cimentación, son menores. En la actualidad este tipo de torre, ha desaparecido prácticamente de los grandes aerogeneradores modernos, por razones estéticas, aunque esa

cuestión es claramente debatible. (Asociación Danesa de la industria eólica, 2003)

Componentes eléctricos y de control

Debido a que las baterías almacenan energía en corriente continua, se rectificó la corriente de los aerogeneradores de 2.5 kW utilizando un puente rectificador, de las siguientes características:

Marca: Power Bridge Rectifiers

Modelo: SKB25/04

Max. Voltaje: 400v DC

Corriente: 17A

Vf (Consumo): 2.2v

Temperatura: 75°C

El Grupo de Tecnología Electrónica (GTE) en su documento *Rectificadores Controlados*, nos indica que al rectificar la corriente de Alterna a Continua, el voltaje se reduce, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$V_1 = 2 * \frac{V_{pico} - V_f}{\pi} \quad (30)$$

$$V_{pico} = V_0 * \sqrt{2} \quad (31)$$

Dónde: V_0 es el voltaje nominal AC del aerogenerador = 220 V

V_1 es el voltaje nominal DC rectificado.

Reemplazando en () tenemos:

$$V_1 = 20 * \frac{220\sqrt{2} - 2.2}{\pi} = 196.7 \text{ V}; (DC)$$

Además, la corriente rectificada es igual a:

$$I_{rectificada} = \frac{I_{entrada}}{0.9}$$

$$I_{rectificada} = \frac{13.6}{0.9} = 15.1 \text{ A}$$

En la figura 21, se muestra el aerogenerador conectado al puente rectificador, especificando sus valores de entrada y salida. Estos valores se tomarán en cuenta al momento de hacer la conexión de aerogeneradores, si será en paralelo o en serie, o una conexión entre ambos.

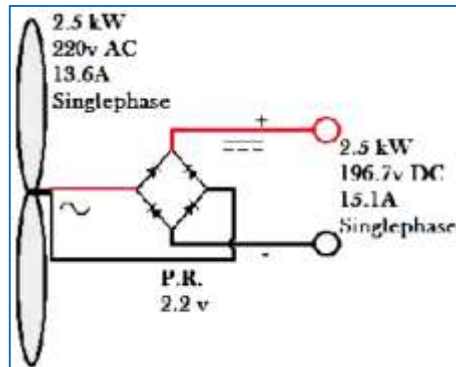


Figura. N°22. Aerogenerador conectado a un puente rectificador

Para conectar los 20 aerogeneradores se tuvieron las siguientes consideraciones:

Al hacer una conexión en serie, los voltajes se suman y la corriente se mantiene. Por lo que, basta tan solo dos aerogeneradores conectados en serie para que su voltaje llegue a 393.4 V. El voltaje es relativamente alto, además, la mayoría de componentes electrónicos que se usan en instalaciones eólicas de baja potencia (controlador de carga, inversor, etc.) tienen, por lo regular, 220V de voltaje nominal. Por lo que se descartó hacer la conexión en serie.

Si conectamos en paralelo, el voltaje se mantendrá en 196.7 V, pero las corrientes se sumarán. Si se conectan los 20 aerogeneradores en paralelo, la corriente se eleva hasta 302 A. Lo cual también es un problema, puesto que al tener una corriente elevada, el costo del cableado es mayor. Por lo que se decidió dividir a los 20 aerogeneradores en cuatro grupos de cinco aerogeneradores cada uno, conectados en paralelo. Así, la corriente de cada grupo es 75.5 A. En la figura 22 se muestra la conexión de los 20 aerogeneradores, divididos en cuatro grupos de cinco.

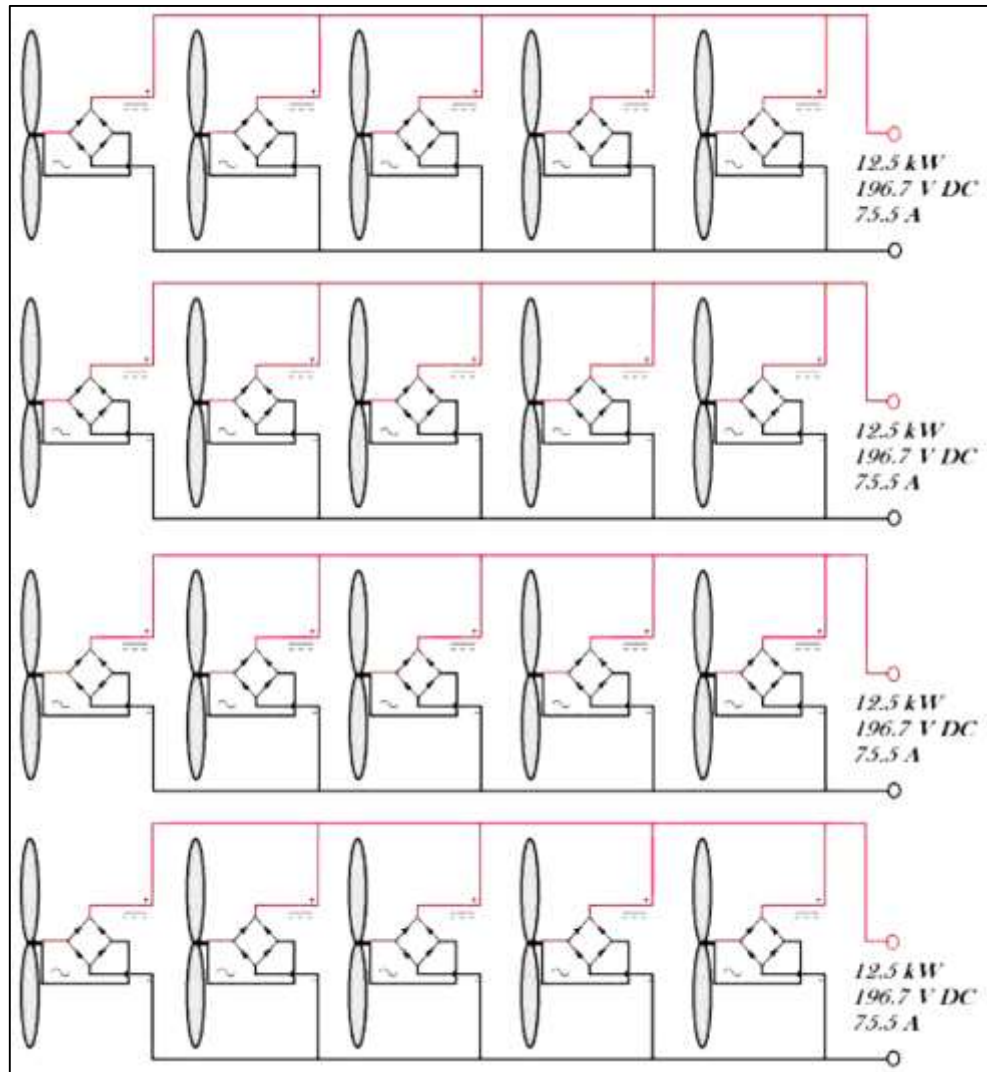


Figura. N°23. Conexión en paralelo de los 20 aerogeneradores, en cuatro grupos de cinco.

Cada grupo de aerogeneradores genera energía que es acumulada en baterías. Para el cálculo del dimensionamiento y número de baterías, se tuvo que calcular, en primer lugar, la energía producida por cada grupo de aerogeneradores.

Con los parámetros del aerogenerador de 2.5 kW, que se muestran en la tabla 13, se halló la energía anual, producida por un solo aerogenerador.

Tabla N 13. *Energía Producida en 7 meses medidos por el Aerogenerador de 2.5kW*

Velocidad m/s	Distribución de Weibull	Potencia W	Horas	Energía W-h/7 meses
0	0	0	0	0
1	13.852344	20.18226273	811.19326	16371.71559
2	14.822629	161.4581019	868.01315	140147.7563
3	13.810733	544.9210938	808.75652	440708.4899
4	12.006001	1291.664815	703.07142	908132.6137
5	9.9713132	2522.782841	583.9201	1473103.612
6	8.0034735	4359.36875	468.68341	2043163.803
7	6.2500482	6922.516117	366.00282	2533660.438
8	4.7692857	10333.31852	279.28937	2885986.025
9	3.5670409	14712.86953	208.88592	3073311.216
10	2.620729	20182.26273	153.46989	3097369.646
11	1.8947201	26862.5917	110.95481	2980533.732
12	1.3498086	34874.95	79.044792	2756683.155
13	0.9486115	44340.43122	55.550689	2463141.524
14	0.658259	55380.12894	38.547647	2134773.663
TOTAL			5535.3838	26947087.39

La energía producida en un día, es igual a la energía total adquirida en 7 meses dividida entre los 244 días del periodo:

$$26947087.39 \frac{W-h}{7 \text{ meses}} * \frac{7 \text{ meses}}{244 \text{ dias}} = 110438.88 \frac{W-h}{\text{dia}}$$

Por lo tanto por cada grupo de 5 aerogeneradores producirán diariamente:

$$110438.882 \frac{W-h}{\text{dia}} * 5 = 552194.41 \frac{W-h}{\text{dia}}$$

Teniendo en cuenta que el mayor voltaje en las baterías es 48 V por unidad. Se seleccionó una batería con esta característica, debido a que tenemos un voltaje de 196.7 V de entrada.

El voltaje que se requiere para cargar batería, es siempre mayor. Es un parámetro que se encuentra en las especificaciones técnicas de cada batería. Y es aproximadamente $1.2 * \text{Voltaje de la batería}$.

$$\text{Voltaje de carga} = 1.2 * 48 = 57.6 \text{ V}$$

Entonces, para conocer la cantidad de baterías que podrían ser conectadas en serie, para ser cargadas por nuestro grupo de aerogeneradores se realizó el siguiente cálculo:

$$\text{Max. Num de Baterias en Serie} = \frac{196.7 \text{ V}}{57.6 \text{ V}} = 3.4 = 3 \text{ Baterias}$$

De lo que se concluye, que se puede conectar en serie como máximo tres baterías. Para determinar la cantidad de A-hr (amperios-hora) que deberá tener nuestra batería, se realizó el siguiente calculo:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Energia en (5 aerogeneradores)}}{\text{Voltaje de las Baterias}} &= \frac{552194.41 \frac{\text{W} - \text{h}}{\text{dia}}}{48 * 3} \\ &= 3834.6834 \text{ A} - \text{h} \end{aligned}$$

Como el amperaje se suma al conectarse en paralelo, para poder llegar a los 3834.86 A-h, se requieren 39 baterías de 100 A-h en paralelo o 20 baterías de 200 A-h igualmente, conectados en paralelo.

Comprobamos la cantidad de baterías que utilizaremos por cada grupo de cinco aerogeneradores. Si utilizamos las baterías de 200 A-h.

$$\# \text{ Baterias} = \frac{552194.41 \frac{\text{W} - \text{h}}{\text{dia}}}{48 \text{ V} * 200 \text{ A} - \text{h}} = 57.52 = 58 \text{ Baterias}$$

Por lo tanto se seleccionó la siguiente batería:



Figura. N°24. Batería OptiumNano de 48V y 200Ah

Fuente: OptiumNano Energy CO., Ltd. (s/a) Bateria solar de 48V-200Ah. Extraída el 25 de Junio del 2016 desde: http://es.made-in-china.com/co_optimumchina/product_Deep-Cycle-Lithium-48V-200ah-Solar-Battery-for-10kwh-off-Gridand-Grid-Solar-Storage-System_hoheryuoy.html

Teniendo en cuenta que nuestro sistema eléctrico tiene una tensión menor a los 220V, y una corriente menor a 100A. Se optó por seleccionar el siguiente controlador de carga:

220V Rated Voltage PV Charge Controller with GPRS Function

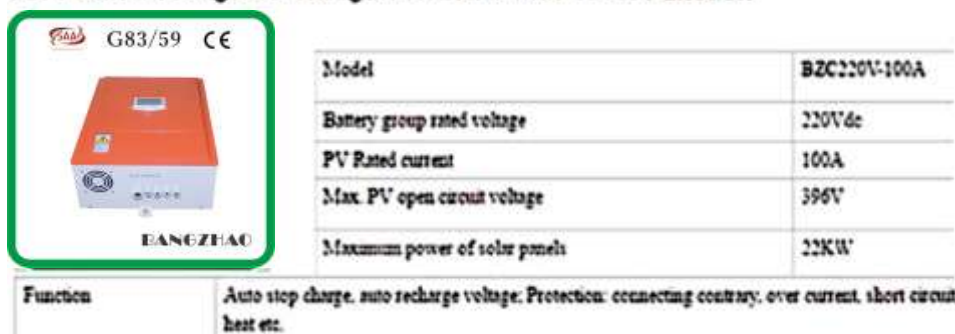


Figura. N°25. Controlador de Carga Bangzhao Modelo BZC220v-100A

Fuente: Yueqing Bangzhao Electric CO., Ltd. (s/a) Controlador de Carga 220V. Extraída el 25 de Junio del 2016 desde: <http://bangzhao.en.made-inchina.com/product/GSxmXoqcInRE/China-220V-Rated-Voltage-PV-Charge-Controller-with-GPRS-Function.html>

El controlador de carga permite un manejo automático de la carga y descarga de las baterías, también, protege al sistema eléctrico de la sobrecarga, sobretensión y corto circuito. Además, se debe tener en cuenta que la carga

(luminarias) no exceda los 220V y los 100A del controlador de carga. La conexión eléctrica para cada grupo de cinco aerogeneradores quedo de la siguiente manera, como se muestra en la figura 25.

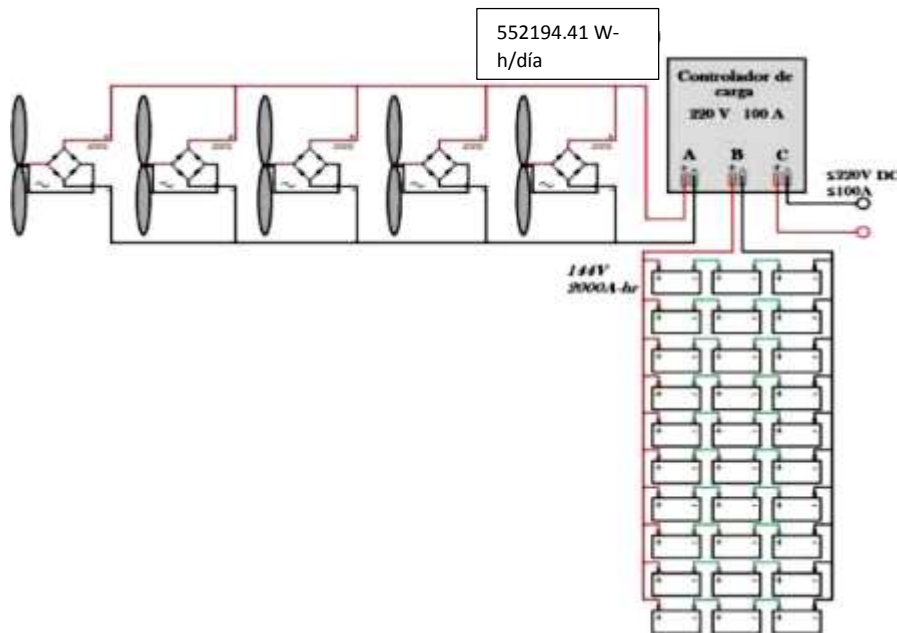


Figura. N°26. Conexión Eléctrica de un grupo de aerogeneradores

Aspecto económico

Según Irena Working (2012), el análisis económico de la energía eólica debe tener en cuenta varios aspectos básicos:

- Los costos de inversión.
- Los costos anuales de explotación, es decir, operación y mantenimiento.
- Los costos anuales de financiamiento.

Los costos de inversión más importantes en el proyecto de un parque eólico terrestre y su participación en el costo total, se presentan seguidamente: Costos de estudios de viabilidad: <2%. Incluyen el estudio del recurso eólico, análisis del emplazamiento, diseño inicial, estudio de impacto ambiental, estudio de rentabilidad y gestión de proyecto, entre otros gastos iniciales. Costos de equipamiento (aerogenerador): 65-84%. Incluyen los de producción de la turbina y equipos auxiliares, y la transportación hasta el sitio de emplazamiento e instalación.

Costos de obra civil: 4-16%. Incluyen la transportación interna dentro del emplazamiento de la turbina y la torre, la construcción de la cimentación y carreteras, y otros costos relacionados con la infraestructura necesaria para la instalación y puesta en marcha de las turbinas.

Costos de conexión a la red: 9-14%. Incluyen el cableado, las subestaciones y las líneas eléctricas necesarias.

Otros costos de inversión: 4-10%. Por ejemplo, costos financieros durante la construcción, ingeniería, permisos legales y de uso del terreno, licencias, consultas, seguros y, además, los sistemas de monitoreo.

Según AAEE (Asociación Argentina de Energía Eólica), el costo de instalar un generador eólico es de 3000-5000 US\$ / kW que incluye todos los gastos necesarios para tener el equipo funcionando.

Según Alameda y Irizarry (2010), en Europa, el costo medio de una central eólica es de 1,000 Euros por kW de potencia instalada, lo que puede variar desde 1,250 €/kW para máquinas con una unos 150 kW de potencia, hasta 880 €/kW para máquinas de 600 kW.

Según el Departamento de Energía en EEUU (2007), la estimación en costo de un sistema eólico es de unos 1,000 a 3,000 dólares por kilowatt.

Como podemos observar de los montos internacionales el costo aproximado de nuestro proyecto se encuentra aproximadamente 1500 US\$ / kW, entonces para la capacidad que deseamos proyectar de 50 kW, el costo total de inversión será de 75 000 Dólares y en soles 262 500 Nuevos Soles.

Los costos actuales registrados según recibos de Hidrandina en el Campus Los Pinos, según anexo 7, son en promedio 6000 Nuevos Soles al mes, entonces el Tiempo de Retorno de la Inversión será:

$$TRI = \frac{\text{Conto de Inversion}}{\text{Gasto Actuales}}$$

$$TRI = \frac{262\,500 \text{ Soles}}{6000 \text{ Soles/Mes}}$$

$$TRI = 43.75 \text{ meses}$$

Es decir estamos hablando de 3 años y 6 meses aproximadamente, para nuestra investigación, si la inversión de la micro central eólica se llevase a cabo, este valor es meramente referencial, puesto que la instalación de la micro central eólica de 50kW en el campus de San Luis de la USP, es mas de carácter social y académico, que económico.

IV. Conclusión y recomendaciones

Conclusiones

Se realizaron las mediciones de velocidad de viento. Luego de hacer su análisis, nos dieron como resultado una velocidad nominal de 5m/s y una dirección de viento entre SUR y SUR-SUROESTE.

Se diseñaron los aerogeneradores con una potencia nominal de 2.5 kW, un diámetro de rotor de 11.5 metros, una torre de 30 metros de altura, un valor de densidad de aire de 1.24 kg/m³ y una velocidad de arranque de 5m/s.

Se realizó la distribución de los aerogeneradores en el campus II de la UNIVERSIDAD PRIVADA SAN PEDRO de la forma más óptima, siguiendo todas las consideraciones al respecto. Teniendo, además, en cuenta que se pueden realizar otros proyectos en el mismo terreno.

Las características de los componentes eléctricos y de control de la micro central eólica son: la conexión en cuatro grupos de cinco aerogeneradores cada grupo. Una casa de fuerza con un total de 58 baterías para los 20

aerogeneradores y un regulador de carga para cada grupo de cinco aerogeneradores, que hacen un total de cuatro reguladores de carga.

Recomendaciones

Los datos de velocidad de viento deben ser obtenidos en el mayor tiempo posible como mínimo un año para proyectos de investigación de recursos eólicos.

Para realizar proyectos eólicos, se debe tener en consideración que la velocidad nominal de viento en la ciudad de Nuevo Chimbote a una altura de 30 metros es 5 m/s.

Se recomienda que cualquier proyecto de energía eólica que se de en el campus de la UPS, se realice en la parte más sur del terreno, para evitar los obstáculos. Los componentes eléctricos y de control son igual de importantes que los aerogeneradores en una central eólica, por lo tanto, es recomendable hacer un estudio detallado de estos, tal como se realizó en este proyecto.

Tener en cuenta que el micro central eólico de 50 kW diseñada en esta investigación, genera mayores impactos medioambientales positivos que negativos.

V. Dedicatoria.

A DIOS todo poderoso, quien siempre ilumina mi vida, llenando de bendiciones, perseverancia y la fuerza necesaria para seguir Adelante.

A MI MAMITA Melchora que está en mejor vida, me cuida y protege y sé que está muy orgullosa de mis logros y siempre estarás en mi corazón

A MIS PADRES; Mirian y Pedro, por haber confiado en mí como hijo y ahora como profesional, gracias por apoyarme siempre. Los quiero mucho.

A MIS PADRINOS; Mercedes y Alberto, gracias por sus consejos paciencia y apoyo. Los quiero mucho.

A MIS HERMANAS; Maddielyn, Marilyn y Nicol, a pesar de nuestras diferencias les agradezco su paciencia y apoyo. Las quiero.

A MI SOBRINO; Mauricio, siempre contarás con mi amor y apoyo incondicional. Te amo.

A MI ESPOSA; Sheryl, que durante todos estos años me brindó todo su amor, apoyo, paciencia y comprensión .Te amo

A MI HIJA Mikela; Aún a tus dos meses de vida, eres el motivo de mi felicidad y de seguir buscando lo mejor para ti, te agradezco por darme la motivación para concluir con éxito este proyecto de tesis Te amo.

Marlon García Zambrano.

VI. Agradecimiento.

A MI ALMA MATER UNIVERSIDAD SAN PEDRO y a los docentes que me guiaron y formaron con sus conocimientos durante la carrera profesional.

A MI ASESOR M.Sc. Chucuya Hualpachoque, Roberto Carlos., por su paciencia y guía en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Marlon García Zambrano.

VII. Bibliografía

Anchaluiza, M. (2007). Evaluación de una central experimental de energía eólica instalada en el cenae. Escuela superior politécnica del litoral. Tesis para obtener el título de ingeniero mecánico. Ecuador.

Benites, H., Calderón, H., Guevara, R., Rojas, A. (2004) Evaluación del potencial eólico en el campus de la universidad del santa y determinación de las características del aerogenerador a ser instalado. Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.

Baillarie, P. (2007). Diseño de aerogeneradores con imanes permanentes para aplicaciones en electrificación rural. Universidad de Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Electricista. Chile.

Bañuelos, F. (2011). Impacto de la generación eléctrica usando fuentes de energía eólica en la red eléctrica nacional. Universidad nacional autónoma de México. Tesis para obtener el grado de doctor en ingeniería. México.

Bayon, R., Cebadera, L., Del Castillo, R. (2009) Diseño de un parque eólico de 6 MW en Malpica de Bergantinos, La Coruna. Extraída el 18 de julio del 2014 desde:

http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:36150/componente36149.pdf.

Conrado, F. (s/a) .Cuanto cuesta un parque eólico? Extraída el 17 de Julio del 2014 desde:

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia61/HTML/articulo03.htm>.

Carta, J., Calero, R. Colmenar A., Castro M. (2009) Centrales de Energías renovables: generación eléctrica con energías renovables. España: Pearson Educación S.A.

Calderón, H. (2006) Diseño, calculo y selección de un aerogenerador. Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.

Celis, E. (2015) Alternadores, Descripción y Funcionamiento. Extraída el 19 de Julio del 2016 desde: <http://automecanico.com/auto2011/alt1.html>.

Cooperativa de Trabajo Indiel Ltda (2005) Manual de Taller, Alternadores 2004 - 2005. Extraída el 19 de Julio del 2016 desde:
<http://www.indiel.com.ar/images/catalogos/2010/manual%20de%20alternadores.pdf>.

Danish Wind Industry Association (2003) Descripciones de las Variaciones de Viento. Extraída el 17 de Julio del 2014 desde:
http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/es/tour/wres/weibull.htm.

Díaz, J. (2013). Diseño estructural de un aerogenerador para uso doméstico. Universidad autónoma de queretaro. Tesis para obtener el grado de licenciatura en diseño industrial. México.

Delta Volt SAC (s/a) Baterías para sistemas solares y eólicos. Extraída el 19 de Julio del 2016 desde: <http://deltavolt.pe/energia-renovable/baterias>.

Endesa Educa (s/a) Los Generadores Eléctricos. Extraída el 19 de Julio del 2016 Desde:http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptosbasicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores

Energía Solar Fotovoltaica (s/a) El Regulador de Carga. Extraída el 19 de Julio del 2016 desde: <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.pe/2006/01/el-regulador-decarga.html>.

Eggleston, D. & Stoddard, F. (1987). Wind Turbine Engineering Design. Nueva York: Van Nostrand Reinhold.

Gonzales, J. (2009) Energías Renovables. España: Editorial Reverte S.A.

Gaona, F. (2010). Diseño y construcción de un generador eléctrico para un aerogenerador de baja potencia. Tesis para obtener el título de Ingeniero electricista. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

Grupo de Tecnología Electronica (s/a) Rectificadores Controlados. Extraída el 18 de Julio del 2016 desde:

http://www.gte.us.es/~leopoldo/Store/tsp_13.pdf.

Inelsur (s/a) Teoría útil para electricistas. Extraída el 18 de Julio del 2016 desde:

<http://www.inselsur.es/02%20dinamos%20y%20motores%20cc.pdf>.

MecanEso (2005) Multiplicador. Extraída el 17 de Julio del 2016 desde:

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_eng_multiplicador.htm.

Ministerio de Energía y Minas (s/a) Atlas Eólico. Extraída el 17 de Julio del 2014 desde: <http://dger.minem.gob.pe/atlaseolico/PeruViento.html>.

Munguia, I. (2009) .Cuanta potencia desarrolla un aerogenerador? Xataka Ciencia. Extraída el 17 de Julio del 2014 desde:

<http://www.xatakaciencia.com/energia/cuanta-potencia-desarrolla-unaerogenerador-i>.

Perales, T. (2006) Guía del Instalador de Energías Renovables. México: Editorial Limusa S.A.

Rojas, A., Risco, F., Herrada, J. (2008) Evaluación del potencial eólico en el campus de la Universidad Nacional del Santa, distrito de Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.

Solener (Soluciones Energéticas S.A.) (s/a) Mini parque Eólico de 60 KW de Potencia en la Zona Sur de Madrid. Extraída el 18 de Julio del 2014 desde: <http://www.solener.com/index.html>.

Sebastián, E. (2012) Como trabaja un controlador de carga con los paneles solares fotovoltaicos. Extraída el 19 de Julio del 2016 desde: <http://www.reeditor.com/columna/4724/15/fisica/como/trabaja/controlador/carga/los/paneles/solares/fotovoltaicos>.

Suarez, P. (2010). Impacto de la generación eólica y solar en el sistema eléctrico baja california norte. Instituto politécnico nacional. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias en ingeniería eléctrica. México.

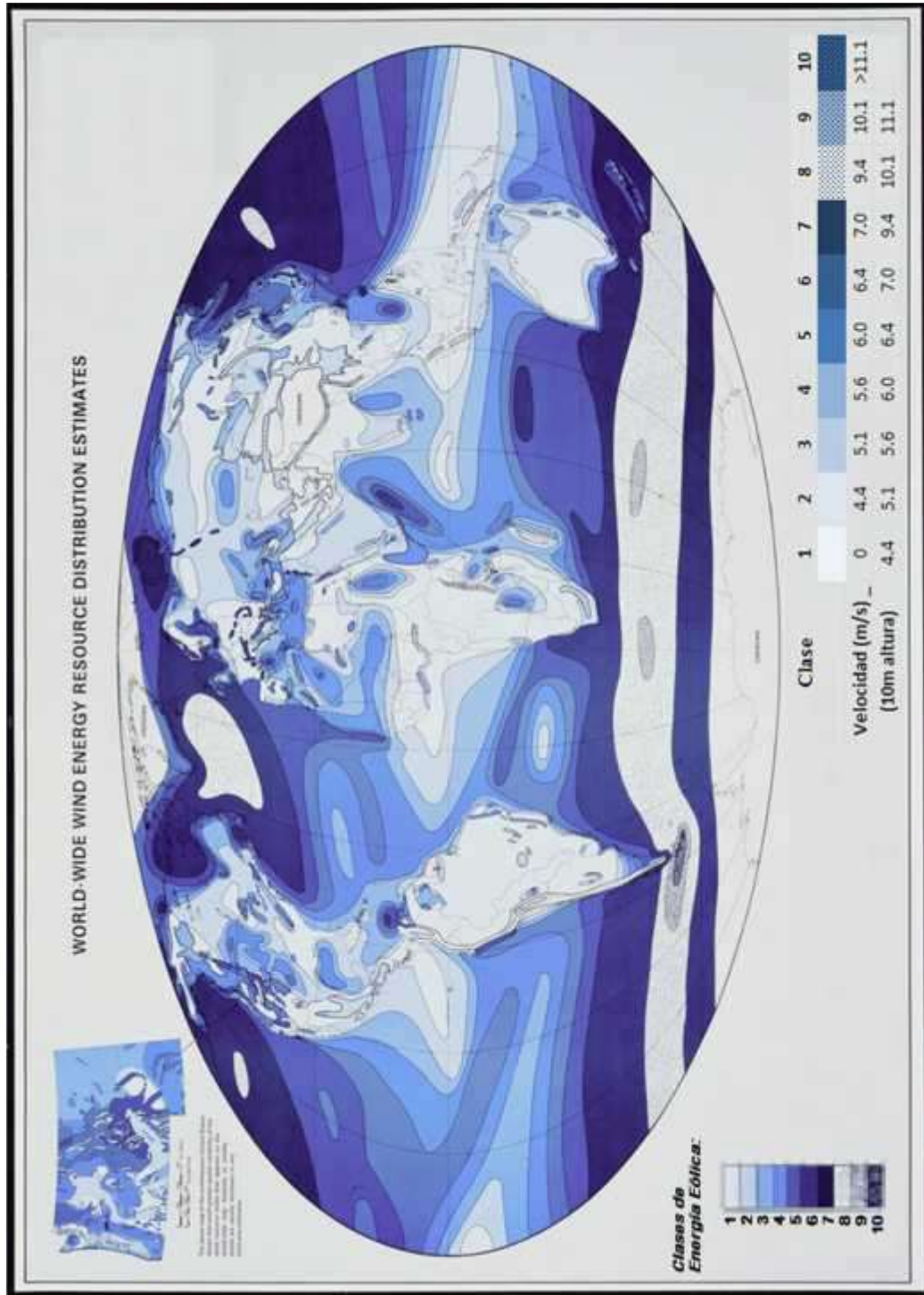
Universidad de Murcia (2004) Parque Eólico de 45 KW. Extraída el 18 de Julio del 2014 desde: <http://servicios.laverdad.es/servicios/web/argem05/suscr/nec2.htm>.

Wind Power Resource Assessment (s/a) Analisis de datos: Distribucion de Weibull. Extraída el 17 de Julio del 2014.

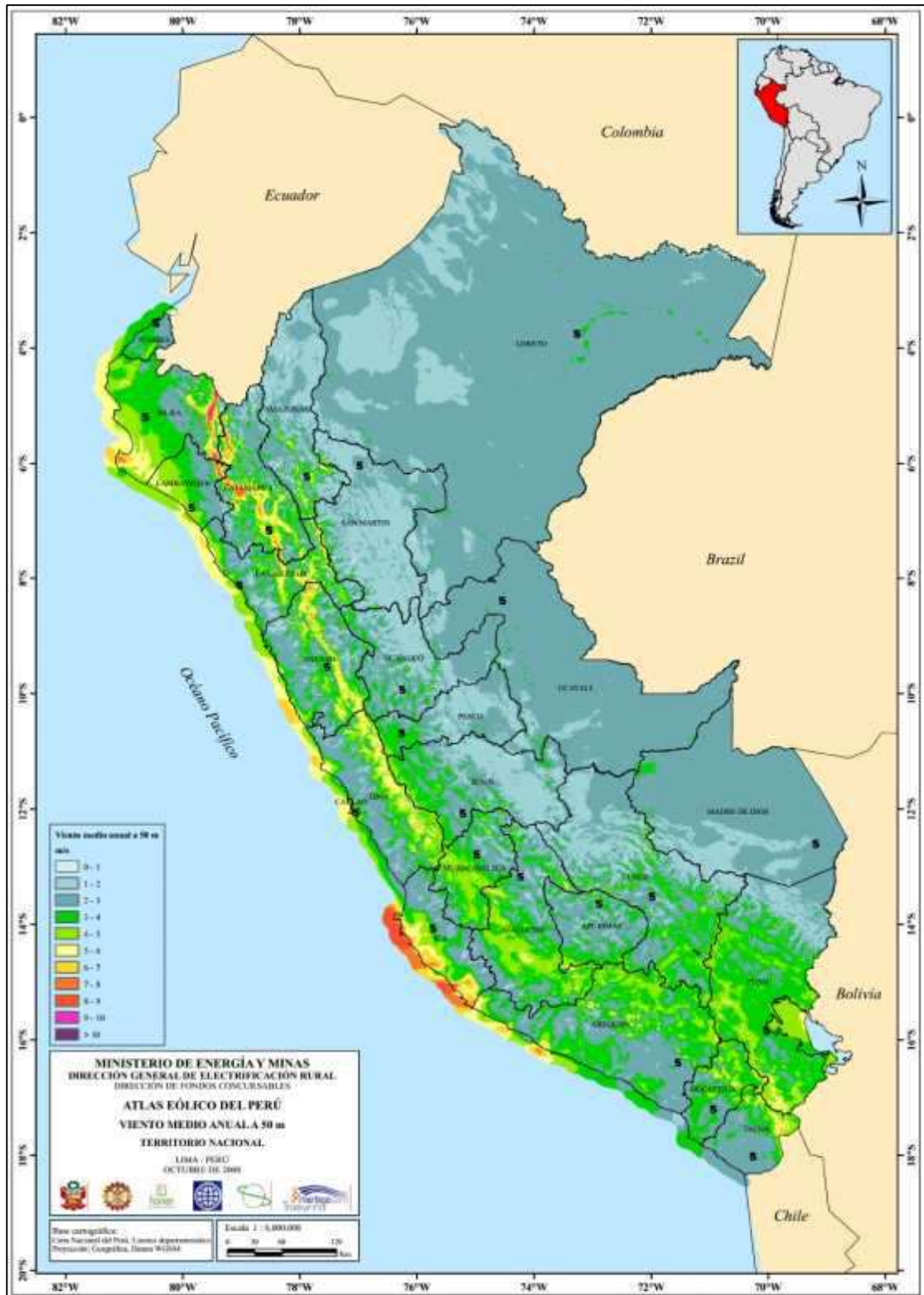
VIII. Anexos

Anexo 1. Distribucion estimada de la velocidad del viento en el mundo.

(FUENTE: US-DOE Y NRELL).



Anexo 2. Distribucion estimada de la velocidad del viento en el Perú.
(FUENTE: MINEM)



Anexo 3. Distribucion de las estaciones senamhi en chimbote.

(Fuente: SENAEMI, Mapa de Estaciones. Extraida el 24 de Noviembre del 2014 desde: http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_map_data_tesis.php?drEsta=02)



Mediciones realizadas del mes de abril, 2015.

Time	01 al 30 de abril del 2015												
	Velocidades Registradas (m/s)												
	0--1	1--2	2--3	3--4	4--5	5--6	6--7	7--8	8--9	9--10	10--11	11--12	12--13
12:30 AM	2	4	6	6	8	4	0	0	0	0	0	0	0
1:00 AM	3	3	7	6	6	4	1	0	0	0	0	0	0
1:30 AM	4	5	4	5	8	2	1	1	0	0	0	0	0
2:00 AM	6	3	2	6	8	3	1	1	0	0	0	0	0
2:30 AM	5	4	4	5	9	2	1	0	0	0	0	0	0
3:00 AM	6	6	5	4	5	3	0	1	0	0	0	0	0
3:30 AM	5	4	6	8	2	2	3	0	0	0	0	0	0
4:00 AM	7	3	9	4	1	4	2	0	0	0	0	0	0
4:30 AM	6	5	6	6	2	1	4	0	0	0	0	0	0
5:00 AM	12	2	3	6	3	2	2	0	0	0	0	0	0
5:30 AM	9	8	1	7	3	1	1	0	0	0	0	0	0
6:00 AM	12	3	5	2	6	2	0	0	0	0	0	0	0
6:30 AM	15	4	2	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0
7:00 AM	17	2	6	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
7:30 AM	15	8	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 AM	12	9	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
8:30 AM	6	12	7	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 AM	3	9	6	7	4	0	1	0	0	0	0	0	0
9:30 AM	0	3	6	7	10	2	0	1	1	0	0	0	0
10:00 AM	0	2	0	6	12	2	1	6	1	0	0	0	0
10:30 AM	0	1	1	2	4	8	6	3	5	0	0	0	0
11:00 AM	0	0	0	1	3	1	1	5	15	4	0	0	0
11:30 AM	0	0	0	0	0	2	2	0	11	10	3	2	0
12:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	10	6	6	6	2
12:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	5	8	8
1:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	7	10	8
1:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	8	4	14
2:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	9	11
2:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	7	11	8
3:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	10	11	3
3:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	12	4	5
4:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7	10	4	3
4:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	7	12	9	1	1
5:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	1	10	12	6	1	0
5:30 PM	0	0	0	0	0	1	1	4	16	8	0	0	0
6:00 PM	0	0	0	0	1	1	4	11	13	0	0	0	0
6:30 PM	0	0	0	0	2	1	7	12	7	1	0	0	0
7:00 PM	0	0	0	1	4	3	7	9	5	1	0	0	0
7:30 PM	0	1	0	0	6	6	8	5	4	0	0	0	0
8:00 PM	0	1	1	1	10	4	8	4	1	0	0	0	0
8:30 PM	1	1	1	5	7	6	3	2	4	0	0	0	0
9:00 PM	1	2	1	3	10	5	4	1	3	0	0	0	0
9:30 PM	1	3	2	6	6	4	4	2	1	1	0	0	0
10:00 PM	4	3	2	3	8	5	3	0	1	1	0	0	0
10:30 PM	3	4	5	4	6	5	1	1	1	0	0	0	0
11:00 PM	8	2	5	1	9	3	1	1	0	0	0	0	0
11:30 PM	3	6	5	4	10	1	1	0	0	0	0	0	0
12:00 AM	2	3	6	4	13	0	1	1	0	0	0	0	0
1440	168	126	122	135	196	92	80	72	130	96	89	71	63

Mediciones realizadas del mes de mayo, 2015.

Time	01 al 31 de mayo del 2015													
	Velocidades Registradas (m/s)													
	0--1	1--2	2--3	3--4	4--5	5--6	6--7	7--8	8--9	9--10	10--11	11--12	12--13	13--14
12:30 AM	2	1	1	4	12	8	1	1	1	0	0	0	0	0
1:00 AM	0	2	3	5	13	4	2	2	0	0	0	0	0	0
1:30 AM	2	3	2	5	12	3	2	1	1	0	0	0	0	0
2:00 AM	2	4	2	8	8	2	2	3	0	0	0	0	0	0
2:30 AM	3	6	3	5	9	1	3	1	0	0	0	0	0	0
3:00 AM	4	3	5	6	9	1	0	3	0	0	0	0	0	0
3:30 AM	5	5	3	2	11	1	4	0	0	0	0	0	0	0
4:00 AM	6	7	3	4	5	3	2	1	0	0	0	0	0	0
4:30 AM	5	9	3	2	5	5	0	2	0	0	0	0	0	0
5:00 AM	7	6	2	4	5	2	4	1	0	0	0	0	0	0
5:30 AM	9	5	1	4	6	3	3	0	0	0	0	0	0	0
6:00 AM	8	2	4	5	8	2	2	0	0	0	0	0	0	0
6:30 AM	9	3	4	4	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0
7:00 AM	8	2	6	7	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0
7:30 AM	10	5	6	2	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0
8:00 AM	8	4	8	2	4	3	1	1	0	0	0	0	0	0
8:30 AM	8	5	4	2	4	4	2	1	1	0	0	0	0	0
9:00 AM	3	8	6	1	7	1	2	1	1	1	0	0	0	0
9:30 AM	4	1	6	2	7	5	3	1	1	0	0	1	0	0
10:00 AM	1	2	2	4	8	2	4	3	4	1	0	0	0	0
10:30 AM	1	1	3	2	3	4	6	0	10	1	0	0	0	0
11:00 AM	0	1	2	1	5	1	4	5	6	3	3	0	0	0
11:30 AM	0	0	2	1	3	1	2	5	5	5	5	2	0	0
12:00 PM	0	0	0	1	2	3	3	6	2	4	3	6	1	0
12:30 PM	0	0	1	0	0	3	4	2	7	2	3	6	3	0
1:00 PM	0	0	0	0	1	1	3	2	5	5	4	6	4	0
1:30 PM	0	0	0	0	0	1	2	3	5	2	8	6	4	0
2:00 PM	0	0	0	0	0	1	1	1	7	2	6	8	5	0
2:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	3	7	2	6	7	5	1
3:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7	7	8	4	0
3:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	1	5	7	7	7	4	0
4:00 PM	0	0	0	0	0	0	0	1	6	12	7	3	2	0
4:30 PM	0	0	0	0	0	0	0	1	14	7	6	2	1	0
5:00 PM	0	0	0	0	0	0	1	1	19	6	3	1	0	0
5:30 PM	0	0	0	0	0	0	1	5	21	2	1	1	0	0
6:00 PM	0	0	0	0	0	2	3	10	14	1	1	0	0	0
6:30 PM	0	0	0	0	1	4	10	8	6	1	1	0	0	0
7:00 PM	0	0	0	0	4	5	6	9	5	1	1	0	0	0
7:30 PM	0	0	0	1	4	4	9	7	6	0	0	0	0	0
8:00 PM	0	0	1	0	3	7	9	6	5	0	0	0	0	0
8:30 PM	0	0	0	1	2	7	10	5	6	0	0	0	0	0
9:00 PM	0	0	0	1	6	6	6	4	8	0	0	0	0	0
9:30 PM	0	0	0	1	8	5	7	5	5	0	0	0	0	0
10:00 PM	0	0	0	1	10	6	7	5	2	0	0	0	0	0
10:30 PM	0	1	0	3	8	8	6	2	3	0	0	0	0	0
11:00 PM	0	0	3	0	13	12	1	1	1	0	0	0	0	0
11:30 PM	1	1	0	2	14	7	5	0	1	0	0	0	0	0
12:00 AM	2	1	0	2	15	6	3	1	1	0	0	0	0	0
1488	108	88	86	95	250	154	148	121	196	72	72	64	33	1

Mediciones realizadas del mes de junio, 2015.

Time	01 al 30 de junio del 2015												
	Velocidades Registradas (m/s)												
	0--1	1--2	2--3	3--4	4--5	5--6	6--7	7--8	8--9	9--10	10--11	11--12	12--13
12:30 AM	7	2	3	2	11	2	3	0	0	0	0	0	0
1:00 AM	7	4	1	3	10	4	0	1	0	0	0	0	0
1:30 AM	8	3	3	1	13	1	1	0	0	0	0	0	0
2:00 AM	7	4	3	6	8	1	1	0	0	0	0	0	0
2:30 AM	7	4	8	2	7	0	1	1	0	0	0	0	0
3:00 AM	8	5	4	8	3	2	0	0	0	0	0	0	0
3:30 AM	8	3	8	7	2	2	0	0	0	0	0	0	0
4:00 AM	7	5	8	4	5	0	1	0	0	0	0	0	0
4:30 AM	10	5	6	5	3	0	0	1	0	0	0	0	0
5:00 AM	10	7	6	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5:30 AM	12	7	6	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 AM	12	9	5	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
6:30 AM	15	6	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 AM	14	5	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7:30 AM	11	8	5	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 AM	8	8	7	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
8:30 AM	9	7	6	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00 AM	4	10	7	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0
9:30 AM	5	7	6	4	3	4	1	0	0	0	0	0	0
10:00 AM	2	6	7	4	5	2	2	1	1	0	0	0	0
10:30 AM	2	4	3	8	5	1	4	1	2	0	0	0	0
11:00 AM	1	1	4	7	7	3	1	4	1	1	0	0	0
11:30 AM	1	1	3	1	13	3	0	2	4	0	1	1	0
12:00 PM	1	1	1	2	5	6	6	2	3	1	1	1	0
12:30 PM	1	1	1	1	4	4	4	7	3	1	1	1	1
1:00 PM	1	0	0	0	5	4	2	4	10	2	0	0	2
1:30 PM	1	0	0	0	6	2	2	1	14	1	1	1	1
2:00 PM	1	0	0	2	2	3	1	4	10	3	1	2	1
2:30 PM	1	0	0	0	3	3	2	3	9	5	2	1	1
3:00 PM	1	0	0	0	2	1	2	3	11	4	5	0	1
3:30 PM	1	0	0	0	2	0	0	1	18	3	4	0	1
4:00 PM	1	0	0	0	1	1	0	2	16	5	2	1	1
4:30 PM	1	0	0	1	1	0	1	2	14	5	3	2	0
5:00 PM	1	0	0	0	1	1	0	3	17	6	1	0	0
5:30 PM	1	0	0	0	1	1	1	11	12	3	0	0	0
6:00 PM	1	0	0	0	1	1	8	10	8	1	0	0	0
6:30 PM	1	0	0	0	2	4	10	9	4	0	0	0	0
7:00 PM	1	0	0	0	7	6	8	3	5	0	0	0	0
7:30 PM	1	0	0	0	10	4	7	6	2	0	0	0	0
8:00 PM	1	0	0	0	12	4	5	4	4	0	0	0	0
8:30 PM	1	0	0	1	11	8	4	3	2	0	0	0	0
9:00 PM	1	1	4	4	4	7	6	1	2	0	0	0	0
9:30 PM	2	0	4	4	7	7	4	2	0	0	0	0	0
10:00 PM	3	4	1	3	9	5	3	2	0	0	0	0	0
10:30 PM	3	1	6	2	10	6	2	0	0	0	0	0	0
11:00 PM	5	1	4	4	8	3	5	0	0	0	0	0	0
11:30 PM	5	3	3	4	9	4	1	1	0	0	0	0	0
12:00 AM	8	2	3	3	8	4	1	1	0	0	0	0	0
1440	220	135	144	128	247	115	101	96	172	41	22	10	9

Mediciones realizadas del mes de julio, 2015.

Time	01 al 31 de julio del 2015												
	Velocidades Registradas (m/s)												
	0--1	1--2	2--3	3--4	4--5	5--6	6--7	7--8	8--9	9--10	10--11	11--12	12--13
12:30 AM	9	2	4	4	8	2	1	1	0	0	0	0	0
1:00 AM	9	5	4	4	6	1	1	0	1	0	0	0	0
1:30 AM	10	6	5	2	5	1	0	1	1	0	0	0	0
2:00 AM	9	7	5	2	6	0	0	1	1	0	0	0	0
2:30 AM	10	5	4	4	3	3	1	1	0	0	0	0	0
3:00 AM	7	6	5	5	5	2	1	0	0	0	0	0	0
3:30 AM	9	7	2	5	3	2	2	1	0	0	0	0	0
4:00 AM	9	6	3	7	3	1	2	0	0	0	0	0	0
4:30 AM	10	6	7	5	1	0	1	1	0	0	0	0	0
5:00 AM	9	10	6	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0
5:30 AM	14	8	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00 AM	15	6	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
6:30 AM	14	8	5	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00 AM	14	5	7	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
7:30 AM	12	6	11	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00 AM	13	9	5	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0
8:30 AM	13	7	5	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0
9:00 AM	10	6	5	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0
9:30 AM	7	7	5	5	5	1	1	0	0	0	0	0	0
10:00 AM	6	6	6	3	8	1	0	0	1	0	0	0	0
10:30 AM	7	2	5	3	8	4	1	0	1	0	0	0	0
11:00 AM	4	2	6	3	6	2	4	3	1	0	0	0	0
11:30 AM	4	2	4	3	5	4	1	3	4	1	0	0	0
12:00 PM	3	1	3	4	4	3	3	4	3	1	2	0	0
12:30 PM	3	0	1	2	6	2	2	5	5	4	0	1	0
1:00 PM	2	1	0	1	5	3	2	1	8	3	3	2	0
1:30 PM	2	1	0	0	4	3	2	2	9	2	3	3	0
2:00 PM	2	0	1	0	1	2	2	2	12	2	4	1	2
2:30 PM	2	0	0	1	0	1	1	2	13	4	3	4	0
3:00 PM	2	0	0	0	1	0	0	5	6	9	5	1	2
3:30 PM	2	0	0	0	1	0	2	3	7	5	9	1	1
4:00 PM	2	0	0	0	0	1	1	2	9	8	6	1	1
4:30 PM	2	0	0	0	0	0	2	2	11	7	5	2	0
5:00 PM	2	0	0	0	0	0	2	3	13	9	2	0	0
5:30 PM	2	0	0	0	0	1	3	5	15	5	0	0	0
6:00 PM	2	0	0	0	1	2	4	9	12	1	0	0	0
6:30 PM	2	0	0	0	1	7	9	7	4	1	0	0	0
7:00 PM	2	0	0	0	8	5	8	5	3	0	0	0	0
7:30 PM	2	0	0	1	10	7	7	2	2	0	0	0	0
8:00 PM	2	0	0	4	10	6	2	4	3	0	0	0	0
8:30 PM	2	0	0	2	12	7	2	2	4	0	0	0	0
9:00 PM	2	0	1	3	14	2	4	4	1	0	0	0	0
9:30 PM	2	0	2	4	12	4	4	3	0	0	0	0	0
10:00 PM	3	1	1	5	15	1	3	2	0	0	0	0	0
10:30 PM	5	0	2	6	12	5	1	0	0	0	0	0	0
11:00 PM	6	2	5	6	9	2	1	0	0	0	0	0	0
11:30 PM	6	3	5	5	10	0	1	1	0	0	0	0	0
12:00 AM	9	1	4	5	10	0	1	1	0	0	0	0	0
1488	295	144	142	122	245	90	86	88	150	62	42	16	6

Mediciones realizadas del mes de agosto 2015.

Time	01 al 31 de agosto del 2015											
	Velocidades Registradas (m/s)											
	0--1	1--2	2--3	3--4	4--5	5--6	6--7	7--8	8--9	9--10	10--11	11--12
12:30 AM	2	5	4	11	4	2	3	0	0	0	0	0
1:00 AM	5	5	3	4	10	2	2	0	0	0	0	0
1:30 AM	8	3	0	8	9	1	2	0	0	0	0	0
2:00 AM	8	4	3	4	11	1	0	0	0	0	0	0
2:30 AM	9	8	4	5	3	2	0	0	0	0	0	0
3:00 AM	10	3	7	5	5	0	1	0	0	0	0	0
3:30 AM	6	11	6	4	3	0	0	0	1	0	0	0
4:00 AM	7	9	5	5	4	0	0	0	1	0	0	0
4:30 AM	5	10	8	5	2	0	0	1	0	0	0	0
5:00 AM	7	4	8	8	4	0	0	0	0	0	0	0
5:30 AM	6	12	4	8	1	0	0	0	0	0	0	0
6:00 AM	8	9	8	3	3	0	0	0	0	0	0	0
6:30 AM	7	11	7	5	1	0	0	0	0	0	0	0
7:00 AM	14	5	7	2	2	1	0	0	0	0	0	0
7:30 AM	14	5	5	3	3	0	0	1	0	0	0	0
8:00 AM	12	10	3	4	1	0	1	0	0	0	0	0
8:30 AM	9	11	3	4	3	0	0	1	0	0	0	0
9:00 AM	5	11	5	3	6	1	0	0	0	0	0	0
9:30 AM	4	8	6	6	6	1	0	0	0	0	0	0
10:00 AM	3	4	7	6	9	1	1	0	0	0	0	0
10:30 AM	0	1	9	6	8	4	3	0	0	0	0	0
11:00 AM	0	1	3	6	10	4	5	0	2	0	0	0
11:30 AM	0	1	1	3	11	5	4	2	4	0	0	0
12:00 PM	0	1	1	3	6	4	4	6	5	1	0	0
12:30 PM	0	0	0	2	5	6	2	7	7	1	1	0
1:00 PM	0	0	0	2	3	3	5	6	10	2	0	0
1:30 PM	0	0	0	0	3	3	3	6	11	5	0	0
2:00 PM	0	0	0	0	1	3	4	1	13	6	3	0
2:30 PM	0	0	0	0	1	0	5	5	11	6	3	0
3:00 PM	0	0	0	0	0	1	1	3	19	5	1	1
3:30 PM	0	0	0	0	0	0	1	4	14	10	2	0
4:00 PM	0	0	0	0	0	0	1	3	21	4	2	0
4:30 PM	0	0	0	0	0	0	1	6	17	6	0	1
5:00 PM	0	0	0	0	0	0	1	10	18	1	1	0
5:30 PM	0	0	0	0	0	2	6	10	13	0	0	0
6:00 PM	0	0	0	0	1	4	10	10	6	0	0	0
6:30 PM	0	0	0	0	3	12	10	5	1	0	0	0
7:00 PM	0	0	0	0	7	11	8	3	2	0	0	0
7:30 PM	0	0	0	0	14	5	8	4	0	0	0	0
8:00 PM	0	0	0	1	15	4	7	2	2	0	0	0
8:30 PM	0	0	2	1	15	4	6	1	2	0	0	0
9:00 PM	0	0	1	5	11	5	6	3	0	0	0	0
9:30 PM	0	0	1	4	14	6	5	1	0	0	0	0
10:00 PM	0	0	4	3	12	7	2	3	0	0	0	0
10:30 PM	0	1	2	6	11	6	3	2	0	0	0	0
11:00 PM	1	1	2	8	12	6	1	0	0	0	0	0
11:30 PM	2	1	5	2	16	4	1	0	0	0	0	0
12:00 AM	3	2	3	8	14	1	0	0	0	0	0	0
1488	155	157	137	163	283	122	123	106	180	47	13	2

Anexo 5. Modelos de aerogeneradores mencionados en la tabla 073.

Anexo 5.1. Micro Aerogenerador GH-25kW. (Fuente: Aliexpress. Extraída el 24 de octubre del 2016 desde: http://es.aliexpress.com/store/product/Photosynthetic-2500W-wind-generator-windmillwind-turbine-power-generation-system-2-5KW-generator-home/1298246_32329271266.html)



Modelo	GH-2.5KW
Tensión nominal (v_{DC})	230/115
Potencia nominal (kw)	3
Diámetro de la rueda de viento (m)	4.2
Cuchillas	3
Velocidad del viento de seguridad (m/s)	50
Velocidad de arranque del viento (m/s)	4
Velocidad del viento (m/s)	12
Corte en la velocidad del viento (m/s)	Cuarenta y cinco
Velocidad del recorte de viento (m/s)	40
Peso corporal (kg)	320
Modo de velocidad	Paso
Temperatura máxima (°C)	75
Temperatura ambiente (°C)	-30 a 50

Anexo 5.2. Micro Aerogenerador Yaneng 2500W. (Fuente: Made-In-China, Shandong Yaneng New Energy Equipment Co., Ltd. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde: http://es.made-inchina.com/co_taylorgao2014/product_Yaneng-2500W-Wind-Turbine-2-5kw-Home-Wind-Power-Generator_ehuygihrg.html)

Parámetros: La turbina de viento de Yaneng 2500W	
Diámetros de la rueda de viento	los 3.8m para el lugar bajo del viento
Material de láminas	FRP reforzado
Número de las láminas	3
Longitud de las láminas	1850mm
RPM	400r/min
Velocidad del viento clasificada	9m/s
Comenzar para arriba la velocidad del viento	3m/s
Velocidad del viento de trabajo	3-20m/s
Velocidad del viento de la supervivencia	40m/s
Estilo del generador	generador de imán permanente de la CA de 3 fases
Grado de generador	IP54
Material del generador	Acero/aluminio
Energía clasificada	2500w
La energía máxima	3000w
Voltaje de funcionamiento	24vdc-240vdc
Comenzar la toca	los 2.2n/m
Control de velocidad	Electromagnetic+yaw
Parar el método	Freno electromagnético del manual de brake+
La altura de la torre	los 8m
Batería necesaria	12V150ah, 8pcs



Anexo 5.3. Micro Aerogenerador Solardyne ARE110. (Fuente: Solardyne. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde: <http://www.solardyne.com/arewige25kww.html>)



**2.5 Kw Wind Generator
Includes Net-Metering
Inverter 3.3 Kw**

The ARE110 wind generator is rated at 2.5 Kw at 25 mph wind speed. This machine comes in two models: Net-metering, or 48 volt battery charging (please select below). For Net-metering loads over 1,000 Kwh/month this machine is a great choice for turning your electric meter backward.

Rotor Diameter: 3.6 meters (11.8 feet)

Swept Area: 10.1 square meters (110 square feet)

Configuration: 3-Blade upwind with side furling

Cut-In Wind Speed: 2.5 m/s (6 mph)

Voltage Options: 48 VDC or Grid-Tie

Tower-Top Weight: 315 lbs.

Grid-Tie Wind Generator includes wind turbine, slip rings WB330OU (3.3 Kw) inverter, voltage clamp and diversion load.

INCLUDES 5-Year Limited Warranty

Tower Options: 43 feet, 64 feet, 85 feet, 106 feet (not included).

Energy Production:

If your average annual wind speed is 10 mph then this machine would expect to produce, on average, 260 Kwh/month.

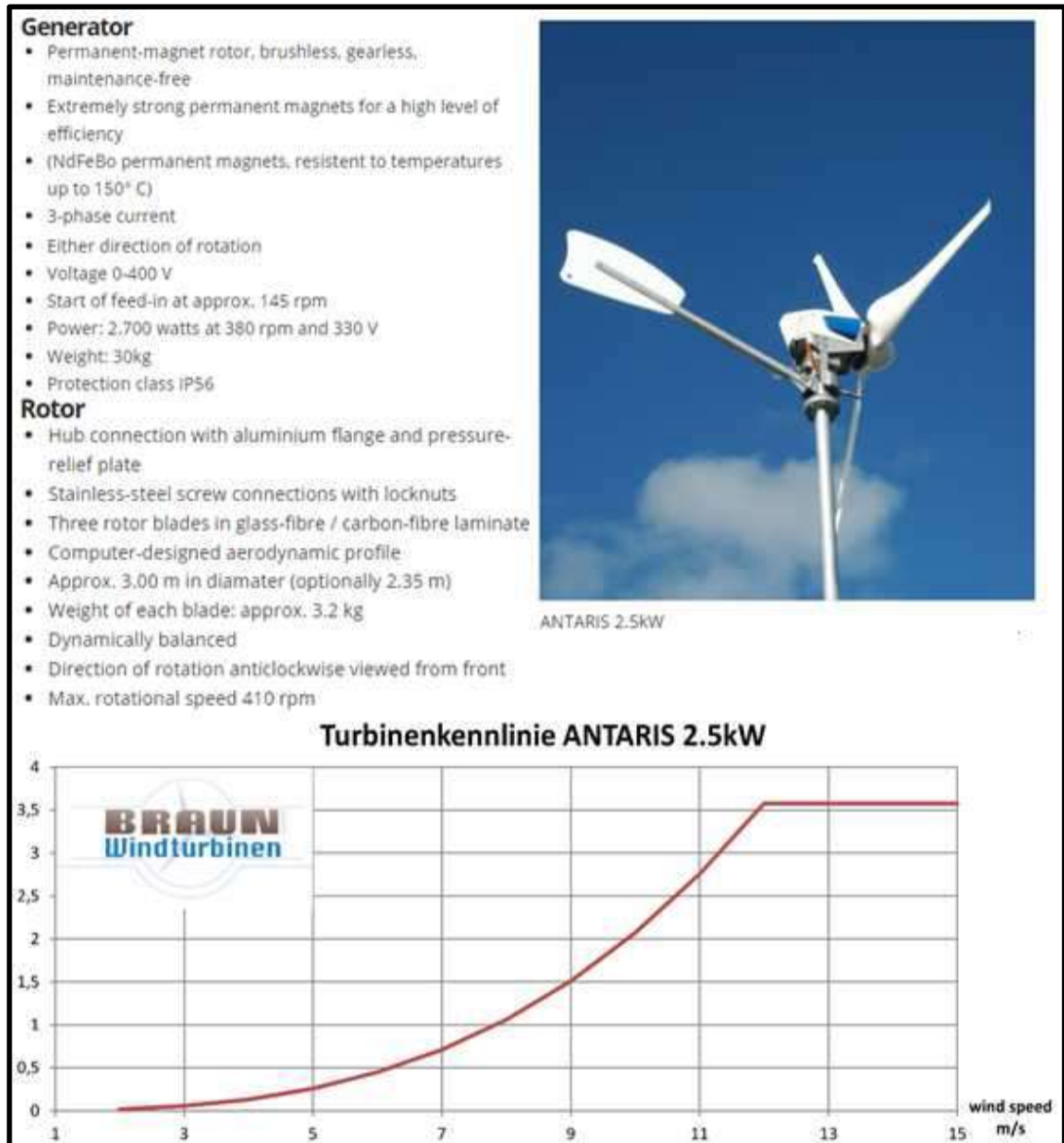
If your average wind speed is 12 mph, then average energy production is approximately 420 Kwh/month.

If your average wind speed is 14 mph, then average energy production is estimated at 582 Kwh/month.

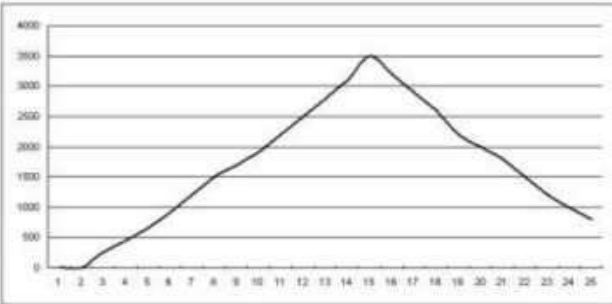

Anexo 5.4. Micro Aerogenerador Antaris 2.5kW. (Fuente: Braun Windturbinen.

Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde:

<http://www.braun-windturbinen.com/products/antaris-small-windturbines/antaris-2-5-kw/>)



Anexo 5.5. Micro Aerogenerador FD3.8 - 2.5kW. (Fuente: Shandong Huaya Industry Co., Ltd. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde: http://www.huayaturbine.com/te_product_a/2008-04-09/21.shtml)

Name:	2.5kw wind turbine	
Model:	FD3.8-2.5kw	
Brief:	2.5kw wind turbine on/off grid working system	
		
HAWT FD3.8-2.5KW @360rpm		
RATED POWER	2500w	
MAX. POWER	3500w	
ROTOR DIAMETER	3.8m	
BLADE NUMBER	3pcs	
CUT IN SPEED	3m/s(6.7mph)	
RATED SPEED	12m/s	
MAX. WIND SPEED	50m/s	
SWEPT AREA	11.3m ²	
START TORQUE	1.5n/m	
VOLTAGE OUTPUT	48v/500vdc-110/220vac at 50/60hz	
TOWER-UP WEIGHT	110kgs	
GENERATOR	Permanent-magnets ;3 phases; AC	
BLADES	Polyester resin reinforced with fiber glass	
TYPE	Up-wind horizontal rotor	
SPEED REGULATION	Electromagnetic brake +Yawing	
STOP METHOD	Electromagnetic brake	
NOISE	32db from 60m with a wind speed of 8m/s	
ANNUAL PRODUCTION	2500-7500kwh	
CO2 SAVED	1962-5888kg	

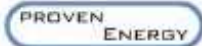
Anexo 5.6. Micro Aerogenerador Proven2.5. (Fuente: Angel Wind Energy. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde: <http://www.angelwindenergy.com/proven25.html>)


Proven 2.5

Generates 2.5kW, and is a similar height to a telephone pole. The Proven 2.5 can make a substantial contribution to the power required by electrical appliances in a standard 3 bedroom house (excluding heating). The robust 2.5 is also ideal for small lighting systems and remote power.

MODEL PROVEN 2.5 (2.5kW)

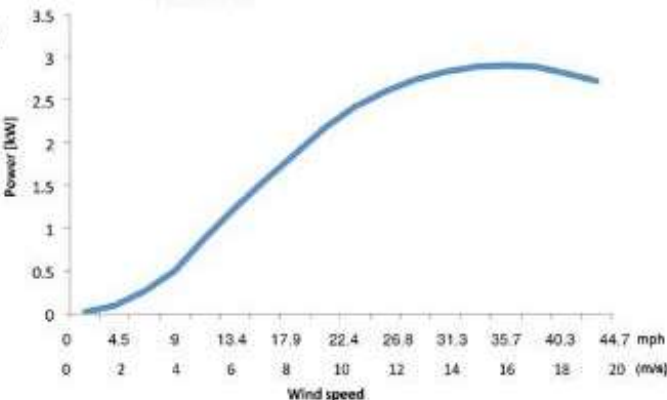
Cut In mph (m/s)	5.6 (2.5)
Cut Out mph (m/s)	None
Survival mph (m/s)	156.6 (70)
Rated mph (m/s)	26.9 (12)
Rotor Type	Downwind, Self Regulating
No. of Blades	3
Blade Material	Polypropylene
Rotor Diameter ft (m)	11.5 (3.5)
Generator Type	Brushless, Direct Drive, Permanent Magnet
Battery charging	24 or 48V DC
Grid connect with	
Windy Boy Inverter	230Vac 50Hz or 240 Vac 60Hz
Direct Heating	240Vac
Rated RPM	300
Annual Output	2,500-5,000 kWh
Head Weight lbs (Kg)	418.9 (190)
Mast Type	Tilt-up, tapered, self-supporting, no guy wires (Taller guyed towers also available on request)
Hub Height ft (m)	21.3 or 36.1 (6.5 or 11)
Turbine Foundation ft (m)	5.2x5.2x3.3 or 8.2x8.2x3.3 (1.6x1.6x1 or 2.5x2.5x1)
Winch Founddation ft (m)	2.1x2.1x2.1 or 3.3x3.3x3.3 (.65x.65x.65 or 1x1x1)
Tower Weight ft (m)	531.3 or 981 (241 or 445)
Mechanical Brake	Yes
Noise @ 11.1mph 5(m/s)	40dBA
Noise @ 44.7mph 20(m/s)	60 dBA
Rotor Thrust (kN)	5





In winds of above 12m/s or 25mph, the Proven's blades twist to limit power in response to high rpm. This unique way of dealing with high winds not only protects the unit, but allows it to produce power in the most extreme winds.

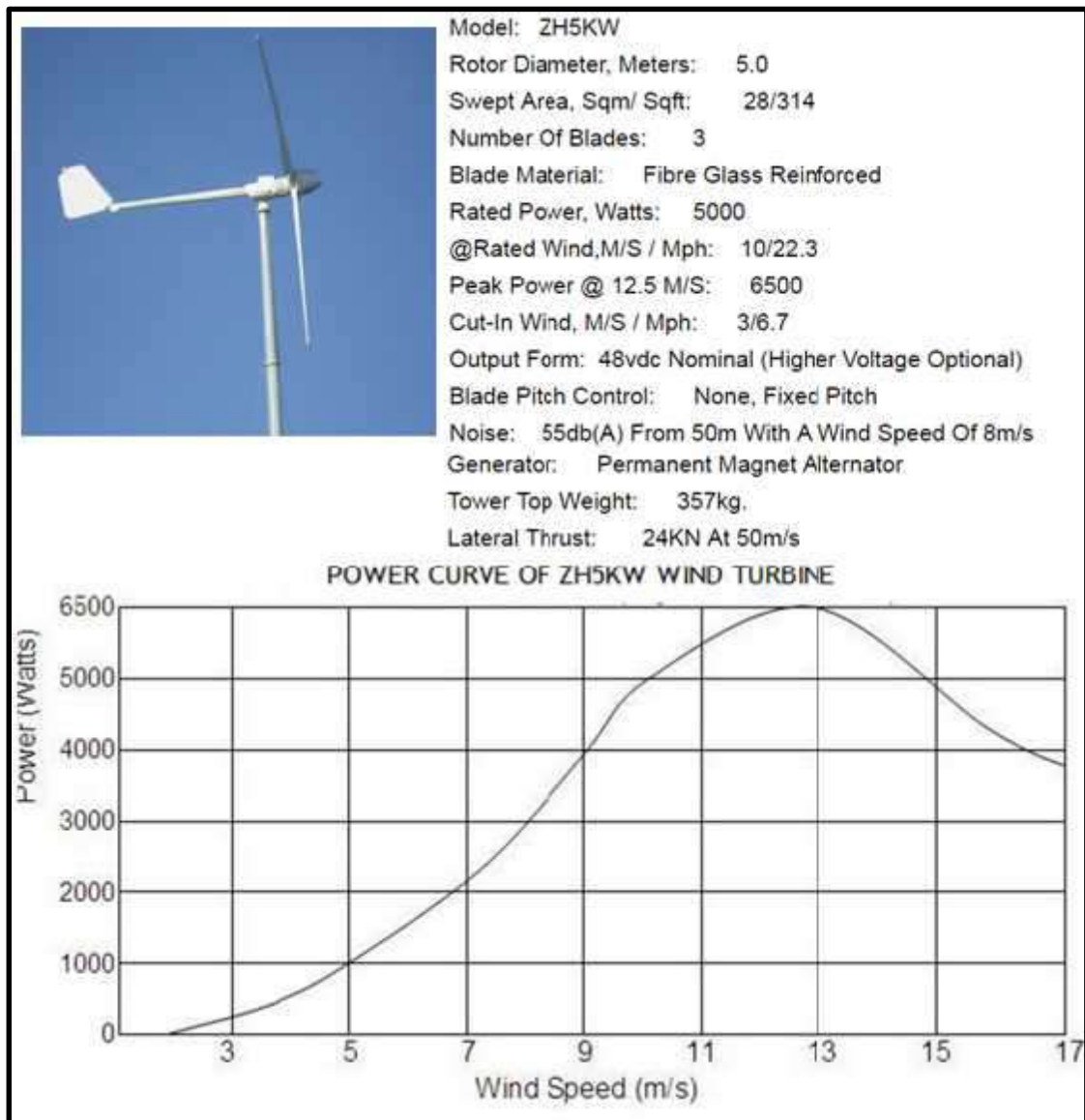
Power curve



Wind Speed (m/s)	Wind Speed (mph)	Power (kW)
0	0	0.0
2.5	5.6	0.0
5.0	11.2	0.1
7.5	16.8	0.5
10.0	22.4	1.2
12.5	28.0	2.0
15.0	33.6	2.6
16.0	35.7	2.8
18.0	40.3	2.7
20.0	44.7	2.6

80

Anexo 5.7. Micro Aerogenerador Zonhan ZH5kW. (Fuente: Made-in-China, Yueqing Zonhan Windpower Co., Ltd. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde: <http://zhwind.en.made-inchina.com/product/KoLnVukTfOcF/China-5kw-48V-Wind-Turbine-Generator-ZH5KW-48V-.html>)



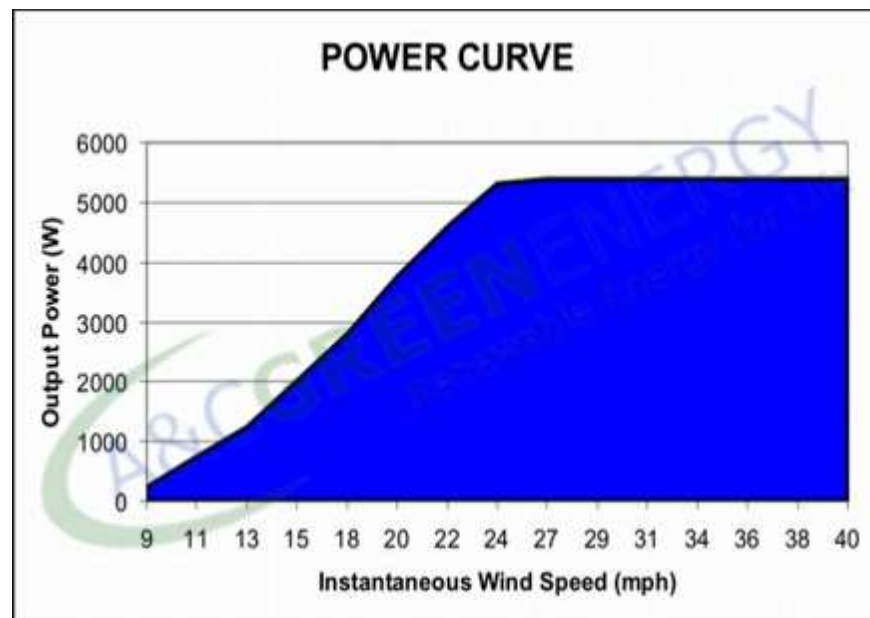
Anexo 5.8. Micro Aerogenerador Talon 5kW. (Fuente: A&C Green Energy. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde:

http://www.acgreenenergy.com/TALON5_downwind_system.php)

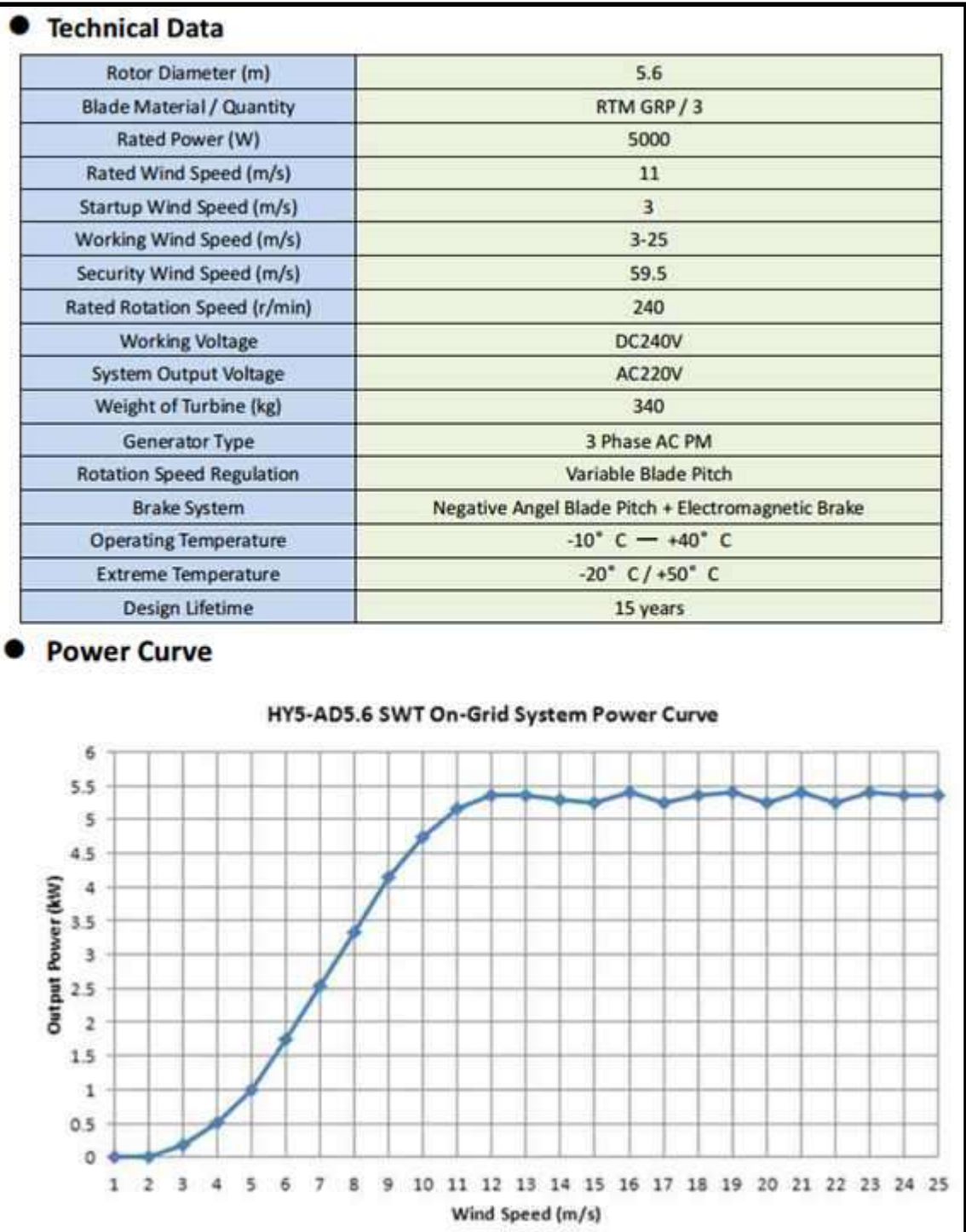


Technical Specifications

Rotor Diameter	18.4 feet
Generator Weight	748 LB (340KG)
Rated Power	5 KW
Peak Power	5.4 KW
Rated Wind Speed	24.6 mph
Startup Wind Speed	6.7 mph
Working Wind Speed	9 mph-56 mph
Survival Wind Speed	112 mph
Rated RPM	240 RPM
Blades	3 Reinforced Fiberglass
Speed Regulation	Passive Variable Pitch & Electromagnetic Brake
Shutdown Mechanism	Manual / Electric Winch
Output/Month	3,660 KWH
Output/Month at 12.5mph	780 KWH



Anexo 5.9. Micro Aerogenerador HY5 – AD5.6 SWT. (Fuente: All Small Wind Turbines. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde: http://www.allsmallwindturbines.com/images/uploads/turbine_brochures/turbine_brochure_299.pdf)



Anexo 5.10. Micro Aerogenerador Eoltec 6kW. (Fuente: European Urban Wind Turbine Manufacturers. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde: http://www.urbanwind.net/pdf/CATALOGUE_V2.pdf)

Eoltec
HAWT from 6 kW to 250 kW.

Contact name: Thomas Schulthess
Address: 455, promenade des Anglais, 06299 Nice
Telephone: +33 6 85 30 35 05
Country : **France**

Eoltec Sirocco 6 kW references

Site	Use	Country
Nice	Demonstration turbine connected to the grid	France
Orkney Island	Extreme winds test site	UK
	Hybrid electrification stand-alone or grid-tied, water pumping, heating,....	4 continents

Sirocco/ 6 kW



Technical information

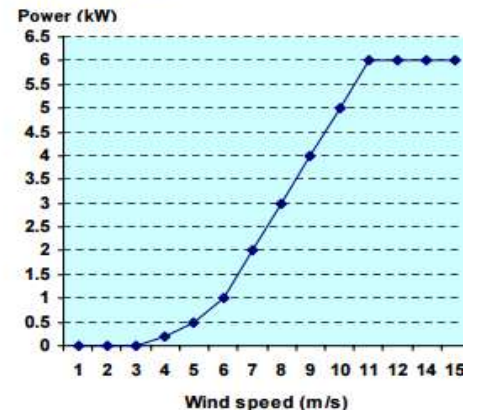
POWER		Unit
1) Rated power	6	kW
2) Rated wind speed	12	m/s
3) Cut-in wind speed	4	m/s
4) Cut-out wind speed	None	m/s
5) Maximum wind speed the turbine can withstand	216	Km/h
DIMENSIONS		
6) Rotor weight (+ generator)	202	kg
7) Rotor diameter	5,6	m
8) Rotor height (for VAWT only)		m
9) Swept area	24,7	m ²
10) Height of the mast	18/24/30	m
OTHER INFORMATION		
11) Maximum rpm	245	At rated wind speed
12) Gear box type		
13) Brake system	Optional remote control at tower base	
14) Number of blades	2	
15) Blades material	Composite fibre glass	
16) Output voltage	230	V
17) Minimum operation temperature	- 40	°C
18) Maximum operation temperature	+ 50	°C
19) Acoustic levels at a distance of 20 m ? at nacelle ? (wind = 5 m/s)	65	DB
20) Lifetime	25	Years
21) Is the machine self-starting	Yes	
22) Use of an asynchronous generator	No	
23) Yaw control system	Wind vane	
24) Upwind or downwind	Upwind turbine	

Calculated power curve

Wind speed (m/s)	Power (kW)
1	0
2	0
3	0
4	0,2
5	0,5
6	1,1
7	1,8
8	2,7
9	3,8
10	5
11	5,7
12	6
13	6
14	6
15	6

Inland site, altitude 300 m, 18 m tower
Rayleigh distribution (k= 2)
Shear ratio 0,143 / Turbulence factor 10 %

Power curve:



Anexo 5.11. Micro Aerogenerador Bornay 6000. (Fuente: Bornay. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde:
http://www.urbanwind.net/pdf/CATALOGUE_V2.pdf)

Eoltec

HAWT from 6 kW to 250 kW.

Contact name: Thomas Schulthess
 Address: 455, promenade des Anglais, 06299 Nice
 Telephone: +33 6 85 30 35 05
 Country : **France**

Eoltec Wind runner 25 kW references

Site	Use	Country
Orkney Island	Prototype	UK

Wind Runner/ 25 kW



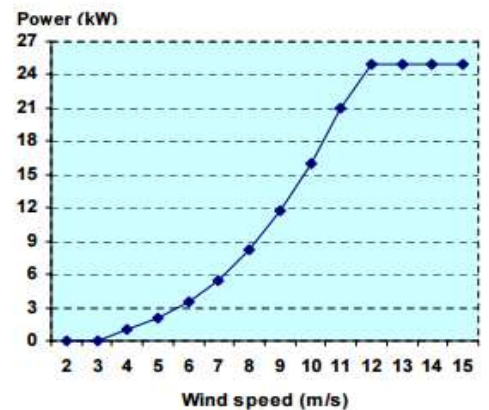
Technical information

POWER		Unit
1) Rated power	25	kW
2) Rated wind speed	12	m/s
3) Cut-in wind speed	3	m/s
4) Cut-out wind speed	None	m/s
5) Maximum wind speed the turbine can withstand	216	Km/h
DIMENSIONS		
6) Rotor weight (+ generator)	620	kg
7) Rotor diameter	10	m
8) Rotor height (for VAWT only)		m
9) Swept area	78,6	m ²
10) Height of the mast	18/24/32	m
OTHER INFORMATION		
11) Maximum rpm	140	At rated wind speed
12) Gear box type	none – direct drive	
13) Brake system	Optional remote control (blades stalling)	
14) Number of blades	2	
15) Blades material	Composite fiber glass	
16) Output voltage	400	V
17) Minimum operation temperature	- 40	°C
18) Maximum operation temperature	+ 50	°C
19) Acoustic levels at a distance of 20 m ? at nacelle ? (wind = 5 m/s)	65	DB
20) Lifetime	25	Years
21) Is the machine self-starting	Yes	
22) Use of an asynchronous generator	No	
23) Yaw control system	Wind vane	
24) Upwind or downwind	Upwind turbine	

Calculated power curve

Wind speed (m/s)	Power (kW)
1	0
2	0
3	0.5
4	1
5	2
6	3.5
7	5.5
8	8.2
9	11.7
10	16
11	21
12	25
13	25
14	25
15	25

Power curve:



Anexo 5.12. Micro Aerogenerador Bornay 6000. (Fuente: Bornay. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde:

<http://www.bornay.com/es/productos/aerogeneradores/aerogeneradores-bornay>)



Aerogenerador Bornay 6000

Componentes del aerogenerador

Junto a esta documentación, dentro del embalaje original, encontrará el siguiente material, el cual puede estar ensamblado en parte:

- 1 Timón de orientación
- 1 Tubo Cola
- 1 Carcasa protectora
- 1 Alternador
- 1 Buje
- 3 Palas
- 1 Cono frontal
- 1 Juego tornillería
- 1 Pletina fijación torre
- 1 Cuadro control / Regulador.



Bornay 6000

Especificaciones técnicas

Número de hélices	3
Diámetro	4 mts.
Material	Fibra de vidrio / carbono
Dirección de rotación	Anti-horaria

Especificaciones eléctricas

Alternador	Trifásico de imanes permanentes
Imanes	Neodimio
Potencia nominal	6000 W
Voltaje	48, 120 v.
RPM	@ 600
Regulador	48v 150 Amp 120v Conexión a red

Velocidad de viento

Para arranque	3,5 m/s
Para potencia nominal	12 m/s
Para frenado automático	14 m/s
Máxima	60 m/s

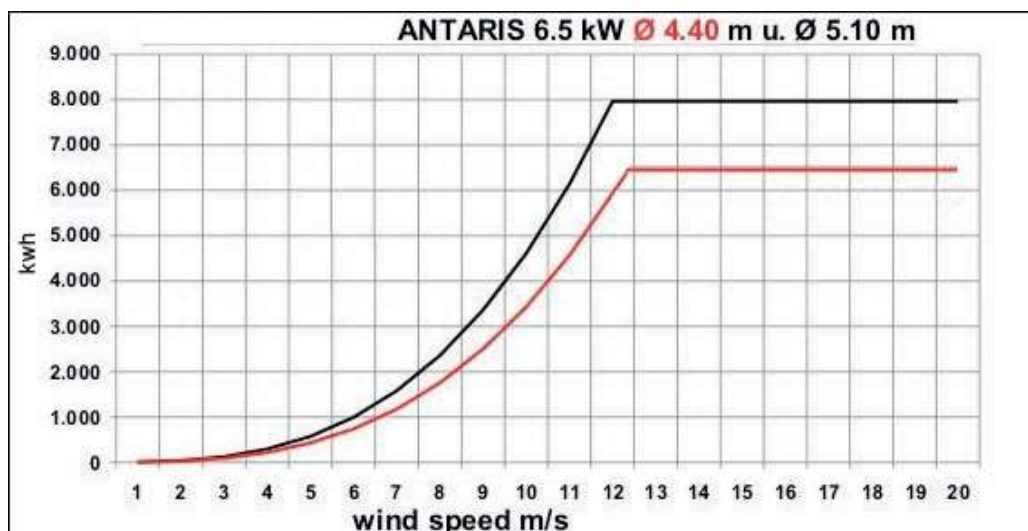
Especificaciones físicas

Peso aerogenerador	107 Kg
Peso regulador	18 Kgr
Embalaje	1200 x 800 x 800 mm. - 149 Kg
Dimensiones - peso	2600 x 400 x 150 mm - 22 Kg
Total	0.91 m ³ - 171 Kgr.
Garantía	3 años

Anexo 5.13. Micro Aerogenerador Antaris 6.5kW. (Fuente: Braun Windturbinen.

Extraída el 24 de octubre del 2016 desde: <http://www.alleskraft.com/eolica.html#modelos>)

Generador	
Tipo	: Imán permanente de 3 fases
Nivel de rendimiento	: 92%
Potencia nominal	: 6.5 kW
Potencia máxima	: 12.5 kW
Voltaje nominal	: 350 VAC
Clase de seguridad	: IP56
Datos de la Turbina	
Tipo Prestación	: Alimentación de red : Carga de Baterías : Apoyo de calefacción
Área de revoluciones	: 0 rpm - 500 rpm
Área de trabajo	: 75 rpm - 340 rpm
Velocidad de partida	: 2.2 m/s
Seguro de tormenta	: 13.0 m/s (Posición Helicóptero)
Velocidad máx. de viento	: 58 m/s
Datos mecánicos	
Diámetro de hélice	: 5.10 m (opcional 4.40 m)
Área barrida del rotor	: 20.42 m ² (15.19 m ²)
Palas del rotor	: 3 de Carbóno / Fibra de vidrio
Protección de rotor	: UV, resistente a químicos y temperaturas
Material de turbina	: Galvanizado a alta temperatura
Color	: RAL 9010
Peso completo	: 185 kg



Anexo 6. Modelos de generadores y alternadores mencionados en la tabla 19.

Anexo 6.1. Generador ProForce ModelRPM0102500. (Fuente: Direct Electric Generators. Extraída el 24 de octubre del 2016 desde: <http://www.electricgeneratorsdirect.com/ProForce-RPM0102500-Portable-Generator/p1058.html>)

Engine	
Engine Brand	Other
Starting System	Recoil Start
HP	5.5 HP
Engine RPM	3600 RPM
Low Oil Alert/Shutdown	Yes
Cast Iron Sleeve	No
Product Specs	
Voltage	120 Single-Phase
Frequency	60 Hertz
Alternator	Brushless
Auto Voltage Regulation	Not Necessary
Surge Watts	3125 Watts
Rated Watts	2500 Watts
Fuel Type	Gasoline
Rated Amps	21 @ 120 Volts (Single Phase) Amps
Tank Size	3 Gallons
Run Time @ 50% Load	10 Hours
Fuel Tank Material	Metal
Fuel Gauge	Yes
Decibel Rating @ 7m	67 dbA
Idle Control	No
Hour Meter	No
Voltage Meter	Yes
Lifting Eye	No
Battery	Not Applicable
Plugs	
NEMA 5-20R - Wall-Type	1
Overview	
Made in USA	No
Weight	91 Pounds
Product Length	20.75 Inches
Product Width	16.75 Inches
Product Height	17.25 Inches
Model	RPM0102500



Oversized Muffler w/ Spark Arrestor

- Reduces noise to 67 dB(A) at 7 meters

Volt Meter

- Keep track of your power output to prevent overloads

Metal Gas Tank w/ Fuel Gauge


- 3-gallon tank generates 10 hours of power at half load

Brushless Alternator

- Extends the life of your generator

Anexo 6.2. Generador Powerstroke Model #PS902500D. (Fuente: The Home Depot. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde: <http://www.homedepot.com/p/PowerStroke-2-500-Watt-Gasoline-Powered-Portable-Generator-PS902500D/204617077>)




 PowerStroke Model # PS902500D 2,500-Watt Gasoline Powered Portable Generator			
Dimensions			
Product Depth (in.)	18.75	Product Length (in.)	23.3
Product Height (in.)	18.03	Product Width (in.)	18.3
Details			
Built-in inverter	No	Muffler	Yes
CA (CARB) Compliant	Not CARB Compliant	Number of circuits/outlets	4
Continuous Wattage	2500	Operational volume (dB)	76.9
Engine Displacement (cc)	208	Osha Required GFCI Outlets	No
Engine Make	OEM Branded	Peak Wattage	3125
Fuel tank capacity (gallons)	4	Product Weight (lb.)	85.5 lb.
Fuel type	Gasoline	Returnable	30-Day
Full load fuel consumption (gallons/hour)	.65	Run time at 50% load (hours/tank)	9
Generator Features	Automatic Voltage Regulation, Low Oil Shutdown	Voltage (volts)	120
Horsepower (hp)	0	Wheel Kit Included	No

Anexo 6.3. Generador PowerBoss Model #30628. (Fuente: The Home Depot.

Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde:

<http://www.homedepot.com/p/PowerBoss-2-500-Watt-Gasoline-Powered-Portable-Generator-with-Briggs-Stratton-Engine-30628/205403605>



 PowerBoss Model # 30628 2,500-Watt Gasoline Powered Portable Generator with Briggs & Stratton...			
Dimensions			
Product Depth (in.)	23.2	Product Length (in.)	23.2
Product Height (in.)	17.8	Product Width (in.)	17.5
Details			
Built-in inverter:	No	Muffler	Yes
CA (CARB) Compliant	Not CARB Compliant	Number of circuits/outlets	4
Continuous Wattage	2500	Operational volume (dB)	0
Engine Displacement (cc)	196	Osha Required GFCI Outlets	No
Engine Make	Briggs and Stratton	Peak Wattage	2500
Fuel tank capacity (gallons)	3	Product Weight (lb.)	101 lb
Fuel type	Gasoline	Returnable	30-Day
Full load fuel consumption (gallons/hour)	0.25	Run time at 50% load (hours/tank)	10
Generator Features	Automatic Voltage Regulation, Fuel Gauge, Low Oil Shutdown	Voltage (volts)	120
Horsepower (hp)	0	Wheel Kit Included	No

Anexo 6.4. Generador LUSQTOFF LG2500. (Fuente: Mercado Libre. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-609825078-grupo-electrogeno-generador-lusqtoffmodelo-lg-2500-_JM)



LUSQTOFF
THINKING ABOUT FUTURE

**GENERADOR NAFTERO
LG-2500**

3000 RPM | **5.5 HP** | **2500 WATTS**

- Modelo: LG-2500
- Arranque manual.
- Combustible: Nafta.
- Autonomía media 11 horas.
- Capacidad tanque combustible 12 litros.
- Consumo 1 l/h.
- Peso 43 kg.
- Potencia máxima: 2500 watts.
- Velocidad nominal: 3000 rpm.
- Potencia del motor: 5.5HP.
- Salida 220V.



Anexo 6.5. Generador SEC3800. (Fuente: Alibaba, Zhejiang Shuimoli Machinery and Electric Equipment Co., Ltd. Extraída el 1 de Julio del 2024 de Octubre del 2016 desde: https://shuimoli.en.alibaba.com/product/953642915-218412743/ac_generator_alternator_ac_alternators_220v_2_5kw_ac_power_alternator.html)



Model	SEC3800 (E) 6.5HP Electric Starting Generator	
Generator	Name	Gasoline Engine Generator
	Frequency (Hz)	50/60
	Voltage (V)	220/110
	Max.Power (KW)	2.7
	Rated Power (KW)	2.5
Engine	Model	MEC200(E)
	Max.Output (HP)	6.5
	Displacement (cc)	196
	Noise Level (at7m)	67db
	Starting System	Recoil/Electric
	Type	Air-cooled,4-stroke,OHV
	Ignition System	non-contact transistorized ignition
	Tank Capacity (L)	12
Oil Capacity (L)	0.6	
Package	Dimension LxWxH(mm)	610x450x460
	N.W/G.W (kg)	28/38
	40'HQ FCL (PCS)	415
	20'FCL (PCS)	225

Anexo 6.6. Generador Aodisen ZT3600C. (Fuente: Alibaba. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde: http://chinazton.en.alibaba.com/product/60167385148-800528909/petrol_ZT3600C_alternator_2_5kva_generator.html)



Generator	Rated A. C. output	2.5kW
	Max. A. C. output	2.8kW
	A. C. Frequency	50/60Hz
	Rated Voltage	220/110V
Engine	Engine Model	ZT170
	Power	7.0HP
	Engine Type	Air-cooled; 4-stroke; OHV, Single Cylinder
	Ignition System	Transistor Magneto
	Starting System	Recoil/Electric
	Displacement Max. Output	196cc
	Max. Output	4.8kW
	Fuel Tank Capacity	15L
	Continuous Operating Time	12h
	Min. Fuel Consumption	360g/kW.h
	Noise Level	67dB
	Lube. Oil Capacity	0.6L
Size & Weight	Dimension(LxWxH)(mm)	605x445x450
	Loading Quantity	240pcs/20GP, 593pcs/40HQ
	Net Weight	43kg

Anexo 6.7. Jet Power Brushless Alternator. (Fuente: Alibaba. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde: https://www.alibaba.com/product-detail/Low-rpm-speed-2-5KVAAlternator_60443457905.html?spm=a2700.7724857.29.74.tyfnL3)



Detailed description

- 1.Brush type synchronous alternator
- 2.Output:2kw-50kw single-phase and three-phase
- 3.Convenient installation and maintenance
- 4.Frequency: 50Hz 60Hz 1500 1800RPM
- 5.Characters: 4-pole, brush, B class insulation, IP21

ALTERNATOR WITH BRUSH

PRODUCT FEATURES

- (1)Easy to be connected with power network or other generators.
- (2)Balanced rotor with two sealed ball bearings
- (3)Convenient installation and maintenance with easy access to terminals, coupling bolts and Brush
- (4)Full power and 100% copper design alternator

MECHANICAL FEATURES

Voltage regulation

Voltage regulation refers to the change of voltage from no-load to full-load with power factor ranging from 5 to 10 and 4% fluctuation of the speed of engine. Voltage is adjusted via potentiometer of winding design or AVR.


Axis and Key

All of alternator rotors should pass balance test, whose vibrations are lower than the minimum of BS6861 P.1,G 2.5 two bearing alternator has a half-key testing balance

Terminal and **control** box

The alternator had 4 leads brought out to the terminals in the terminal box. Output 4 wire control box with voltage meter switch and indicator light

Anexo 6.8. Alternador Yohou YH335M. (Fuente: Alibaba. Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde: https://www.alibaba.com/product-detail/100-Copper-Wire-2-5kw-2_1527645950.html?s=p)



- Product features

Spare parts for Diesel and Petrol Generators: Suntom, Hyundai, Kama, Kipor, Marksman and other makes - phone for availability.
CE; SONCAP;ISO9001:2008 certification approved approved,high quality!

We are confident in supplying products with good quality at reasonable price. Looking forward to long-terms, fruitful and stable cooperation with you. Please contact me if you have any interest, thanks.

Anexo 6.9. Alternador Power Value GGS-GMT. (Fuente: Alibaba. Extraída el 17 de Julio del 2016 desde: https://www.alibaba.com/product-detail/100-Copper-Wire-2-5kw-2_1527645950.html?s=p)

Quick Details		
Place of Origin:	Zhejiang, China (Mainland)	Brand Name: Power Value
name:	2.5kw Alternator	Wire: 100% Copper
Packing size:	26*22*22cm	Weight: 12/13kgs
		Model Number: GGS-GMT
		Alternator lenth: 85mm
Packaging & Delivery		
Packaging	Packing with foam,2.5kw alternator.	
Details:		
Delivery Detail:	Shipped in 20 days after payment	

Anexo 6.10. Alternador CG Global Single-Phase 2.5kW. (Fuente: CG Global.

Extraída el 24 de Octubre del 2016 desde:

[http://www.cgglobal.com/frontend/ProductDetail.aspx?id=oHyp1bCgoCI=\)](http://www.cgglobal.com/frontend/ProductDetail.aspx?id=oHyp1bCgoCI=)



SINGLE PHASE ALTERNATOR

CG single phase alternators are designed to meet the customer requirements in remote as well as urban areas where there is requirement of uninterrupted power supply. Robust rolled thick steel body with reliable slip ring type construction and efficient design provides power at Unity power factor. An electronic circuit is used for the load regulation.

Scope

RATING	VOLTAGE	FRAME	CONTACT	DOWNLOAD
2.5 to 7.5 KVA 4 POLE	220 V	Custom -143		

SINGLE PHASE ALTERNATOR	
KVA Out	2.5 to 7
Unity	
Frequency	50
Polarity/ RPM	4/ 1500
Slip-Ring	
Drip Proof Fan Cooled	
Prime Mover HP	7
Cont.	
Frame	Custom -143
Bearings	ZZ Ball - Both Sides

Anexo 8. Plano del campus ii de la universidad privada San Pedro – distribución de los 20 aerogeneradores (Fuente: Oficina de Infraestructura USP. (2016) Plano: Arquitectura: Planta general del adicional de obra)

