



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

Diseño de un sistema eólico para suministrar energía eléctrica al fundo Chucupe –  
Lambayeque

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Paul Adan Palacios Briones (ORCID: 0000-0002-2538-8051)

ASESOR:

Mg. Fredy Dávila Hurtado (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión, Distribución

CHICLAYO – PERÚ

2019

## **DEDICATORIA**

Al Padre Celestial por estar siempre cuando lo necesito, por la fortaleza que me da para no caer, ni rendirme ante las contrariedades que se manifiestan en mi día a día.

A mí amado padre Oscar aunque no esté en este mundo terrenal siempre lo tengo presente y a mi madre Amparo la mujer más admirable que tengo en mi vida por su apoyo permanente, que me sirve para seguir progresando en mi carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por prestarme la vida, sin ti todo lo que estoy logrando no hubiese podido concretarse, tu mi Señor eres el único que sabe mi destino, no permitas que me aleje de tu lado, te agradezco tu apoyo incondicional.

A la casa de estudios, a los docentes que se involucraron durante estos años para el desarrollo profesional de mi carrera y a la vez como persona de principios y valores.

A mis progenitores por sembrar los valores que hoy en día hacen de mí una persona humilde, recta, con ética profesional, lo que me permite discernir lo positivo de lo negativo en mi vida.

## PÁGINA DEL JURADO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 17:00 horas del día 04 de julio del 2019, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección académica N° 1198-2019/UCV-CH, de fecha 03 de julio de 2019, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: "DISEÑO DE UN SISTEMA EOLICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA AL FUNDO CHUCUPE-LAMBAYEQUE.", presentado por el(la) (los) bachiller: PALACIOS BRIONES, PAUL ADAN, con la finalidad de obtener el título de ingeniero mecánico electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Fredy Dávila Hurtado  
Secretario : Ing. James Skinner Celada Padilla  
Vocal : Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBADO POR MAYORIA

Siendo las 17:40 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 04 de julio de 2019

Ing. Fredy Dávila Hurtado

Presidente

Ing. James Skinner Celada Padilla

Secretario

Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio

Vocal

## DECLARATORIA DE AUNTENTICIDAD


Yo, Paul Adan Palacios Briones con DNI N° 46082350, bachiller de la Facultad de Ingeniería de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la "Universidad César Vallejo".

Declaro la autenticidad de mi estudio de investigación denominado "DISEÑO DE UN SISTEMA EÓLICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL FUNDO CHUCUPE -LAMBAYEQUE", para lo cual, me someto a las normas sobre elaboración de estudios de investigación al respecto.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 14 Agosto del 2019



-----  
Palacios Briones Paul Adan  
D.N.I.: 46082350

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
PÁGINA DEL JURADO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
ÍNDICE .....	vii
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. Realidad Problemática.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.1 A nivel internacional .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.2 A nivel nacional .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.3 A nivel Local.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2. Trabajos Previos. ....</b>	<b>12</b>
<b>1.3. Teorías relacionadas al Tema.....</b>	<b>13</b>
<b>II. METODO.....</b>	<b>26</b>
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>65</b>
<b>V. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>66</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>71</b>
<b>ACTA DE ORIGINALIDAD DE TURNITIN.....</b>	<b>84</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV.....</b>	<b>85</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>86</b>

## RESUMEN

En la presente tesis “DISEÑO DE UN SISTEMA EÓLICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA AL FUNDO CHUCUPE –LAMBAYEQUE 2018”, se ha utilizado fundamentalmente el tema de desarrollo de las fuentes o RER no convencionales para atender con el fin de atenderla demanda de energía eléctrica del Fundo Chucupe. Siendo a la vez una de las tecnologías más amigables con el medio ambiente, es decir, que el uso de esta fuente RER no emite CO<sub>2</sub>, reduciendo Gases de Efecto Invernadero.

Para diseñar el sistema eólico se calculó la máxima demanda (318 W) y energía diaria consumida (1175 KWh) a partir de la recopilación de información de los equipos eléctricos con que cuenta el poblador de la zona, simultáneamente se analizaron las mediciones del viento realizadas en campo determinándose un viento promedio de 4.49 m/s y se obtuvo un potencial eólico (348.9 W) favorable, que nos permitió seleccionar el aerogenerador Bornay 1500 W y sus componentes electromecánicos adecuados.

Seguidamente se detalla el proceso para la electrificación rural del Fundo Chucupe, con la finalidad de suministrar energía eléctrica a cada poblador, diseñando un circuito de red secundaria en B.T., teniendo presente que la caída de tensión en el punto más alejado del circuito no exceda en un 5% de la tensión nominal según C.N.E. de distribución vigente.

Para finalizar, en el análisis económico de esta investigación influenciaron la inversión inicial, el flujo neto específico (proveniente de los ingresos y egresos anuales) y la tasa de interés anual, estos datos nos dieron resultados favorables de los indicadores VAN, TIR, B/C, concluyendo la viabilidad y rentabilidad de este proyecto.

**Palabras claves:** sistema eólico, suministro de energía, máxima demanda, potencial eólico, análisis económico.

## **ABSTRACT**

In this thesis "DESIGN OF A WIND POWER SYSTEM TO SUPPLY ELECTRIC POWER TO THE FUND CHUCUPE-LAMBAYEQUE 2018", has been used fundamentally the development of non-conventional sources or RER to meet in order to meet the demand for electricity from the Fund Chucupe. Being at the same time one of the friendliest technologies with the environment, that is to say, that the use of this RER source does not emit CO<sub>2</sub>, reducing Greenhouse Gases.

To design the wind system, the maximum demand (318 W) and daily energy consumed (1175 KWh) were calculated from the collection of information on the electrical equipment available to the area's inhabitants, and simultaneously the wind measurements were analyzed. in the field, an average wind of 4.49 m / s was determined and a favorable wind potential (348.9 W) was obtained, which allowed us to select the Bornay 1500 W wind turbine and its suitable electromechanical components.

The process for rural electrification of the Chucupe Farm is detailed below, with the purpose of supplying electricity to each resident, designing a secondary network circuit in LV, bearing in mind that the voltage drop in the furthest point of the circuit does not exceed 5% of the rated voltage according to CNE of current distribution.

Finally, in the economic analysis of this research influenced the initial investment, the specific net flow (from the annual income and expenses) and the annual interest rate, these data gave us favorable results of the indicators VAN, IRR, B / C, concluding the viability and profitability of this project.

Keywords: wind system, energy supply, maximum demand, wind potential, economic analysis.



## **I. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1. Realidad Problemática**

#### **1.1.1 A nivel internacional**

“En el 2015 se añadieron unos 147 GW de generación eléctrica basada en energía renovable convencional y no convencional, siendo mayor en 9% con respecto al año anterior. Del mismo modo, la inversión privada obtuvo un aumento relevante en el 2015, asimismo aumento los activos en energía renovable por parte de los bancos. En el 2015 se reportó que la capacidad de energía eléctrica generada con fuentes renovables era suficiente para abastecer el 23.7% del consumo de electricidad del mundo. De tal manera, la generación de energía renovable en 2015 consiguió el 2.8% de la energía empleada en el mundo” (Vásquez, Tamayo, Salvador, 2017, p. 86).

La demanda de energía eléctrica va aumentando relativamente tras el desarrollo poblacional, el crecimiento económico y el crecimiento demográfico, lo que afecta la disminución energética y lo que limita satisfacer el crecimiento de la demanda de energía, principalmente a los pobladores que viven en zonas aledañas o aisladas del urbanismo.

Las centrales termoeléctricas para generar electricidad emplean para su combustión carbón, diésel, gas natural, entre otros; por lo que emiten dióxido de carbono y por consiguiente tienen un elevado nivel negativo de impacto medio ambiental.

Las centrales hidroeléctricas han sido, y sigue siendo, la primera fuente renovable utilizada, con un índice menor de impacto ambiental ante las descritas aguas arriba, puesto que éstas perjudican los ecosistemas, al regular el cauce de los ríos.

Por lo consecuente es necesario emplear sistemas no convencionales y de recursos energéticos renovables (viento, sol, biomasa, etcétera.) para la generar

energía eléctrica, menos perjudiciales para el medio ambiente y que suplicien las necesidades básicas de los habitantes.

### 1.1.2 A nivel nacional

“En nuestro país (Perú), la matriz de energía recursos energéticos renovables (RER) no llega ni al 3% de la generación del total, asimismo existe una norma que lo restringe al 5%, dentro del decreto legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables” (OSINERGMIN, 2018).

“En los meses de octubre-noviembre-diciembre del 2017, el 80,1% de las viviendas del rurales se abastecieron con energía eléctrica por de las empresas distribuidoras. Al mismo tiempo, el 94,4% de los lares del país y en el 98,9% del área urbana, contaron con este servicio” (INEI, 2018).

Las zonas rurales en el Perú tienen características territoriales que crean un difícil acceso al sistema interconectado, por lo considerado, la inversión en nuevas instalaciones eléctricas no sería económicamente factible para la concesionaria; por tal razón se restringe de suministro eléctrico a los moradores de las zonas rurales.

Perú posee un fuerte potencial de recursos energéticos renovables ya sea hídrico, eólico, solar que son la fuente principal para la generación de electricidad, las que experimenta un crecimiento positivo. A través de estas energías renovables resolveremos las necesidades básicas y mejoraremos la calidad de vida del ser humano, no dejando pasar por alto que estos sistemas no contaminan el medio ambiente.

*Tabla 1. Generación de energía eléctrica con RER 2017*

TIPO	ENERGÍA (GW,h)	PARTICIPACIÓN (%)
HODRÓELECTRICA	1065.2	42.97
EÓLICA	1001.9	40.42
TEMOELÉCTRICA	288.2	11.62
SOLAR	123.6	4.99

*Fuente: estadísticas de operación 2017 Elaboración: COES*

### 1.1.3 A nivel Local

Los pobladores del Fundo Chucupe situada en la ciudad de Lambayeque no han contado con energía eléctrica desde sus orígenes; cuenta con 13 familias las cuales percen de los servicios indispensables (agua, luz y salud), lo que ha limitado ejercer sus labores cotidianas, ha mitigado el avance tecnológico, ha sido cómplice para “enriquecer” el índice de analfabetización, a lo largo de estos 60 años de existencia.

La lejanía al casco urbano obstaculiza la extensión de líneas primarias, lo que impide abastecer de energía eléctrica a dicha población.

Al saber que dicha zona cuenta energías renovables considerables se ha tomado la decisión de diseñar un sistema eólico aislado para satisfacer las necesidades primordiales de los pobladores.



*Figura 1. Fundo Chucupe-Lambayeque.*

## 1.2. Trabajos Previos.

Sánchez (2016, p.7), en la tesis titulada “Diseño de un sistema híbrido eólico solar para el bombeo de agua”, su objetivo es el abastecimiento de agua para las moradas situadas en la vereda “el tambo” alto del municipio de la Celia Risaralda. Concluyendo que el potencial solar en la zona es aceptable, y se pueden instalar los paneles fotovoltaicos necesarios que satisfagan la demanda de energía, permitiendo llevar a cabo el proyecto de manera positiva.

Chercca (2014, p. X), en la tesis denominada “Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en el poblado rural la Gramita de Casma”, indica que los habitantes no disponen del servicio de electricidad hace más de 50 años debido a que las autoridades no toman interés en la inversión de proyectos electrificación.

Tiene como objetivo utilizar un aerogenerador y paneles fotovoltaicos para satisfacer la demanda de energía eléctrica en el lugar, y ayudar en la calidad de vida del habitante además de reducir la contaminación ambiental.

Díaz (2010) en su titulada “análisis energético de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico en el sector típico IV utilizando el método de series sintéticas”, analiza y sustenta la fiabilidad de este sistema híbrido en relación a los sistemas que utilizan una sola fuente de energía.

Determina que el sistema eólico fotovoltaico es sin duda un gran paso para la electrificación rural en el país, y finaliza que dicho sistema satisface las necesidades básicas de los pobladores.

Hualpa (2006, xiii) en su tesis denominada “Estudio de factibilidad de sistemas híbridos eólico- solar en el departamento de Moquegua”, nos refiere que para utilizar las energías renovables debemos tener información veraz y actualizada de los valores de los parámetros de los recursos con los que se desea realizar el proyecto.

A demás usar un valor de consumo de energía diario hipotético pero no muy alejado de la realidad para obtener la máxima demanda con la finalidad de dimensionar el sistema híbrido.

Concluye haciendo un comparativo entre el sistema híbrido y un grupo electrógeno, para conocer cual puede suministrar la energía de manera más económica en zonas rurales o aisladas.

Carrillo (2015, p. 15), en su denominada tesis “Generación de Energía con un Sistema Híbrido Renovable para Abastecimiento Básico en Vereda sin Energización de Yopal – Casanare”, en el desarrollo se menciona como aprovechar y maximizar el potencial de los recursos energéticos para generar electricidad y a la vez contribuir con la disminución del impacto ambiental.

Posteriormente se investiga sobre la disponibilidad de los recursos energéticos, la realidad energética con la que cuenta actualmente la zona..

Finalmente se realiza un análisis económico del sistema híbrido para poner en manifiesto las posibles contras de este proyecto.

### **1.3. Teorías relacionadas al Tema.**

#### **Energías renovables**

“Son fuentes naturales usadas en la generación de electricidad, como su nombre lo indica inagotables en el tiempo. Tales fuentes son: biomasa, calor de la tierra, mar, materia orgánica, sol, viento, ríos, entre otras” (Tamayo, Salvador, Vásquez, Vilches, 2016, p.168).

#### **Energía eólica**

“Se consigue por medio de la velocidad viento. En otras palabras, es la energía cinética causada por las corrientes de aire, que por medio de una serie de mecanismos es transformada en diferentes tipos de energía secundarias para las actividades humanas” (Vásquez, Tamayo, salvador, 2017, p. 37).

“La energía eólica es un recurso renovable ilimitado y limpio que favorece la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y gases de efecto invernadero (GEI), al sustituir

las fuentes de energía a base de combustibles fósiles” (Vásquez, Tamayo, salvador, 2017, p. 37)

### Descripción del recurso eólico en el Perú

“La modelización del recurso eólico con resolución de 1 Km sobre el territorio del Perú ha permitido identificar las zonas más apropiadas para estudiar la explotación de la energía eólica”. (Atlas eólico del Perú, 2008, p. 15).

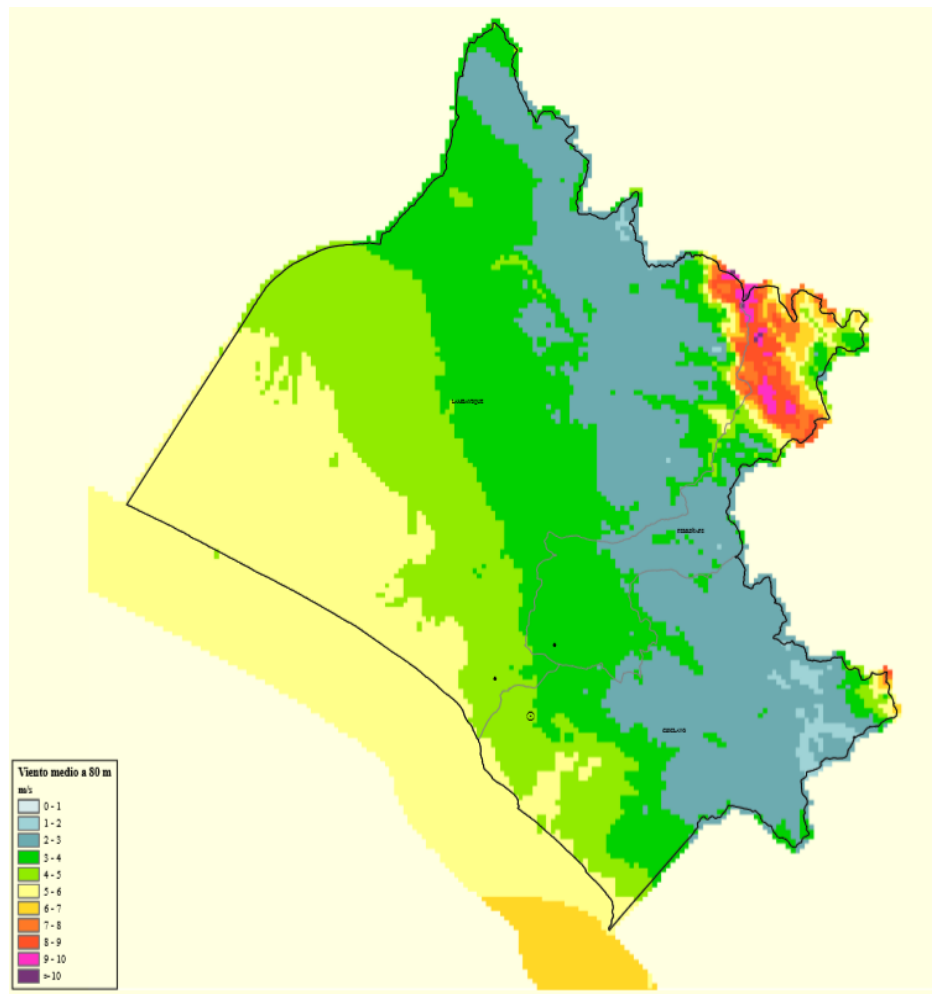


Figura 2. Viento medio anual a 80m, región Lambayeque.

Tabla 2. Potencial eólico por departamento.

Departamento	Potencia Total (MW)	Potencia Aprovechable (MW)
Amazonas	1380	6
Ancash	8526	138
Apurímac	0	0
Arequipa	1992	1158
Ayacucho	114	0
Cajamarca	18360	3450
Callao	0	0
Cuzco	0	0
Huancavelica	0	0
Huánuco	54	0
Ica	18360	9144
Junín	48	0
La Libertad	4596	282
Lambayeque	2880	564
Lima	1434	156
Loreto	0	0
Madre de Dios	0	0
Moquegua	144	0
Pasco	0	0
Piura	17628	7554
Puno	162	0
San Martín	504	0
Tacna	942	0
Tumbes	0	0
Ucayali	0	0
<b>TOTAL PERÚ</b>	<b>77394</b>	<b>22452</b>

Fuente: Atlas eólico del Perú 2008

## Viento

“Se genera por la circulación de las masas de aire entre lugares de alta presión atmosférica hacia lugares de baja presión, además del calentamiento heterogéneo del suelo por la radiación solar combinado con la rotación de la tierra” (Valenzuela et al, 2009, p.46).

## Potencial del viento

“Solo un 2% de energía solar se aprovecha y se convierte en energía eólica. Teóricamente, el viento distribuye anualmente entre  $2,5 \times 10^5$  y  $5 \times 10^5$  kW-h.” (Carta et al, 2009, p. 341).

## Energía del viento

“La potencia y energía eléctrica conseguida por el aerogenerador, pende de la velocidad del viento y del sitio específico donde se realiza el estudio” (Valenzuela et al, 2009, p. 73).

La potencia del viento (P) se relaciona directamente con la densidad del aire ( $\rho$ ) en  $Kg/m^3$  (depende de la temperatura ambiente y de la altura del sitio sobre el nivel del mar), el área interceptada por la hélice del aerogenerador (A) en  $m^2$  en y la velocidad del viento (V) en m/s (Valenzuela et al, 2009, p. 73).

**Ecuación (1.1)**

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V^3 * A$$

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V^3 * \pi * r^2$$

Densidad del viento para una determinada zona de estudio según (Valenzuela et al, 2009, p. 73):

**Ecuación (1.2)**

$$\rho = 1.225 * e^{\left[\left(\frac{-z}{8435}\right) - \left(\frac{T-15}{288}\right)\right]}$$

Donde:

Z= altura en m.s.n.m. de la zona.

T= temperatura promedio de la zona en °C.

**Instrumentos de medición**

“El anemómetro se emplea para obtener las mediciones de la velocidad del viento, y para saber la dirección del viento se emplea una veleta” (Atlas eólico del Perú, 2008, p. 1).

**Ley de Betz**

“Nos refiere que una turbina eólica no puede transformar más del 59,3% de la energía cinética recibida del viento en energía mecánica” (Carta et al, 2009, p.365).

Véase la **Ecuación (1.3)** potencia máxima entregada por una turbina eólica:



$$P_r = \frac{16}{27} * \left( \frac{1}{2} \rho A V_1^3 \right) \text{ watt}$$

Donde:

$\rho$  : Densidad del aire (Kg/m<sup>3</sup>)

$V_1$  : Velocidad del viento (m/s)

A : Área de barrido(m<sup>2</sup>)

### Teoría de Betz

“Menciona que la proporción de aire que traspasa el área de barrido del rotor en un instante de tiempo debe ser equivalente a la que cede detrás del área del rotor” (Atlas eólico del Perú, 2008, p. 11).

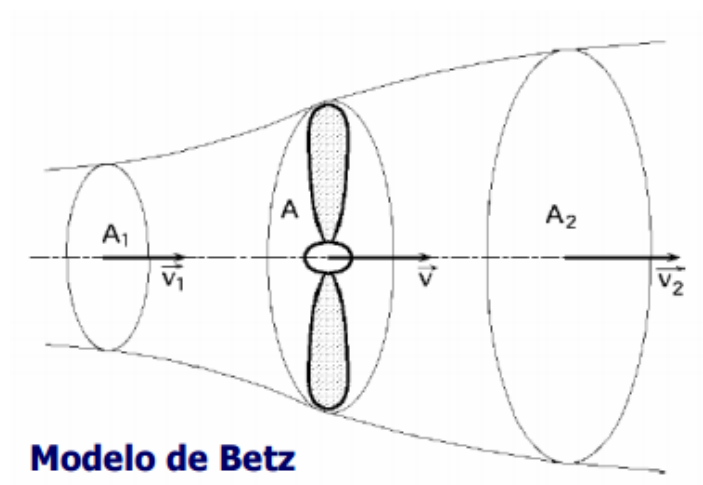


Figura 3. Demostración de la ley de BETZ.

### Ecuación (1.4)

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{2} \left( 1 - \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^2 \right) \left( 1 + \frac{V_1}{V_2} \right)$$

Donde:

$P_1$ : Potencia incidente sobre el rotor (W)

$P_2$ : Potencia extraída del rotor (W)

$V_1$ : Velocidad del viento antes de la turbina ( $\frac{m}{s}$ )

$V_2$ : Velocidad del viento después de pasar el rotor ( $\frac{m}{s}$ )

### Distribución de weibull

“La función de densidad más utilizada en el estudio de la velocidad del viento es Weibull ( $f(v)$ ):

**Ecuación (1.5)**

$$f(v) = \frac{k}{c} * \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} * e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}$$

“Esta distribución confiere de dos parámetros:  $c$  es el parámetro de escala (mismas unidades que la velocidad) y  $k$  es el factor de forma (adimensional), que establecen las particularidades intermedias del viento en su orientación” (Fernández, 2003, p. 18).

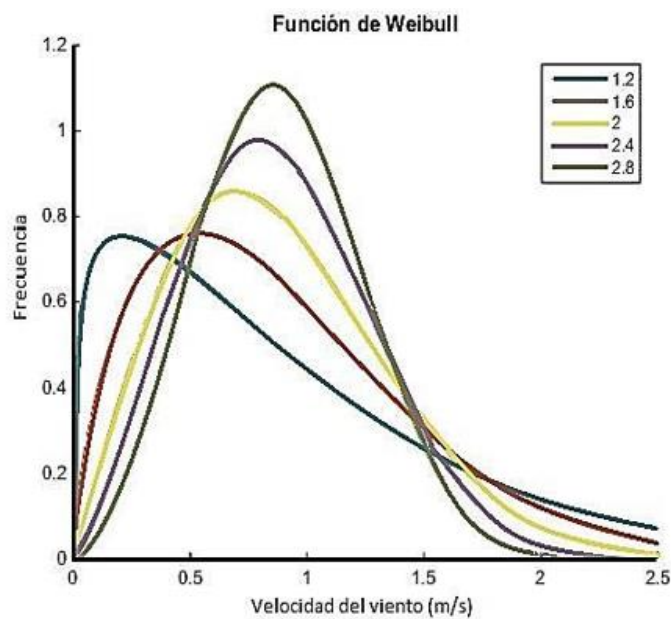


Figura 4. Densidad de probabilidad de la velocidad del viento.

En la determinación de los parámetros de Weibull se debe tener en cuenta las velocidades medias, según (Fernández, 2003, p. 18).

Función de distribución acumulada  $F(v)$ :

**Ecuación (1.6)**

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

Donde:

$c$  : *factor de escala* ( $\frac{m}{s}$ )

$k$  : *factor de forma* (adimensional)

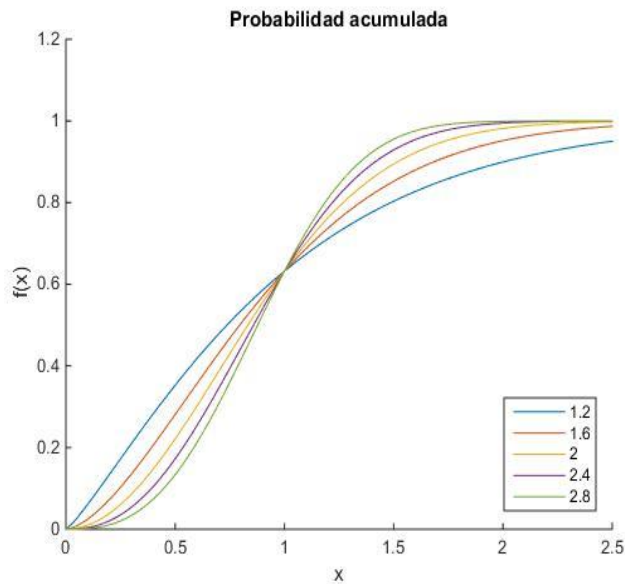


Figura 5. Probabilidad acumulativa.

Utilizando dos veces logaritmos en la **Ecuación (1.6)** se puede poner en la forma:

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

$$\ln[-\ln(1 - F(v))] = k \cdot \ln v - k \cdot \ln c$$

$$y = k \cdot x + b$$

Entonces:

### **Ecuación (1.7)**

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

### **Aerogenerador**

“Máquina electromecánica que dispone de unas aspas oblicuas ensambladas a un eje común (buje), aprovecha la energía cinética del viento para transformarla en energía mecánica y luego en energía eléctrica” (Vásquez et al, 2017, p. 39).

### **Clasificación de aerogeneradores**

Se clasifican según las siguientes características. (Schallenberg et al, 2008, p. 86).

#### **Potencia nominal:**

**Aerogenerador de pequeña potencia (hasta 30KW):** Utilizados para la carga de baterías, instalaciones remotas de telecomunicaciones, suministrar energía eléctrica en hogares, granjas, entre otros. Se aplican principalmente para sistemas aislados.

**Aerogenerador de mediana potencia (30KW hasta 300 KW):** Utilizado en sistemas aislados o para suministrar electricidad al sistema interconectado de un Estado.

**Aerogenerador de gran potencia (mayor a 300KW):**

Generan electricidad que es inyectada en la red eléctrica.

#### **Orientación del motor:**

**Eje vertical:** el eje que transfiere el movimiento a las palas es vertical. Se aprovechan los vientos de cualquier dirección debido a la simetría de sus palas.

**Eje horizontal:** el eje que transfiere el movimiento a las palas es horizontal. Necesitan de un sistema de orientación para el aprovechamiento del viento.

## **Partes fundamentales de un aerogenerador**

Consta de las siguientes partes según. (Schallenberg et al, 2008, p. 85).

### **Rotor**

Conformado esencialmente de las palas y el buje. El rotor transforma la energía cinética de las masas de aire en energía de rotación (mecánica).

### **Torre**

Elemento encargado de elevar el rotor para un mejor aprovechamiento del viento (la intensidad de la velocidad del viento acrecienta a mayor altura respecto al suelo).

### **Góndola**

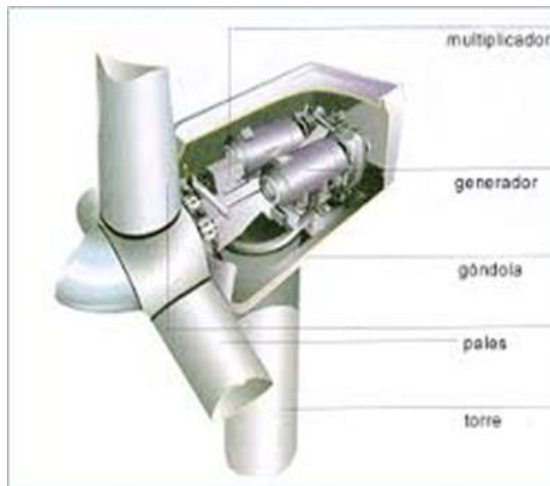
Constituida por el bastidor (donde se acoplan los equipos electromecánicos) y la carcasa (para la protección de los equipos electromecánicos ante cualquier elemento atmosférico). En el exterior del mismo se ensambla la veleta.

### **El multiplicador**

Transformar la baja velocidad de giro del eje del rotor a un nivel mayor de velocidad que requiere el generador eléctrico para su funcionamiento, por medio de un sistema de engranajes.

### **Generador eléctrico**

Máquina eléctrica capaz de convertir la energía mecánica del rotor en energía eléctrica. Pueden ser generadores de inducción (asíncronos) y generadores de excitación (síncronos).



*Figura 6. Partes fundamentales de un aerogenerador.*

### **Baterías o acumuladores**

“Las baterías son empleadas para almacenar la energía proveniente de los generadores (eólicos o solares) con el fin de utilizar la de manera constante en los días que no abunde el recurso generador” (Alcalá, 2014, p. 40).

Para dimensionar la capacidad del acumulador, tener en cuenta los parámetros que se presentan a continuación, según (Green Empowerment-ITDG, 2005, p. 24)

**Máxima Profundidad de Descarga:** descarga máxima que puede emitir la batería previamente a la desconexión del regulador, brindándole una protección eficaz y una mayor duración de la misma.

**Días de Autonomía:** se le llama a los días consecutivos, que en ausencia del recurso eólico, el banco de baterías tiene que ser capaz de abastecer el consumo energético, sin sobrepasar la profundidad máxima de descarga de la batería.

### **Regulador de carga**

“Convierte la energía proveniente aerogenerador (corriente alterna), en corriente continua capaz de cargar el banco de baterías. Además controla la carga y descarga de la batería, y el funcionamiento correcto del aerogenerador” (Bornay, 2010, p.15).

### **Inversor**

“Elemento electrónico diseñado para convertir la corriente continua de un acumulador en corriente alterna, para utilizarla en los aparatos eléctricos domésticos o industriales” (Green Empowerment-ITDG, 2005, p. 26)

### **Máxima demanda**

“Llamada también carga máxima, concierne a la carga más alta que se ha presentado en un sistema eléctrico, durante un período de tiempo previamente establecido” (Ramírez, 2004, p. 20).

### **Factor de carga**

“Valor que indica la eficiencia con que se utiliza la energía eléctrica producida. También se define como el cociente entre la demanda promedio y la demanda máxima presentada en un intervalo de tiempo” (Ramírez 2004, p. 28).

### **Red de Distribución Secundaria**

“Conjunto de conductores, máquinas eléctricas, equipos electromecánicos y accesorios que operan a niveles de tensiones reguladas, que alimentándose de una red distribución primaria, están consignados a suministrar de energía eléctrica a los consumidores, tales son los servicios de alumbrado público y servicio particular” (Código Nacional de Electricidad, 2011, p.11).

### **Caída de Tensión Permisible**

“El nivel de caída de tensión entre la salida del transformador hasta el último punto de entrega (consumidor), no de exceder en un 5 % de la tensión nominal,” (Código Nacional de Electricidad, 2011, p.99).

### **Valor actual neto (VAN)**

“Es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión” (Mete, 2014, p. 69).

- **VAN** > 0: generará beneficios.

- **VAN** = 0: no generará ni beneficios ni pérdidas.
- **VAN** < 0: generará pérdidas.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

$I_0$ : Inversión inicial.

$F_t$ : Flujo de efectivo neto de cada período t.

n: Número de períodos.

### **Tasa interna de retorno (TIR)**

“Porcentaje que indica la viabilidad de un proyecto, determinando la rentabilidad de los cobros y pagos actualizados generados por una inversión” (Mete, 2014, p. 71).

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$$

Donde:

i: Inversión inicial.

$F_n$ : Flujo de caja en el periodo n.

n: Número de períodos.

### **Análisis Costo-Beneficio**

“Pretende determinar la conveniencia del proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto” (Jácome, Carvache, 2017).



#### **1.4. Formulación del Problema**

¿Cómo realizar el diseño de un sistema eólico para suministrar energía eléctrica al Fundo Chucupe –Lambayeque 2018?

#### **1.5. Justificación del Estudio.**

##### **Justificación técnica**

La primera opción para la electrificación es la extensión de líneas primarias, sin embargo no se podrá ejecutar debido a que el fundo Chucupe no se encuentra dentro del Plan de Electrificación Rural Nacional según data del OSINERGMIN.

Esta investigación permitirá satisfacer la demanda de energía eléctrica del Fundo Chucupe, y difundir la tecnología de generación de energía eléctrica con RER, tal como es la eólica.

##### **Justificación económica**

Nos permite determinar el costo real de la inversión para diseñar un sistema eólico, aunque la inversión inicial para el montaje del sistema eólico suele ser elevada, el mantenimiento que éstos requieren es poco y al ser alimentados por fenómenos naturales los costos por consumo son nulos.

Además de realizar un comparativo económico entre el sistema eólico y un sistema tradicional de generación de energía eléctrica.

##### **Justificación social**

A través de este sistema eólico se mejorará la calidad de vida de los pobladores, además se desarrollan y/o mejorarán los aspectos productivo, económico y social.

##### **Justificación ambiental**

Este sistema eólico al utilizar recursos energéticos inagotables como el viento para producir energía eléctrica, no genera emisiones de CO<sub>2</sub> u otro residuo contaminante atmosférico, lo cual es muy relevante para mitigar el cambio climático en el Fundo Chucupe.

## **1.6. Hipótesis.**

Si se elabora el diseño de un sistema eólico se suministra energía eléctrica al Fundo Chucupe–Lambayeque 2018.

## **1.7. Objetivos.**

### **1.7.1 General**

Diseñar un sistema eólico para suministrar energía eléctrica al Fundo Chucupe – Lambayeque 2018.

### **1.7.2 Específicos**

- Calcular la máxima demanda y la energía diaria consumida por el fundo Chucupe.
- Realizar mediciones de la velocidad del viento en la zona de estudio para determinar el potencial eólico.
- Seleccionar los componentes electromecánicos que conforman el sistema eólico de generación de energía eléctrica.
- Configurar el sistema de distribución rural de energía eléctrica el fundo Chucupe.
- Realizar el análisis económico del sistema eólico.

## **II. METODO.**

### **2.1. Diseño de Investigación.**

Del tipo cuasi experimental, puesto que no podemos manipular y controlar de manera absoluta las variables.

## **2.2. Variables, operacionalización.**

### **Identificación de variables**

Variable independiente: Diseño de un sistema eólico.

Variable dependiente: Generación de energía eléctrica.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición
<p style="text-align: center;"><b>INDEPENDIENTE</b> Diseño de un sistema eólico</p>	<p>“Sistema compuesto por el aerogenerador, regulador eólico, baterías e inversor de voltaje, que emplean la energía cinética del viento para convertirla en energía eléctrica”. (Elaboración propia)</p>	<p>Utilizaremos los valores de las medidas de velocidad del viento tomadas en campo para poder elegir el aerogenerador que generará energía eléctrica.</p>	<p>Energía eólica Aspectos mecánicos Aspectos eléctricos</p>	<p>Velocidad del viento Tiempo torque Producción de energía</p>	<p>Ficha de mediciones de velocidad del viento  Encuesta</p>	<p>m/s  RPM KW.h</p>

<p style="text-align: center;"><b>DEPENDIENTE</b></p> <p style="text-align: center;">Suministrar energía eléctrica</p>	<p>“Elementos que permiten el transporte de electricidad desde el punto de generación hasta el consumidor” (Elaboración propia).</p>	<p>Conjunto de parámetros eléctricos: voltaje, corriente, longitud del conductor, frecuencia.</p>	<p>Potencia Tiempo</p>	<p>Potencia eléctrica que consumirían los usuario</p>	<p>Revisión documentaría</p>	<p>kW.h</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------	-------------------------------------------------------	------------------------------	-------------

## **2.3. Población y muestra.**

### **2.3.1. Objeto de análisis (OA).-**

El objeto de análisis es el fenómeno de interés, se trata de lo que queremos saber, es decir el ¿por qué? y ¿para qué?, en pocas palabras surge de una problemática, y para su elaboración su proceso es teórico (investigación), empírico y metodológico.

Diseñar un sistema eólico para suministrar energía eléctrica al Fundo Chucupe—Lambayeque 2018.

### **2.3.2. Población (N).-**

Fundo Chucupe.

### **2.3.3. Muestra (n).-**

Fundo Chucupe.

## **2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **Técnicas**

Encuesta: elaboración de un determinado número de interrogantes que nos permita conseguir información sobre la ausencia de los servicios básicos que enfrentan los lugareños del fundo Chucupe afronta.

### **Instrumentos de Recolección de Datos**

Se usará un formato tipo encuesta, el cual está conformado por dos partes, en la primera parte se detalla los datos del encuestador y el encuestado; en la segunda parte cuenta con 08 preguntas que nos permitirán conseguir el valor diario consumido de energía eléctrica de cada vivienda.

Se utilizará ficha de medición de velocidad del viento la cual se conforma de dos partes, en la primera parte se detalla nombre del responsable de las mediciones, la localidad, la fecha, y la altura de toma de la medición; la segunda parte conformada por un cuadro donde se anotará la hora de toma de la medición, el punto coordinado donde se realizará la medición y finalmente la medida de la velocidad del viento.

## **2.5. Métodos de Análisis de datos.-**

Se aplicará fórmulas y/o cálculos eléctricos, matemáticos y financieros con el propósito de desarrollar metodológicamente el proyecto de investigación.

## **2.6. Aspectos éticos.-**

Se da priori a la legitimidad de los resultados alcanzados, tener consideración a la propiedad intelectual, la protección de la identidad del investigador.

Se demuestran soluciones veraces, honestas y confiables.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Calcular la máxima demanda y la energía diaria consumida por el fundo Chucupe.

##### Ubicación geográfica

El fundo Chucupe pertenece al distrito de Lambayeque situada en coordenadas UTM WGS84 17S latitud 625827 y longitud 9261100, a 22 m.s.n.m. con una temperatura ambiente promedio de 20 °C. En los planos que se presentan a continuación se indica la ubicación de la zona y del lugar donde se ha previsto el montaje e instalación de dicho equipo, ya que las mediciones realizadas en ese punto coordinado refieren de un viento elevado y continuo.



*Figura 7. Ubicación geográfica de la zona en estudio.*





*Figura 8. Ubicación del aerogenerador.*

### **Descripción de las cargas**

Se detallan las especificaciones técnicas de los equipos eléctricos de uso cotidiano con que cuenta cada vivienda en la siguiente tabla:

*Tabla 3. Detalles de los equipos eléctricos.*

<b>DESCRIPCIÓN DE EQUIPO</b>	<b>VOLTAJE DE OPERACIÓN (V a.c.)</b>	<b>POTENCIA (Watt)</b>	<b>FRECUENCIA (Hz)</b>
TELEVISOR	110-240	150	60
RADIO	120/220/230-240	100	60
CARGADOR DE CELULAR	220-240	10	60
FOCO AHORRADOR	220-241	18	60
FLUORESCENTE	220-242	40	60

*Fuente: elaboración propia.*

### Máxima demanda y la energía diaria consumida

El fundo Chucupe se conforma de 13 domicilios y una población de 52 habitantes, aproximadamente 04 personas por hogar, y tienen como principal actividad económica la agricultura lo que les permite sustentar el gasto diario limitado dentro de su entorno familiar.

Se elaboró la tabla 4 acerca de la potencia instalada y el tiempo de uso de los equipos eléctricos con que cuenta el poblador, de donde obtuvimos la máxima demanda y la energía consumida en un tiempo determinado:

Tabla 4. Detalle de potencia instalada y energía diaria consumida.

HORA	EQUIPO										POTENCIA (W)	ENERGIA (Wh)
	TELEVISIÓN		RADIO		CARGADOR CELULAR		FOCO		FLUORESCENTE			
	POTENCIA	TIEMPO	POTENCIA	TIEMPO	POTENCIA	TIEMPO	POTENCIA	TIEMPO	POTENCIA	TIEMPO		
05:00 a 06:00							18	0.5	40	0.5	58	29
06:00 a 07:00	150	0.5					18	0.75			168	88.5
07:00 a 08:00			100	0.5							100	50
08:00 a 09:00			100	0.5							100	50
09:00 a 10:00											0	0
10:00 a 11:00											0	0
11:00 a 12:00											0	0
12:00 a 13:00	150	0.5			10	1					160	85
13:00 a 14:00					10	1					10	10
14:00 a 15:00											0	0
15:00 a 16:00			100	0.5							100	50
16:00 a 17:00											0	0
17:00 a 18:00	150	1									150	150
18:00 a 19:00	150	1					18	0.5	40	0.75	208	189
19:00 a 20:00	150	1	100	1	10	0.5	18	1	40	1	318	313
20:00 a 21:00					10	1	18	1	40	1	68	68
21:00 a 22:00			100	0.5			18	1	40	0.5	158	88
22:00 a 23:00							18	0.25			18	4.5
TOTAL											318	1175

Fuente: elaboración propia.

Determinados ambos puntos en la tabla anterior, es decir, una máxima demanda de 318 W y la energía diaria consumida de 1175 Wh, calculamos el factor de

carga ( $F_c$ ) (dado en valor numérico o porcentaje), que significa que de la capacidad productiva total del sistema eólico se está utilizando o aprovechando ese porcentaje; y si hubiese un incremento en esta variable se puede interpretar como un aumento en la producción de energía o una disminución en la demanda máxima.

Así mismo se determinó la energía demandada ( $E_D$ ) por la carga mensualmente:

**Ecuación (1.10)**

$$E_D = (30 \text{ dias/mes}) * (\text{energía consumida diaria})$$

$$E_D = (30 \text{ dias/mes}) * (1175 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}})$$

$$E_D = 35.25 \text{ KWh/mes}$$

**Ecuación (1.9)** cálculo de factor de carga

$$F_c = \frac{E_c}{MD * h}$$

Donde:

$E_c$ : Energía consumida (Wh)

MD : Máxima demanda (W)

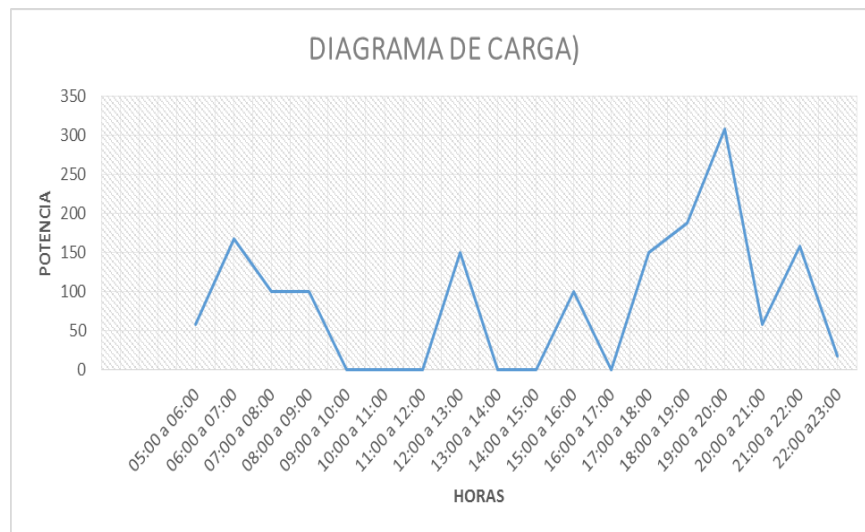
h : Tiempo de uso los equipos eléctricos (h)

$$F_c = \frac{E_c}{MD * h}$$

$$F_c = \frac{1175}{318 * 18}$$

$$F_c = 0.21 \text{ ó } 21\%$$

El diagrama de carga detalla el consumo diario de energía:



*Figura 9. Diagrama de energía diaria necesaria para la población.*

La figura 10, expresa el consumo diario de energía eléctrica, donde se muestra y observa que entre las 17:00 y las 21:00 horas se registra el mayor consumo.

Se determinó los valores para:

Máxima demanda : 318 Watt.

Energía diaria consumida : 1175Wh.

Un factor de carga : 21 %.

### **3.2 Realizar mediciones de la velocidad del viento en la zona de estudio para determinar el potencial eólico.**

Es relevante elaborar una data de velocidad del viento, puesto que esto permitirá calcular el potencial eólico en el Fundo Chucupe; se detalla el proceso de la actividad citada anteriormente:

- Se diseñó un protocolo de medición de viento, conformado por la fecha, la hora, puntos coordinado UTM donde se ubicará el aerogenerador, la altura sobre el suelo y los valores de las mediciones de la velocidad del viento.
- Las mediciones de viento se dieron durante 04 meses (Junio, Julio, Agosto, setiembre del presente año), 02 fechas por la semana y 01 vez al inicio de cada hora (07:00 a.m. hasta las 19 p.m.).
- El valor de lectura de la velocidad del viento en campo se obtuvo de la mano con un anemómetro digital de marca BENETECH modelo GM816 (**ANEXO N° 03**), dicho anemómetro fue montado a un parante (cañas) para dar la altura de diez metros sobre el nivel del suelo, y para la captura de la lectura se dispuso de un drones.
- Los valores de las mediciones registradas en el protocolo mencionado en el primer paso, fueron ingresados a una hoja de Excel para realizar el cálculo del potencial eólico, utilizando la fórmula de distribución de weibull.

#### **Análisis de los valores medidos de velocidad del viento**

Los valores de las mediciones diarias durante el período de estudio fueron registrados en tabla 5, teniendo como finalidad comparar el comportamiento del viento en el transcurso de los días, es decir, analizar las variaciones que muestra este recurso ya que no es constante debido a las condiciones climatológicas de la zona. Fundamentalmente es necesario realizar este procedimiento para definir el valor de la velocidad del viento.

Tabla 5. Velocidades del viento del Fundo Chucupe-Lambayeque.

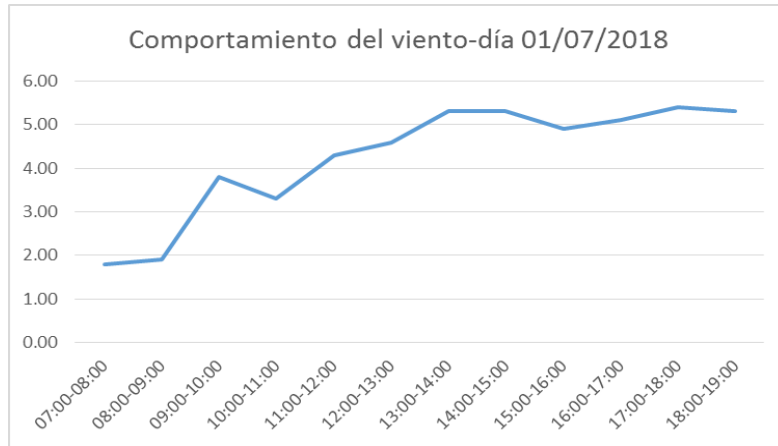
ALTURA DE MEDICION (m)	VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)											
	COORDENADA GMS WGS84 ZONE 17S											
LATITUD	06° 41' 03,4"											
LONGITUD	079° 51' 41,1"											
FECHA/HORA	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00
Domingo,03 de Junio 2018	2.10	1.90	3.20	3.50	4.20	4.40	4.70	4.80	5.00	5.30	5.50	5.00
miércoles,06 de Junio 2018	1.80	2.80	3.30	3.40	4.10	4.40	5.00	5.10	4.90	5.00	5.30	5.20
Domingo,10 de Junio 2018	1.90	2.60	2.80	3.20	3.80	4.30	4.80	5.00	5.10	5.10	5.00	5.00
miércoles,13 de Junio 2018	1.90	2.80	3.30	3.50	4.10	4.60	5.00	4.60	5.20	5.20	5.30	5.10
Domingo,17 de Junio 2018	2.80	1.80	3.10	3.80	4.30	4.40	5.20	5.00	5.10	5.30	5.20	5.30
miércoles,20 de Junio 2018	1.90	2.60	3.20	3.90	4.20	4.30	4.70	4.90	5.30	5.10	5.40	5.50
Domingo,24 de Junio 2018	1.80	2.40	2.70	3.40	4.40	4.60	5.10	4.80	5.10	5.40	5.50	5.20
miércoles,27 de Junio 2018	2.50	2.80	3.60	3.90	4.10	4.90	5.00	5.10	5.10	5.30	5.40	5.10
Domingo,01 de Julio 2018	1.80	1.90	3.80	3.30	4.30	4.60	5.30	5.30	4.90	5.10	5.40	5.30
miércoles,04 de Julio 2018	1.90	2.80	3.80	3.80	4.10	4.80	4.70	5.00	5.20	5.40	5.30	5.10
Domingo,08 de Julio 2018	2.80	1.80	2.80	3.40	3.80	4.60	5.30	5.10	4.80	5.30	5.30	5.00
miércoles,11 de Julio 2018	2.90	3.20	3.30	3.50	4.30	4.60	4.80	5.00	5.10	5.20	5.30	5.30
Domingo,15 de Julio 2018	1.90	1.80	3.00	3.80	4.00	4.80	5.00	5.10	4.90	5.30	5.20	5.20
miércoles,18 de Julio 2018	1.80	2.60	3.20	3.30	4.50	4.90	5.10	4.70	5.00	5.30	5.50	5.40
Domingo,22 de Julio 2018	1.60	2.40	3.30	3.60	4.00	4.60	5.10	5.10	5.00	5.40	5.20	5.50
miércoles,25 de Julio 2018	2.90	3.00	3.00	3.30	4.20	4.60	5.30	4.90	4.90	5.30	5.40	5.10
Domingo,29 de Julio 2018	1.90	2.80	3.10	3.40	4.20	4.50	4.70	4.80	5.00	5.10	5.20	5.50
miércoles,01 de Agosto 2018	1.60	2.80	3.80	3.30	3.80	4.30	5.10	4.80	5.00	5.10	5.30	5.30
Domingo,05 de Agosto 2018	2.40	2.60	3.30	3.40	4.60	4.50	5.10	4.90	5.20	5.30	5.00	5.00
miércoles,08 de Agosto 2018	2.70	2.80	2.80	3.90	4.60	4.60	4.70	5.10	4.80	5.30	5.30	5.00
Domingo,12 de Agosto 2018	1.80	2.80	3.30	3.60	3.80	4.40	5.20	5.00	5.10	5.00	5.40	5.00
miércoles,15 de Agosto 2018	2.40	1.80	3.00	3.60	4.10	4.00	5.20	5.30	4.80	5.00	5.50	5.20
Domingo,19 de Agosto 2018	2.40	1.80	3.60	3.80	4.30	4.80	4.80	5.00	5.20	5.20	5.30	5.50
miércoles,22 de Agosto 2018	1.90	1.80	3.10	3.60	4.00	4.10	5.00	5.10	5.10	5.30	5.20	5.30
Domingo,26 de Agosto 2018	1.90	2.80	3.30	3.30	4.30	4.60	4.70	5.00	5.20	5.40	5.50	5.50
miércoles,29 de Agosto 2018	1.90	1.80	2.80	3.00	4.00	4.60	5.30	5.10	5.10	5.30	5.30	5.20
Domingo,02 de Septiembre 2018	1.80	1.60	3.00	3.70	3.80	4.90	5.00	4.90	5.10	5.40	5.30	5.10
miércoles,05 de Septiembre 2018	2.40	2.60	2.80	3.80	4.40	4.50	4.70	5.20	5.00	5.30	5.30	5.50
Domingo,09 de Septiembre 2018	2.90	1.80	3.00	3.60	4.10	4.30	5.10	5.10	4.90	5.30	5.40	5.20
miércoles,12 de Septiembre 2018	1.80	3.00	3.70	3.80	4.10	4.30	4.70	5.00	5.00	5.40	5.30	5.10
Domingo,16 de Septiembre 2018	1.90	2.80	3.00	3.80	4.20	4.30	5.00	5.10	5.30	5.40	5.50	5.40
miércoles,19 de Septiembre 2018	2.40	2.80	3.30	3.60	4.00	4.20	5.10	4.70	4.80	5.30	5.40	5.00
Domingo,23 de Septiembre 2018	2.90	2.90	3.40	3.70	4.20	4.40	4.80	5.00	5.00	5.10	5.10	5.10
miércoles,26 de Septiembre 2018	1.60	2.90	3.10	3.50	4.30	4.50	4.80	5.00	4.90	5.20	5.40	5.50
Domingo,30 de Septiembre 2018	1.90	1.90	3.00	3.90	4.10	4.30	5.20	4.80	5.00	5.30	5.50	5.50

Fuente: elaboración propia.

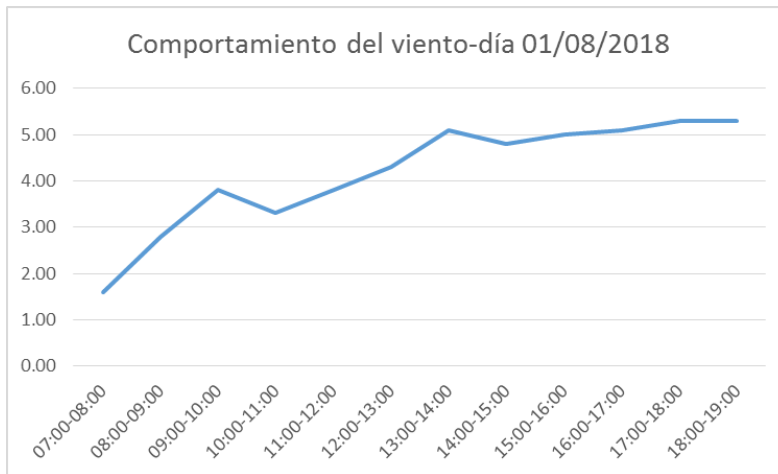
Algunas gráficas que demuestran el comportamiento diario del recurso eólico en la zona de estudio:



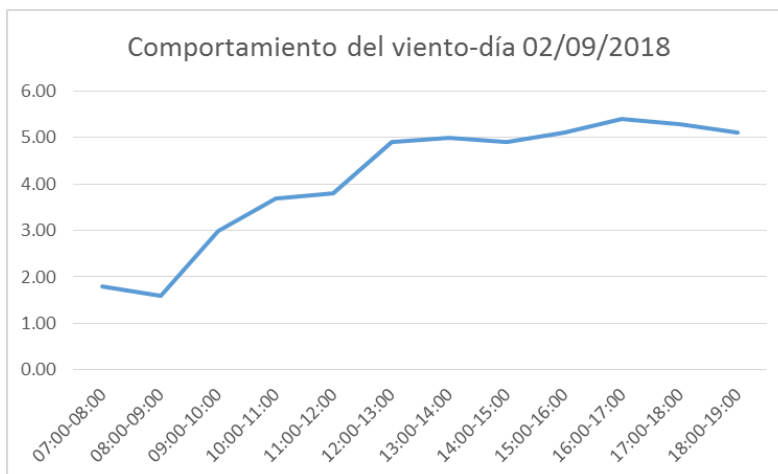
Figura 11. Velocidad del viento-día 03/06/2018.



*Figura 12. Velocidad del viento-día 01/07/2018.*



*Figura 13. Velocidad del viento-día 01/08/2018.*



*Figura 14. Velocidad del viento-día 02/09/2018.*

Se observa en las gráficas de cada inicio de mes, que el viento mantiene un comportamiento semejante; el resto de gráficos se muestran en el **(ANEXO N°07)**.

### **Cálculo de los parámetros k y c de weibull**

Los valores obtenidos de la medición de la velocidad del viento se han registrado según la frecuencia con que ocurrieron (distribución de frecuencias), ya sea el número de horas por mes o por año, para obtener el potencial eólico.

La distribución de frecuencias se determinó clasificando la velocidad del viento en intervalos de 1 m/s, que inicia entre 0m/s y 1m/s, del tal modo se pudo calcular el porcentaje con que el viento sopla en cada intervalo.

A partir de la tabla 5 en donde se muestra el registro de velocidades de viento obtenido durante cuatro meses, se elaboró consecutivamente la tabla 6 donde se muestran de forma sintetizada los datos para determinar la frecuencia de los vientos óptimos para la generación de energía.

*Tabla 6. Distribución de frecuencia y distribución acumulada.*

VELOCIDAD PROMEDIO (m/s)	RANGO MAXIMO (m/s)	RANGO MINIMO (m/s)	OBSERVACIONES	DIST. DE FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMALADA (fa)
0.5	1	0	0	0	0
1.5	2	1	33	0.078571429	0.078571429
2.5	3	2	40	0.095238095	0.173809524
3.5	4	3	72	0.171428571	0.345238095
4.5	5	4	100	0.238095238	0.583333333
5.5	6	5	175	0.416666667	1
<b>TOTAL DE DATOS</b>			420		

*Fuente: elaboración propia.*



A continuaciones gráficas a partir de la tabla 6:

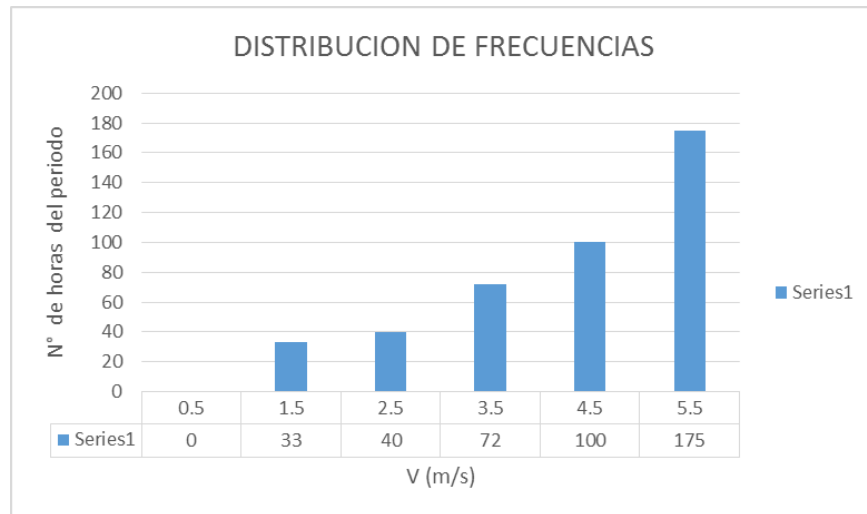


Figura 15. Distribución de frecuencias.

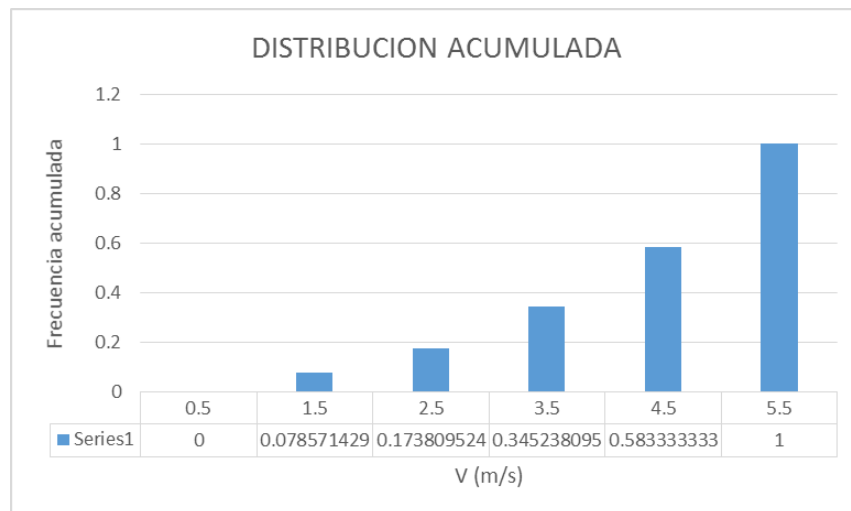


Figura 16. Distribución acumulada de weibull.

Los valores de  $k$  y  $c$  (parámetros de la distribución de weibull) se obtuvieron empleando la ecuación de la recta aplicando el método de regresión lineal realizado con los datos registrados de la tabla 6, velocidad promedio y distribución acumulada.

Tabla 7. Valores para obtener la ecuación de la recta.

VELOCIDAD PROMEDIO	DISTRIBUCIÓN ACUMULADA
$x = \ln(v)$	$y = \ln(-\ln(1-F(v)))$
-0.693147181	
0.405465108	-2.503111131
0.916290732	-1.65584877
1.252762968	-0.859240458
1.504077397	-0.132995836
1.704748092	

Fuente: elaboración propia.

Representación gráfica a partir de los valores de x vs y mostrados en la tabla 7:

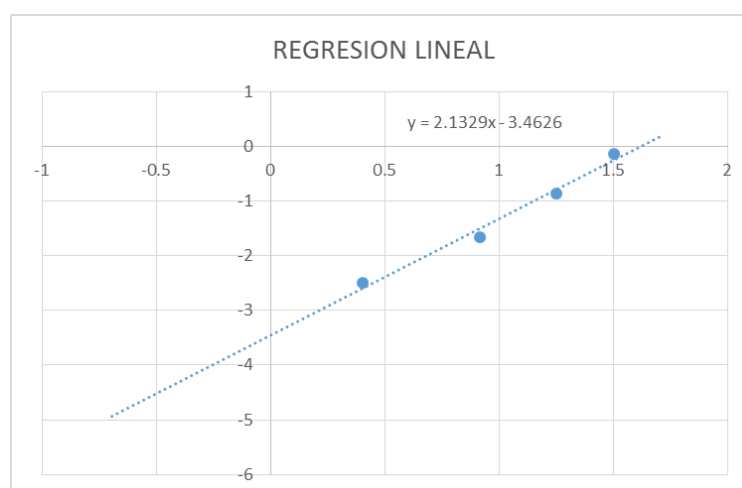


Figura 17. Ajuste lineal de la recta.

La ecuación obtenida del ajuste lineal de la recta:

$$y = 2.1329x - 3.4626$$

De donde se identificó el valor de k (parámetro de forma) y el de b (que corresponde a la intersección con el eje de las coordenadas), para luego aplicarlos en la **ecuación (1.7)** que permitió calcular el valor de c (parámetro de escala, m/s).

Datos:

k= 2.1329 (adimensional)

b= -3.4626

$$c = e^{-\left(\frac{b}{k}\right)}$$

$$c = 5.07 \text{ m/s}$$

La velocidad media ( $\bar{v}$ ) se calculó con el valor de k y el valor de la función Gamma ( $\Gamma$ ).

**Ecuación (1.11)**

$$\bar{v} = c \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$

$$\bar{v} = 4.49 \text{ m/s}$$

*Tabla 8. Valores de Gamma para diferentes valores de k.*

k	$\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) = \frac{\bar{v}}{c}$
1	1
1.25	0.931384
1.5	0.902745
1.6	0.896574
1.7	0.892244
1.8	0.889287
1.9	0.887363
2	0.886227
2.1	0.885694
2.2	0.885625
2.3	0.885915
2.4	0.886482
2.5	0.887264
3	0.892979
3.5	0.899747
4	0.906402

*Fuente: Tesis. Diseño y cálculo de un generador eólico aislado de la red. Alcala Marcos Fernando.*

Con un valor de k= 2.1329, aplicando una interpolación lineal se calculó Gamma y después la velocidad media:

$$\Gamma = 0.885648$$

$$c = 5.07 \text{ m/s}$$

Con los parámetros  $k$  y  $c$  calculamos la probabilidad con que ocurre una determinada velocidad del viento, establecida por **Ecuación (1.5)**:

$$f(v) = \frac{k}{c} * \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} * e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}$$

*Tabla 9. Frecuencia de la velocidad de viento.*

V (m/s)	PROBABILIDAD f(v)
0	0
0.5	0.030277327
1	0.06481004
1.5	0.098269539
2	0.12781245
2.5	0.151342063
3	0.167484199
3.5	0.175635104
4	0.175950257
4.5	0.169251204
5	0.156861707
5.5	0.140401158
6	0.121569541
6.5	0.101956171
7	0.082896062
7.5	0.06538599
8	0.05006023
8.5	0.037216159
9	0.026874062

*Fuente: elaboración propia*

Se realizó la gráfica de la distribución de Weibull con los datos de la tabla 9, para expresar los resultados, donde se observa el comportamiento del recurso eólico cuando se cuenta con un valor de forma ( $k$ ) de 2.1329.

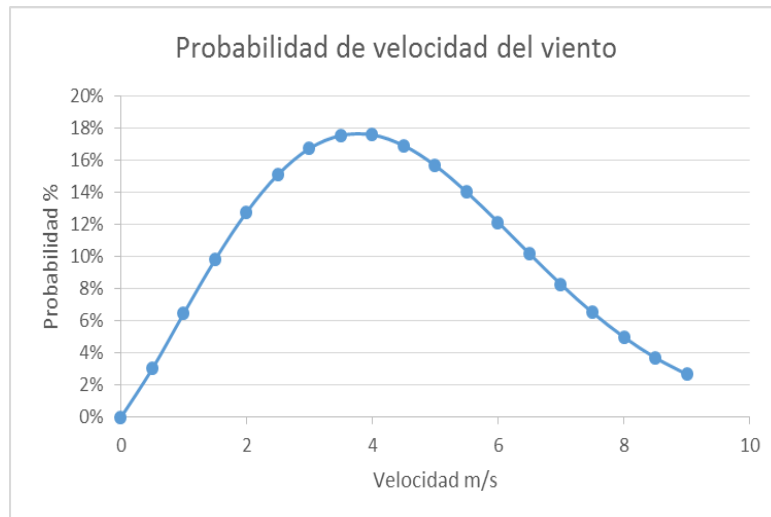


Figura 18. Distribución de weibull para fondo Chucupe.

### Potencial eólico del Fundo Chucupe

Determinada la velocidad media 4.49 m/s, y asimismo teniendo como dato el radio del aerogenerador seleccionado Bornay 1500 (se seleccionó dicho aerogenerador porque satisface la potencia y energía consumida diaria del poblador, leer **Anexo n° 04** donde se muestran las curvas de potencia de salida, y la producción de energía eléctrica mensual), se empleó la **Ecuación (1.1)** para hallar el potencial eólico de la zona en estudio:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V^3 * \pi * r^2$$

$$P = \frac{1}{2} * 1.2 * 4.49^3 * \pi * (1.43)^2$$

$$P = 348.9 \text{ W}$$

La densidad a utilizar depende de la zona de estudio, esta dada la siguiente ecuación para su determinación:

### Ecuación (1.2)

$$\rho = 1.225 * e^{\left[\left(\frac{-z}{8435}\right) - \left(\frac{T-15}{288}\right)\right]}$$

$$\rho = 1.200 \text{ Kg/m}^3$$

### 3.3 Seleccionar los componentes electromecánicos que conforman el sistema eólico de generación de energía eléctrica.

Dimensionamiento del sistema eólico:

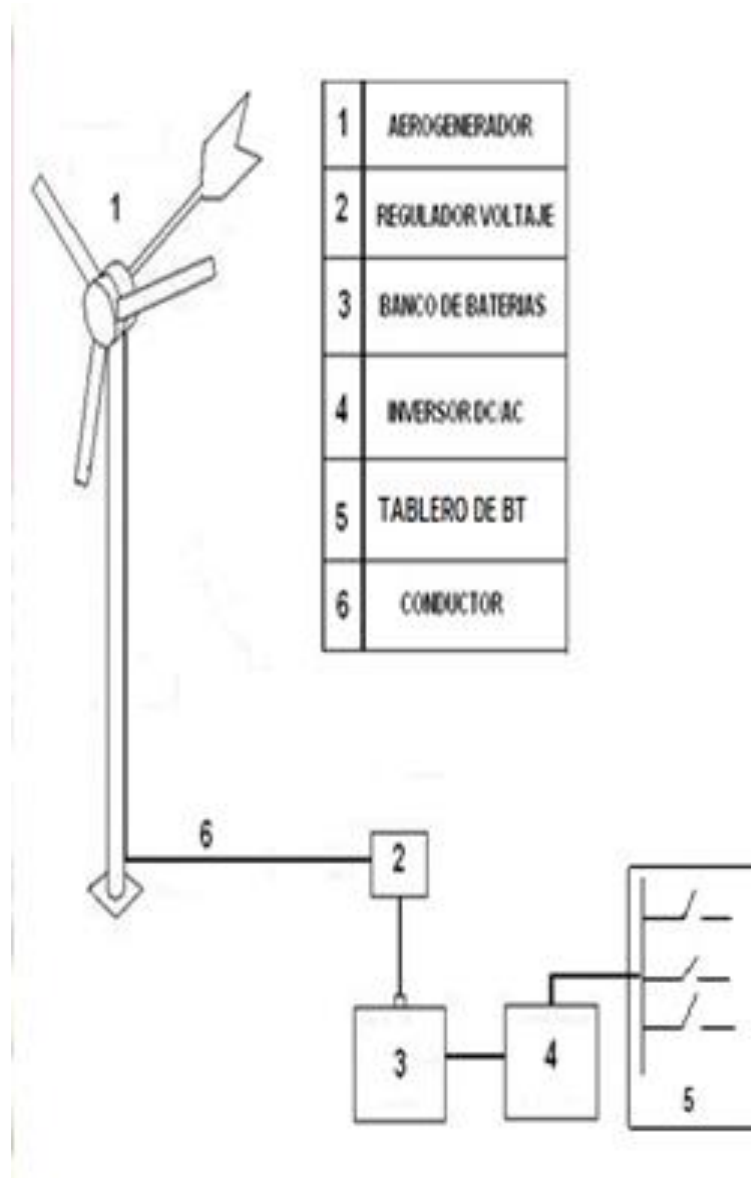


Figura 19. Sistema eólico aislado.

#### Selección del aerogenerador

Se adquirió un aerogenerador Bornay 1500 que cumple con abastecer la demanda máxima y el consumo de energía mensual o anual, según sus graficas

de curvas características (**Anexo n°04**), que depende primordialmente de la velocidad promedio del viento de lugar de estudio.

Hasta el momento se han seleccionado los siguientes componentes del sistema eólico:

- Aerogenerador de marca Bornay 1500, que incluye un regulador de carga (24 V- 80 A) y una torre de 13 metros de altura.

En el apartado siguiente se demuestra el cálculo para dimensionar el regulador de carga.

El resto de componentes a determinar son banco de baterías, el inversor y el conductor de comunicación o alimentación entre el aerogenerador y el regulador de carga, que serán determinados a partir de la energía demandada.

*Tabla 10. Especificaciones técnicas del aerogenerador Bornay1500.*

Diámetro del rotor	2.86 m
Número de álabes	3
Peso	41 Kg
Sistema de control	Regulador electrónico Pasivo por inclinación
Velocidad de arranque	3.5 m/s
Potencia nominal	1500 W
Velocidad nominal	12 m/s
Velocidad de protección	14 m/s
Voltaje de carga de baterías	24 VDC

*Fuente: catálogo aerogeneradores Bornay.*

### **Regulador de carga**

El regulador controla la tensión generada por el sistema de generación (aerogenerador), y evita que las baterías sean sobrecargadas, además permiten realizar un buen mantenimiento de las mismas.

Se seleccionó el regulador de carga Bornay (24 V- 80 A).

Con las siguientes **Ecuaciones (1.12 Y 1.13)** determinamos la capacidad del del equipo a utilizar:

$$I_e = \frac{P_e}{V_e}$$

$$I_n = I_e * 1.25$$

$I_e$ : Intensidad de corriente entrada del sistema.

$P_e$ : Potencia eléctrica que entrega el aerogenerador.

$V_e$ : Voltaje del sistema de generación.

$I_n$ : Intensidad nominal de corriente, determina la elección del regulador.

$$I_e = 62.5 \text{ A}$$

$$I_n = 68.5 * 1.25 = 78.1 \text{ A} \approx 80 \text{ A}$$

### **Determinación de la energía necesaria**

A partir de la carga instalada u obtenida se genera una demanda de energía ( $E_D$ ) la que a la par determina una energía necesaria ( $E_N$ ) que debe ser proporcionada por el sistema.

Esta energía necesaria ( $E_N$ ), que complace la demanda de energía ( $E_D$ ) por la carga instalada, pende de un factor de pérdidas (F), el cual incluye los factores de pérdidas de los equipos que constituyen el sistema de generación eléctrica.

### **Ecuación (1.14)**

$$E_N = \frac{E_D}{F}$$

### **Ecuación (1.15)**

$$F = 1 - \left( \frac{f_a * N}{p_d} \right) - f_b - f_i - f_j$$



Factores de pérdida de energía:

$f_a$ : Por la auto-descarga de la batería(s).

$f_b$ : Debido a la eficiencia de la batería.

$f_i$ : Debido a la eficiencia del inversor.

$f_j$ : Debido a calentamiento, conexiones, etc.

$p_d$ : Profundidad de descarga máxima de las baterías.

$N$ : Días de autonomía del sistema (valor razonable de autonomía del sistema es 3 días por mes).

Factores de pérdidas son los siguientes según, referencia bibliografía Instalaciones de energía. Tomo V. sistema de conversión eléctrica por CENSOLAR.

$$f_a = 0.005$$

$$f_b = 0.05$$

$$f_i = 0.13$$

$$f_j = 0.05$$

El factor de profundidad de descarga ( $p_d$ ) lo adquirimos de la batería a seleccionarse, en nuestro proyecto consideramos baterías estacionarias de plomo-ácido.

Para éstas el valor de  $p_d$  esta entre los límites del 60 a 70 % de su capacidad nominal. Aplicaremos el 65%.

$$p_d = 0.65$$

Reemplazando en la **Ecuación (1.13)** determinamos un factor de pérdidas:

$$F = 0.747$$

Sabiendo que el valor de la energía demandada ( $E_D$ ) es de 35.25KWh/mes, se sustituyó en la **Ecuación (1.12)** que determinó una energía necesaria de:

$$E_N = 47.2 \text{ KWh/mes}$$

### Determinación del banco de baterías

Se seleccionó la batería RITAR 12v 100Ah\_RA AGM (ANEXON°05).

Inicialmente se determinó la capacidad nominal ( $C_n$ ) del banco de baterías, utilizando la energía necesaria ( $E_N=47.2KWh/mes$ ), a pesar de ello se debe tener presente una energía necesaria diaria dado que las baterías suministrarán energía diariamente.

De tal manera se calcula la capacidad nominal de las baterías con la **ecuación (1.14)**:

$$C_n = \frac{E_N}{30 * p_d * V}$$
$$C_n = \frac{47200}{30 * 0.65 * 24}$$
$$C_n = 100 \text{ Ah}$$

Donde:

V : Voltaje del banco de baterías.

Aplicando y reemplazando los valores se obtiene:

Puesto que se requiere un obtener nivel de 24 V que es la tensión de salida del regulador de carga, se deben conectar 02 baterías en serie de 12 v, este conexionado tendrá una capacidad de 100Ah que es lo que requiere el sistema eólico. El número de series demandado es:

$$N_{\text{serie}} = \frac{C_n}{C}$$
$$N_{\text{serie}} = 1$$

No obstante tener presente los días 03 autonomía (**N**) por lo que debemos recalcular el banco de baterías, de este modo cuando se ausente el recurso eólico el sistema de generación continuar suministrando energía eléctrica durante 3 días como máximo

Por lo consecuente se debe contar con 3 series de batería:

$$\# \text{ total de series} = N_{\text{serie}} * N$$

$$\# \text{ total de series} = 3$$

Finalmente se utilizaron 6 baterías RITAR 12v 100Ah RA.

### **Determinación del inversor**

Se seleccionó un inversor de 24V 500VA Victron Phoenix (**ANEXO N°06**), este tipo de inversores extraen la corriente continua almacenada en las baterías 24V para convertirla en corriente alterna, para el funcionamiento de los equipos eléctricos de los usuarios a un nivel de tensión 220V alterna.

Para dimensionar el inversor se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

Potencia o máxima demanda: 318 W

Factor de seguridad: 1,2

La potencia del inversor se determina a partir de la **ecuación (1.15)**:

$$P_{inv} = P * f_s$$

$$P_{inv} = 382 W = 449.41 VA \approx 500 VA$$

### **Determinación del conductor eléctrico aerogenerador-regulador de carga**

En el tramo de alimentación desde el equipo de generación hasta el dispositivo de control se empleó conductor NYY de cobre (temperatura máxima de operación 70°C) directamente enterrado.

Para su dimensionado se aplicaron las siguientes **Ecuación (1.16)** y **Ecuación (1.17)** respectivamente:

Para calcular intensidad de corriente de diseño ( $I_D$ ) en sistemas trifásicos:

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3} * V * FP}$$

$$I_N = \frac{1500}{\sqrt{3} * 24 * 0.85}$$

$$I_N = 42.45 \text{ A}$$

$$I_D = I_N * 1.25$$

Para calcular la caída de tensión ( $\Delta V$ ) permisible:

$$\Delta V = \frac{K * \rho * I_N * L * FP}{S}$$

Donde:

$I_N$  : Intensidad de corriente de nominal.

$I_D$  : Intensidad de corriente de diseño.

P : Potencia del aerogenerador (1500 W).

K :  $\sqrt{3}$ , para suministro trifásico.

$\rho_{70}$ :  $0.0201 \Omega mm^2/m$ , resistividad del cable en este caso cobre.

L : 40 metros, longitud del conductor tramo aerogenerador-regulador de carga.

FP : factor de potencia, asumiremos 0.85.

Reemplazando valores se obtuvo la corriente de diseño, revisamos en el C.N.E. y nos ubicamos en la tabla 2-tipo de instalación D-columna 13, y optamos por la elección del conductor  $16 mm^2$ .

$$I_D = 53.07 \text{ A}$$

Reemplazando valores obtenemos la caída de tensión:

$$\Delta V = 3.14 V$$

Consecuentemente el calibre del conductor seleccionado es de  $16\text{mm}^2$ , que cumple con la recomendación indicada por el fabricante dado en la siguiente tabla 11:

*Tabla 11. Calibres de conductor de cobre.*

Modelo	lac x fase (A)	0-20 mts	20-40 mts	40-60 mts	60-80 mts	80-100 mts
Bornay 600 / 12v	17	10 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>
Bornay 600 / 24v	8.8	6 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>
Bornay 600 / 48v	4.5	4 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>
Bornay 1500 / 24v	22	10 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>
Bornay 1500 / 48v	11	6 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>
Bornay 3000 / 24v	42	10 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>
Bornay 3000 / 48v	21	4 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>
Bornay 6000 / 48v	42	6 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>

*Fuente: catálogo aerogeneradores Bornay.*

### **3.4 Configurar el sistema de distribución rural de energía eléctrica el fundo Chucupe.**

Obtenidos los resultados positivos del dimensionamiento del sistema eólico aislado, se procedió a diseñar el proyecto de red de baja tensión para el fundo Chucupe con el fin de suplir la energía necesaria a los pobladores del fundo.

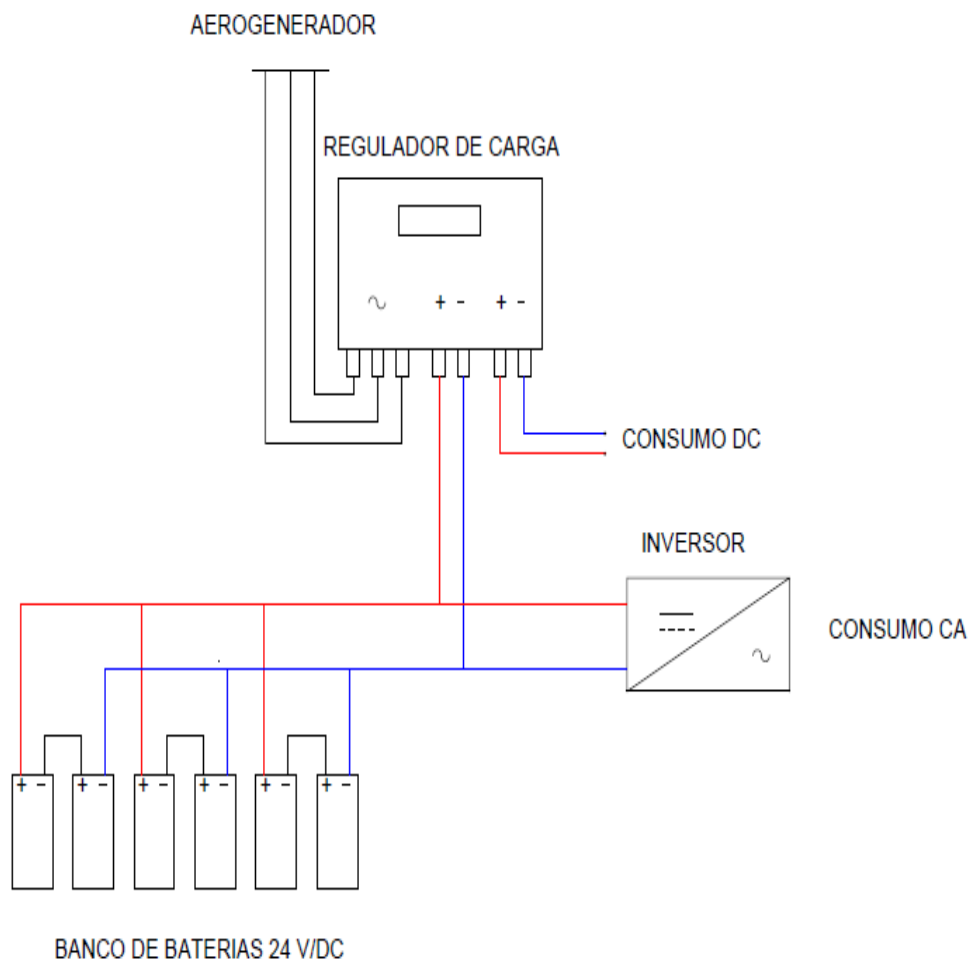
Este sistema de distribución aérea tiene un nivel de tensión 220V monofásico (02 fases vivas); y se indica las siguientes actividades que se realizarían:

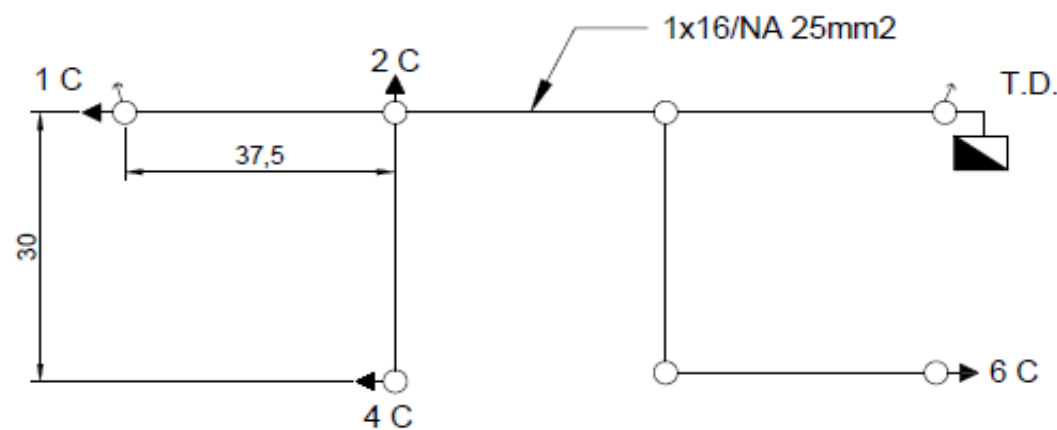
- Montaje e instalación de conductor NYY  $16\text{mm}^2$ .
- Instalación de protecciones en la caseta de control de distribución eléctrica (interruptor termomagnético- puesta a tierra)
- Montaje e instalación de:
  - Postes Concreto Armado Centrifugado 8m/200Kg/150/270mm.
  - Postes Concreto Armado Centrifugado 8m/300Kg/150/270mm
- Montaje e instalación de retenidas simples.

- Instalación de conductor auto-portante CAAI aéreo en BT (1x16/25 NA mm<sup>2</sup>).

A continuación se presenta el plano de distribución eléctrica (carga) el cual cuenta con 01 circuito y el diagrama unifilar del sistema eólico:

*Ilustración 1. Diagrama unifilar del sistema eólico.*





LEYENDA RED B.T. MONOFASICA	
	Tablero de distribución
	Conductor autoportante Al
	Poste 8 m C.A.C
	Retenida simple

	FECHA	NOMBRE	NOTA	<b>UCV</b>
DIBUJADO	26/11/2018	PALACIOS BRIONES		
UBICACION	FUNDO CHUCUPE LAMBAYEQUE			
ESCALA <b>S/E</b>	DIAGRAMA DE CARGA			PLANO 001
				ING.MEC. ELECT. GRUPO K

### Cálculo del interruptor termomagnético

El interruptor termomagnético nos da la confianza de interrumpir el fluido eléctrico ante la presencia de un evento por cortocircuito o sobreintensidad, protegiendo nuestra instalación. Se calculó con la **Ecuación (1.16)**:

$$I_N = \frac{MD}{1 * V * FP}$$

$$I_D = I_N * 1.25$$

La máxima demanda para cada circuito y la determinación de cada interruptor electromagnético se da en la siguiente tabla 12:

*Tabla 12. Selección de interruptor por circuito*

DENOMINACIÓN	CANTIDAD DE USUARIOS	MAXIMA DEMANDA POR USUARIO (W)	MAXIMA DEMANDA POR CKTO (W)	VOLTAJE DEL CKTO (V)	FACTOR DE POTENCIA	CORRIENTE NOMINAL (A)	CORRIENTE DE DISEÑO (A)	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO (A)
CKTO-1	13	318	4134	220	0.85	22.1069519	27.6336898	32

*Fuente: elaboración propia.*

La capacidad de corriente del dispositivo monofásico es de 32 A, bipolar.

### Cálculo caída de tensión

Disponiendo de la norma donde menciona que la caída de tensión no debe exceder del 5% de la tensión nominal, en este caso nuestro sistema es 220 V monofásico, según el Código Nacional de Electricidad de Distribución en el apartado **4.1.3**

**Caída de Tensión Permisible** para redes secundarias, se dimensionaron las secciones de los conductores. Se calcula con la **Ecuación (1.17)**:

$$\Delta V = \frac{K * \rho * I_D * L * COS\varphi}{S}$$



Donde:

$\Delta V$ : Caída de tensión en voltios.

$K$ : 2 (suministro 1~);  $\sqrt{3}$  (suministro 3~).

$\rho$ : Resistividad del aluminio,  $0.028 \Omega mm^2/m$ .

$L$ : longitud del conductor en metros, 90 metros.

$COS\phi$ : Factor de potencia, 0.85.

$S$ : Sección del conductor,  $16 mm^2$ .

Caída de tensión en el punto más alejado desde la caseta de control, es decir donde se realiza el último punto de entrega es:

$$\Delta V = 7.40 V$$

Seguidamente se presenta la tabla con los valores de  $\Delta V$  en los diferentes puntos de entrega de servicio eléctrico, observamos que todos los valores están dentro del rango permisible del C.N.E.:

Tabla 13. Caída de tensión en diferentes pintos de entrega.

Nº USUARIO	SECCION CONDUCTOR (mm <sup>2</sup> )	LONGITUD (m)	TENSION (V)	FACTOR K SISTEMA 1~	FACTOR POTENCIA	RESISTIVIDAD ALUMINIO $\Omega mm^2/m$	INTENSIDAD DE DISEÑO (A)	CAÍDA DE TENSIÓN ( $\Delta V$ )
1	1x16/NA25	30	220	2	0.85	0.028	27.6336898	1.57843636
2	1x16/NA25	30	220	2	0.85	0.028	27.6336898	1.57843636
3	1x16/NA25	60	220	2	0.85	0.028	27.6336898	3.15687272
4	1x16/NA25	60	220	2	0.85	0.028	27.6336898	3.15687272
5	1x16/NA25	90	220	2	0.85	0.028	27.6336898	4.73530908
6	1x16/NA25	90	220	2	0.85	0.028	27.6336898	4.73530908
7	1x16/NA25	90	220	2	0.85	0.028	27.6336898	4.73530908
8	1x16/NA25	90	220	2	0.85	0.028	27.6336898	4.73530908
9	1x16/NA25	60	220	2	0.85	0.028	27.6336898	3.15687272
10	1x16/NA25	90	220	2	0.85	0.028	27.6336898	4.73530908
11	1x16/NA25	60	220	2	0.85	0.028	27.6336898	3.15687272
12	1x16/NA25	60	220	2	0.85	0.028	27.6336898	3.15687272
13	1x16/NA25	90	220	2	0.85	0.028	27.6336898	4.73530908

Fuente: elaboración propia.

## Selección de Conductor autoportante

Los conductores empleados en el circuito de red de baja tensión aérea son cables Autoportantes Multi-Conductores de Aluminio, CAAI, que están fabricados según las disposiciones de las normas NTP 370.254 y ASTM B399-04.

Como se observa en tablas 13 y 14 las características del conductor autoportante, seleccionándose 1x16/25NA mm<sup>2</sup>.

Tabla 14. Características dimensionales y eléctricas.

Formación *	Espes. Aislam. Fase (mm)	Sección Neutro Portante (mm <sup>2</sup> )	Diámetro Nominal Exterior (mm)	Peso (Kg/Km)	Resistencia Ohmica (Ohm/Km a 20°C)		Reactancia Inductiva (Ohm/Km a 60Hz)		Factor de Caída de Tensión ** (V/A.Km)	
					Fase	Alumbdo	Fase	Alumbdo	Fase	Alumbdo
1 x 16 + ND25 mm <sup>2</sup>	1,14	25	20,0	130	1,910	---	0,099	---	3,492	---
2 x 16 + ND25 mm <sup>2</sup>	1,14	25	20,0	192	1,910	---	0,100	---	3,492	---
1 x 16 + NA25 mm <sup>2</sup>	1,14	25	23,0	162	1,910	---	0,111	---	3,504	---
2 x 16 + NA25 mm <sup>2</sup>	1,14	25	23,0	225	1,910	---	0,108	---	3,502	---
2 x 25 + NA25 mm <sup>2</sup>	1,14	25	25,0	282	1,200	---	0,098	---	2,231	---

Fuente: CEPER CABLES.

En la tabla 13 las características con asteriscos significan:

(\*) ND: neutro desnudo

NA: neutro aislado.

(\*\*) Para corriente trifásica:

- Con factor de potencia 0.8 y un factor de carga de 100%.

Tabla 15. Capacidad de corriente (Amperios).

Sección (mm <sup>2</sup> )	TEMPERATURA AMBIENTE			
	20°C	30°C	40°C	50°C
16	97	89	81	72
25	127	117	107	95
35	153	141	129	114
50	186	171	156	139
70	233	215	196	174
95	283	262	238	211
120	328	303	275	244

Fuente: CEPER CABLES.

### Sistema puesta tierra

En la ejecución e instalación del sistema PAT se ha empleado un electrodo de cobre electrolítico tipo jabalina (enterrado a una profundidad del nivel del suelo de 3 m, con sus dosis respectivas de tierra de cultivo, sal industrial y bentonita) conectado a la barra tierra del tablero general de distribución a través de un conductor de cobre aislado de  $10 \text{ mm}^2$  de diámetro el cual cumple con lo dispuesto en la siguiente tabla:

Tabla 16. Sección de conductores de tierra.

Capacidad de conducción del conductor de acometida de mayor sección o el equivalente para conductores múltiples [A]	Sección del conductor de cobre de puesta a tierra [mm <sup>2</sup> ]
100 o menos	10
101 a 125	16
126 a 165	25
166 a 200	25
201 a 260	35
261 a 355	50
356 a 475	70
Sobre 475	95

Fuente: C.N. E. utilización 2005.

### 3.5 Realizar el análisis económico del sistema.

#### Inversión Inicial del Proyecto

La inversión inicial del proyecto, se divide en 02 partes: costo del equipamiento del sistema de generación eólica y tablero de distribución eléctrica que incluye sus protecciones y la red de distribución eléctrica en baja tensión.

A continuación se detallan los metrados y en la tabla 16 se observa el resumen de la inversión del proyecto.

- Presupuesto red de distribución eléctrica

<b>METRADO REDES SECUNDARIAS</b>					
<b>PROYECTO : RED SECUNDARIA</b>					
<b>UBICACIÓN : FUNDO CHUCUPE - PROVINCIA LAMBAYEQUE</b>					
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PU S/.	PP S/.
<b>RED SECUNDARIA - SUMINISTRO DE MATERIALES</b>					
<b>1.00</b>	<b>ESTRUCTURAS D/CONCRETO.</b>				
1.01	POSTE C.A.C. 8/200/150/270	unid	4.00	390.00	1,560.00
1.02	POSTE C.A.C. 8/300/150/270	unid	3.00	450.00	1,350.00
<b>SUBTOTAL ITEM 1.00</b>					2,910.00
<b>2.00</b>	<b>CONDUCTORES Y CABLES</b>				
2.01	CONDUCTOR DE ALEACIÓN DE AL TIPO CAAI, FORR. 1x16+NA25mm2	m	200.00	3.50	700.00
2.04	CONDUCTOR CPI 16mm2	m	2.50	8.00	20.00
2.05	CABLE CONCENTRICO 2 x 12 AWG ,Cu.	m	100.00	3.00	300.00
<b>SUBTOTAL ITEM 2.00</b>					1,020.00
<b>3.00</b>	<b>RETENIDAS</b>				
3.01	AISLADOR D/PORCELANA DE TRACCIÓN ANSI 54-1	unid	2.00	4.31	8.62
3.02	PERNO OJO ANGULAR DE A° G° 5/8"x 8"Ø, CON TUERCA, ARANDELA Y CONTRA	unid	2.00	13.15	26.30
3.03	CABLE DE ACERO 3/8" Ø, 7 HILOS, GRADO SIEMENS-MARTIN	m	16.00	3.39	54.24
3.04	AMARRE PREFORMADO DE ACERO GALVANIZADO P/CABLE 3/8"Ø	unid	8.00	8.50	68.00
3.05	ARANDELA CUADRADA 4"x4"x1/4", HUECO 13/16"Ø	unid	2.00	3.50	7.00
3.06	VARILLA D/ANCLAJE A°G° 5/8"Ø x 1.80m, INCLUYE TUERCA Y ARANDELA CURV	unid	2.00	32.18	64.36
3.07	ALAMBRE N°12 DE F°G°	m	6.00	0.68	4.08
3.08	BLOQUES DE CONCRETO ARMADO DE 0.40 x 0.40 x 0.15 m	unid	2.00	29.64	59.28
<b>SUBTOTAL ITEM 3.00</b>					291.88
<b>4.00</b>	<b>MATERIAL ELECTRICO ACCESORIO</b>				
4.01	CONECTOR CUÑA PARA AL o CU, TIPO I	pza	12.00	3.00	36.00
4.02	CINTA AUTOFUNDANTE PARA EXTREMO DE CABLE	pza	1.00	35.00	35.00
4.03	CINTA AISLANTE	pza	1.00	5.00	5.00
4.04	GRAPA CÓNICA P/CABLE AUTOPORTANTE AL 25-50mm2	pza	7.00	10.00	70.00
4.05	GRAPA DE SUSPENSION P/CABLE AUTOPORTANTE AL 25-35 mm2	pza	2.00	5.00	10.00
4.06	PERNO GANCHO 5/8x8"	pza	9.00	10.41	93.69
<b>SUBTOTAL ITEM 4.00</b>					249.69
<b>5.00</b>	<b>DE CONEXIONES DOMICILIARIAS, B.T. MONOFASICA</b>				
5.01	TUBO PVC SAP, 3m x 3/4"Ø	m	9.00	23.50	211.50
5.02	TUBO F°G° 6.40 m x 3/4" Ø	unid	10.00	5.80	58.00
5.03	CURVA PVC SAP 3/4" Ø x 180 GRADOS	unid	14.00	0.50	7.00
5.04	CAJA PORTAMEDIDOR MONOFASICA	unid	13.00	25.00	325.00
5.05	TEMPLADOR T/SAPITO A°G°	m	26.00	0.95	24.70
5.06	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 1~,25A,bipolar	unid	13.00	10.35	134.55
5.07	MEDIDOR ELECTRONICO 1~ DE ENERGIA ACTIVA CLASE 1,2 HILOS,220 V. 10(40)	unid	13.00	55.00	715.00
5.08	CINTA AISLANTE PVC, 19mmx20mx0.18mm	unid	2.00	5.00	10.00
<b>SUBTOTAL ITEM 5.00</b>					1,485.75
<b>TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES</b>					5,957.32

MONTAJE ELECTROMECAÁNICO					
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	PU S/.	CANT.	PP S/.
<b>RED SECUNDARIA</b>					
<b>1.00</b>	<b>MONTAJE DE ESTRUCTURAS D/CONCRETO</b>				
1.01	TRASLADO DE POSTES DESDE ALMACEN AL PUNTO DE IZAJE	unid	7.00	79.90	559.30
1.02	IZAJE POSTE CONCRETO 8/200/150/270-8/300/150/270	unid	7.00	129.71	907.97
1.03	EXCAVACIÓN DE HUECO P/POSTE	unid	7.00	47.49	332.43
<b>SUBTOTAL ITEM 1.00</b>					1,799.70
<b>2.00</b>	<b>MONTAJE DE RETENIDAS</b>				
2.01	INSTALACION DE RETENIDA TIPO INCLINADA	unid	2.00	79.89	159.78
2.02	EXCAVACIÓN DE HUECO P/ RETENIDA	unid	2.00	47.49	94.98
<b>SUBTOTAL ITEM 2.00</b>					254.76
<b>3.00</b>	<b>MONTAJE DE CONDUCTOR DE ALUMINIO</b>				
3.01	TENDIDO CONDUCTOR AUTOPORTANTE	m	200.00	0.84	168.00
<b>SUBTOTAL ITEM 3.00</b>					168.00
<b>4.00</b>	<b>INSTALACION DE CONEXIONES DOMICILIARIAS, B.T. MONOFASICA</b>				
	INSTALACION DE SUMINISTRO MONOFÁSICO DOMICILIARIO	unid	14.00	55.00	770.00
<b>SUBTOTAL ITEM 4.00</b>					770.00
<b>TOTAL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO</b>					2,992.46

- Presupuesto de sistema de generación y sistema de protección

EQUIPO DE GENERACION EOLICA					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PU S/.	PP S/.
1	AEROGENERADOR BORNAY 1500	und	01	13322.69	13322.69
2	BATERIAS RITAR 12v 100Ah RA AGM	und	06	631.76	3790.56
3	INVERSOR 24V 500VA Victron Phoenix	und	01	813.24	813.24
4	CABLE NYY 3-1x16 mm <sup>2</sup>	m	40	22.60	904.00
5	TABLERO DE DISTRIBUCION DE 6 POLOS	und	01	25.00	25.00
6	INTERUPTOR TERMOMAGNETICO 16 A	und	02	28.90	57.80
7	CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO DESNUDO 16 mm <sup>2</sup>	m	16	7.20	115.20
8	CONDUCTOR THW# 10 AWG	m	05	2.29	11.45
9	VARILLA COBRE ELECTROLÍTICO 5/8"Øx2.40m	und	02	30.57	61.14
10	CAJA REGISTRO P/PUESTA ATIERRA CON LOGO	und	02	25.43	50.86
11	CONECTOR AB P/VARILLA 5/8"Ø- CAB(35mm <sup>2</sup> )	und	02	5.61	11.22
12	BENTONITA	blsa	04	22.4	89.60
13	INSTALACION	global	01	1500	1500.00
<b>TOTAL</b>					<b>20752.76</b>

- Resumen de inversión inicial de proyecto

*Tabla 17. Inversión total del proyecto.*

ACTIVIDAD	MONTO S/.
ELECTRIFICACIÓN RURAL	S/ 8,951.57
SISTEMA DE GENERACION	S/ 20,752.76
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>S/ 29,704.33</b>

*Fuente: elaboración propia.*

### **Ingresos con aplicación del proyecto**

La tabla 17 muestra el coste mensual actual generado por el uso de insumos que permiten abastecer el consumo de energía eléctrica no proporcionada por la concesionaria a cada familia, lo que representa los ingresos que genera la implementación del proyecto, equivalente a 40.30 nuevos soles mensuales.

*Tabla 18. Gasto mensual/usuario.*

SERVICIO BÁSICO	INSUMO EMPLEADO	UNID	CANTIDAD/ MES	PRECIO/ UNIDAD S/.	PRECIO PARCIAL S/.
TV, RADIO, ILUMINACIÓN, CARGA DE CELULAR	PETROLEO	GALON	1	11.30	11.30
	VELAS	UNID	30	0.30	9.00
	BATERIA	CARGA	4	5.00	20.00
<b>GASTO/MES TOTAL</b>					<b>40.30</b>

*Fuente: elaboración propia.*

Teniendo como dato que la población cuenta con 13 familias se genera un ingreso mensual de S/.523.90 o S/.6 286.80 anual. Iluminación

### **Egresos con aplicación del proyecto**

“Las actividades de operación y mantenimiento del sistema eólico no precisan de costo elevados, los que varían entre el 1% y el 4% de la inversión inicial” (Vásquez, Tamayo, salvador, 2017, p. 40).

Sin embargo al ser aislado de la red del sistema interconectado se tomará y operar con un sistema de electrificación en baja tensión, se considera el 4%. Las actividades de mantenimiento son las siguientes:

- Inspección visual de las hélices.
- Verificar el estado de las baterías.
- Comprobar el estado de los cables del sistema eólico.
- Verificar correcto funcionamiento de los componentes de control.
- Mantenimiento al PAT.
- Mantenimiento del sistema distribución aérea (redes secundarias y sistema de medición).

Dicha ejecución de la actividad se realizará 01 vez al año a partir del 04 periodo, por personal calificado; el costo estimado es de S/. 1 226.68 por cada mantenimiento.

### Flujo de caja del proyecto

Este sistema vida útil de aproximadamente 20 años; considerando un periodo de 10 años de retorno de la inversión inicial S/. 29 704.33 y una tasa de interés anual del 10% (tasa promedio de préstamo del sector privado para uso estatal).

*Tabla 19. Detalle del flujo neto efectivo por período.*

DETALLE	PERIODO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>FLUJO EGRESOS</b>											
SISTEMA EÓLICO	S/ 20,752.76										
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	S/ 8,951.57										
MANTENIMIENTO		S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 1,226.68	S/ 1,226.68	S/ 1,226.68	S/ 1,226.68	S/ 1,226.68	S/ 1,226.68	S/ 1,226.68
<b>FLUJO INGRESOS</b>											
REEMPLAZO DE INSUMOS		S/ 6,286.80	S/ 6,286.80	S/ 6,286.80	S/ 6,286.80	S/ 6,286.80	S/ 6,286.80	S/ 6,286.80	S/ 6,286.80	S/ 6,286.80	S/ 6,286.80
FLUJO NETO DE EFECTIVO PROYECTADO	S/ 29,704.33	S/ 6,286.80	S/ 6,286.80	S/ 6,286.80	S/ 5,060.12	S/ 5,060.12	S/ 5,060.12	S/ 5,060.12	S/ 5,060.12	S/ 5,060.12	S/ 5,060.12

*Fuente: elaboración propia.*

Tabla 20. VAN

n	FNE
0	-S/ 29,704.33
1	S/ 6,286.80
2	S/ 6,286.80
3	S/ 6,286.80
4	S/ 5,060.12
5	S/ 5,060.12
6	S/ 5,060.12
7	S/ 5,060.12
8	S/ 5,060.12
9	S/ 5,060.12
10	S/ 5,060.12
<b>VAN</b>	S/ 4,438.49

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21. TIR

TASA DE DESCUENTO	VAN
0.00	S/ 24,576.91
0.05	S/ 12,709.13
0.10	S/ 4,438.49
0.15	S/ -1,507.97
0.20	S/ -5,905.94
0.25	S/ -9,242.68
0.30	S/ -11,832.98
0.35	S/ -13,885.59
0.40	S/ -15,542.27
0.45	S/ -16,901.52
0.50	S/ -18,033.15
<b>TIR</b>	14%

Fuente: elaboración propia.

El valor actual neto (VAN) me ha permitido determinar que el proyecto es viable. Generando una ganancia de S/. 4 438.49.

El valor de la tasa interna de retorno (TIR), siendo 14 % anual que significa un valor superior a la tasa de interés anual de 10% me indica que el proyecto es rentable. Además permite recobrar la inversión inicial.

### Beneficio-costo

Es la relación de los flujos de caja (beneficios actualizados) entre el costo de la inversión inicial, lo permitió determinar que por cada sol invertido estamos ganando s/. 0.15.

Tabla 22. Determinación B/C.

BENEFICIO/ COSTO
S/ 1.15

Fuente: elaboración propia.



#### IV. DISCUSIÓN.

- Sánchez (2016, p.7) referencia [1].  
Estoy de acuerdo con su conclusión siempre y cuando las mediciones del recurso renovable se realicen en campo durante el periodo recomendable, periodo mínimo de un año, con la finalidad que pueda obtenerse valores favorables que permitan implementar este proyecto.
- Chercca (2014, p. X) referencia [2].  
Desde luego que este proyecto se concentra en el beneficio de la población, mejorando su situación actual llena de carencia que impide su desarrollo social y económico dentro de la sociedad, a la vez favorece al medio ambiente por ser un sistema que emplea RER.
- Díaz (2010) referencia [3].  
Sin duda alguna concuerdo con Díaz, este tipo sistema eólico aislado permite abastecer con energía eléctrica a las zonas más alejadas de nuestro país donde no llegan las líneas primarias por parte de las diferentes concesionarias. Con esto aumentamos el índice de electrificación rural.
- Hualpa (2006, xiii) referencia [4].  
De acuerdo con Hualpa; desde luego que lo primordial en este proyecto es tener valores reales de las medidas de la velocidad del viento para determinarse la potencia a producir, además conseguir la carga instalada para determinar la máxima demanda por la población. Con estos datos dimensionamos el sistema eólico.

## V. CONCLUSIÓN.

- Se elaboró un inventario de las cargas eléctricas (equipos eléctricos) con que cuenta el poblador determinándose una máxima demanda de 318W y una energía diaria consumida de 1175 WH, dichas demandas siendo abastecidas por el sistema eólico dimensionado, además de calcular el factor de carga 0.21.
- Se realizó una data de las mediciones del viento tomadas en campo a diez metros sobre el nivel del suelo, utilizando el anemómetro digital durante 12 horas diarias obteniendo mayores velocidades entre las 14:00 y 19:00. Luego con la teoría de distribución de Weibull se determina una velocidad media de 4.49 m/s consecuentemente se obtuvo un potencial eólico de la zona en estudio de 348.9 W.
- Se seleccionaron los dispositivos electromecánicos del sistema eólico:

A partir de la velocidad media se determinó un aerogenerador bornay 1500W.

Con el valor de la potencia eléctrica y la tensión de salida del aerogenerador seleccionó regulador de carga de 24V-80A.

Con los valores de la energía necesaria, la profundidad descarga de la batería y la tensión del banco de baterías se determinó 06 baterías de 100 Ah.

Así mismo a partir de la máxima demanda y un factor de seguridad de 1.2 se calculó un inversor de 500 VA.

- El sistema de distribución eléctrica cuenta con circuito de red secundaria en baja tensión (220V) con un interruptor termo-magnético de 32 A para sobrecarga o cortocircuito, se tuvo en cuenta la caída de tensión 7.40 V para la elección del conductor auto-portante 1x16/25NA. Así mismo para la protección de las personas se cuenta con 02 sistemas de puesta a tierra, uno conectado a la masa del aerogenerador y otro a la masa del tablero eléctrico en baja tensión.
- La inversión del presente diseño engloba dos sub-inversiones, la primera con un costo de S/ 8 951.57 que abarca la distribución de la energía a los usuarios por medio de redes secundarias, la segunda con un costo de S/ 20 752.76 que

corresponde al sistema de generación eléctrica. Se analizó económicamente la inversión determinándose los valores del Valor Actual Neto de S/.4 438.49 y la Tasa Interna de Retorno 14%, teniendo como resultado un proyecto viable y rentable económicamente, además de un valor de relación beneficio-costos 1.15.

## VI. RECOMENDACIONES

- Sustituir los equipos fluorescentes de 40 W que actualmente utilizan los pobladores, por luminarias LED (tipo de tecnología que emite mayor iluminación y menos calor), para este reemplazo podemos seleccionar una luminaria que consume de 13 W y emite 100 W) para contribuir con el ahorro energético o aprovechar esa energía en otros consumos o cargas.
- Para evitar la reducción del rendimiento del aerogenerador, el equipo de generación debe instalarse en un lugar alejado de posibles obstáculos, ya que si se instala en un sitio inapropiado podría verse desfavorecido por vientos flojos y turbulencias.
- El aerogenerador bornay recomendado, alcanza un nivel de generación de ruido de 30 dB, este valor se encuentra dentro de los límites permitidos que puede soportar el oído humano. A continuación véase la tabla:

*Figura 20. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.*

ZONAS DE APLICACIÓN	VALORES EXPRESADOS EN LAEQT <sup>4</sup>	
	HORARIO DIURNO (07:01 A 22:00)	HORARIO NOCTURNO (22:01 A 07:00)
Zona de protección especial	50 dB	40 dB
Zona residencial	60 dB	50 dB
Zona comercial	70 dB	60 dB
Zona industrial	80 dB	70 dB

*Fuente: Reglamento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.*

- Recomiendo brindar información básica sobre la generación de energía eólica a los habitantes del lugar, a la vez capacitar a uno o dos pobladores en tema de mantenimiento de este tipo de sistema con la finalidad de que al presenciarse un evento, ellos puedan atender y dar solución a esta emergencia, lo que también evitaría un egreso de dinero considerable al contactar con personal técnico de empresas especializadas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALCALA, Marcos Fernando. Diseño y cálculo de un generador eólico aislado de la red. Tesis (Ingeniero electricista). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014. 127 pp.

Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables por Carta José [*et al.*]. Madrid: Pearson Educación, S.A., 2009. 703 pp. ISBN: 978-84-832-2227-0.

CHERCCA, Ramírez Juan. Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en el poblado rural la Gramita de Casma. Tesis (Maestro en ciencias con mención en: gestión ambiental). Lima: Universidad Nacional De Ingeniería, 2014. 156 pp. [2].

DÍAZ, Galinos Luis. Análisis energético de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico en el sector típico IV utilizando el método de series sintéticas. Tesis (Ingeniero electricista). Huancayo: Universidad Nacional Del Centro Del Perú, 2010. 113 pp. [3].

Energías renovables y eficiencia energética por Julieta Schallenberg [*et al.*]. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., 2008. 147 pp. ISBN: 978-84-69093-86-3.

FERNANDEZ, Pedro. Energía eólica. España: Universidad de Cantabria, 2003. 136 pp. ISBN 84-8102-019-2.

HUALPA, Huamaní Maimer. Estudio de factibilidad de sistemas híbridos eólico– solar en el departamento de Moquegua. Tesis (Ingeniero mecánico). Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2006. 105 pp. [4].

Instalaciones de energía. Tomo V. sistema de conversión eléctrica por CENSOLAR. España: PROGNSA, 2008. 143 pp. ISBN: 978-84-95693-46-3.

JÁCOME Ibett, CARVACHE Orly. CE Contribuciones a la economía [en línea]. *Abril de 2017*. [Fecha de consulta: 20 de Noviembre 2018]. Disponible en <http://www.eumed.net/ce/2017/2/costo-beneficio.html>. ISSN 1696-8360.

La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país por Jesús Tamayo [*et al.*]. Magdalena del Mar: [s.n.], 2016. 343 pp. ISBN: 978-612-47350-0-4.

METE, Marcos. Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión [en línea]. VOL 7: (67-85), MARZO 2014, [Fecha de consulta: 20 de Noviembre 2018]. Disponible en [www.scielo.org.bo/pdf/rfer/V7N7/V7N7-A06PDF](http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/V7N7/V7N7-A06PDF). ISSN 2071-081X.

SANCHEZ, Gallego Neidaly. Diseño de un sistema híbrido eólico solar para el bombeo de agua. Tesis (Ingeniero mecánico). Colombia: Universidad Tecnológica De Pereira, 2016.110 pp. [1].

Tecnologías solar-eólica-hidrogeno-pilas de combustible como fuentes de energías por Miguel Valenzuela [*et al.*]. Morelos: Tecnológicos de estudios superiores Ecatepec, 2009. 319 pp. ISBN: 978-607-95065-0-6.

VASQUÉZ, Arturo, TAMAYO, Jesús y SALVADOR, Julio. La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático. Magdalena del Mar: [s.n.], 2017. 307 pp. ISBN: 978-612-47350-2-8.

# ANEXO N° 01

ENCUESTA N°		
Encuestador:		
Encuestado:		
<b>LOCALIDAD: FUNDO CHUCUPE</b>		
<b>1. UBICACIÓN</b>		
1.1 Departamento Lambayeque	Provincia: Lambayeque Distrito: Lambayeque	
1.2 Latitud: 625827		
1.3 Longitud: 9261100		
1.4 Altitud: 25 m.s.n.m.		
<b>2. MEDIO DE TRANSPORTE</b>		
2.1 ¿Qué medio utiliza para comunicarse con la capital o con su distrito?		
Auto <input type="checkbox"/>	Bicicleta <input type="checkbox"/>	
Moto o mototaxi <input type="checkbox"/>	Caminando <input type="checkbox"/>	
2.2 ¿A qué distancia se encuentra ubicada tu localidad con: La capital del distrito: Km <input type="checkbox"/> Horas <input type="checkbox"/>		
<b>3. SALUD</b>		
3.1 ¿Existe posta médica o centro de salud en tu localidad?		
Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
<b>4. EDUCACIÓN</b>		
4.1 ¿Cuenta con centro educativo en tu localidad?		
Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
<b>5. SERVICIOS BÁSICOS</b>		
5.1 ¿Cuentan con servicio de agua y alcantarillado?		
Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
<b>6. ENERGÍA</b>		
6.1 ¿De qué manera se abastece de energía eléctrica?		
Consecionaria <input type="checkbox"/>	Generadores <input type="checkbox"/>	
Batería <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>	
6.3 ¿Qué electrodomésticos usas y cuántas horas al día?		
Televisión <input type="checkbox"/>	Horas <input type="checkbox"/>	
Radio <input type="checkbox"/>	Horas <input type="checkbox"/>	
Refrigeradora <input type="checkbox"/>	Horas <input type="checkbox"/>	
6.4 ¿Qué tipo de iluminación usas y cuántas horas al día ?		
focos Incandescentes <input type="checkbox"/>	Horas <input type="checkbox"/>	
fluorescentes <input type="checkbox"/>	Horas <input type="checkbox"/>	
Focos ahorradores <input type="checkbox"/>	Horas <input type="checkbox"/>	
Focos LED <input type="checkbox"/>	Horas <input type="checkbox"/>	
<b>7. VIVIENDAS Y HABITANTES</b>		
7.1 ¿Material con que esta construida tu vivienda?		
Noble <input type="checkbox"/>	Noble/adobe <input type="checkbox"/>	
Adobe <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>	
7.2 ¿Con cuántas piezas cuenta tu vivienda?	<input type="text" value="4"/>	
7.3 ¿Cuántos habiantes viven en tu domicilio?	<input type="text" value="4"/>	
<b>8. ACTIVIDADES ECONÓMICAS</b>		
8.1 Agricultura	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
8.2 Ganaderia	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
8.3 Comercio	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>

ANEXO N° 02

FICHA DE MEDICIÓN DEL VIENTO

ALTURA DE MEDICION (m)	VELOCIDAD DEL VIENTO(m/s)											
	10											
LATTUD	COORDENADA GMS WGS84 ZONE 17S											
LONGITUD	06° 41' 03,4"											
FECHA/HORA	079° 51' 41,1"											
	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00



## ANEXO N° 03

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ANEMÓMETRO

Modelo		GM816
Material		El plastico
Velocidad del aire	Distancia	0.3 - 30 m / s, 0 - 90 kmh, 0 - 5860ft / min, 0 - 65 mph, 0 - 55Knots
	Resolución	0,1 m / s, 0,3 kmh, 19 pies / min, 0,2 mph, 0.2Knots
	Límite	0,1 m / s, 0,3 kmh, 39ft / min, 0,2 mph, 0.1Knots
	Exactitud	+/- 5%
Temperatura del aire	Distancia	-10 ~ 45 °C, 14 ~ 113 °F
	Resolución	0,2 °C, 0,36 °F
	Exactitud	± 2, ± 3.6F
Fuente de alimentación		1 * batería de 3V CR2032 (no incluido)
Termómetro		Termómetro NTC
Temperatura de funcionamiento		-10 ~ 45 °C (14 °F ~ 113)
Humedad de funcionamiento		menos de o igual a 90% de humedad relativa
Temperatura de almacenamiento		-40 ~ 60 °C, -40 ~ 140 °F
Consumo actual		Acerca de 3 mA
Peso		105 g / 3.7 oz
Dimensiones		(10.5 x 4.5 x 2) cm / (4,13 x 1,77 x 0,79)
Color		Amarillo, Negro

### ANEMÓMETRO CON VALOR DE VELOCIDAD DEL VIENTO



## ANEXO N° 04

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL AEROGENERADOR BORNAY 1500

#### Características técnicas

Número de hélices	2
Diámetro	2,86 mts
Material	Fibra de vidrio/carbono
Dirección de rotación	En sentido contrario a las agujas del reloj
Sistema de control	1. Regulador electrónico 2. Pasivo por inclinación

#### Características eléctricas

Alternador	Trifásico de imanes permanentes
Imanes	Neodimio
Potencia nominal	1500 w
Voltaje	24, 48, 120 v
RPM	@ 700
Regulador	24 v 80 Amp 48 v 40 Amp 120v. Conexión red

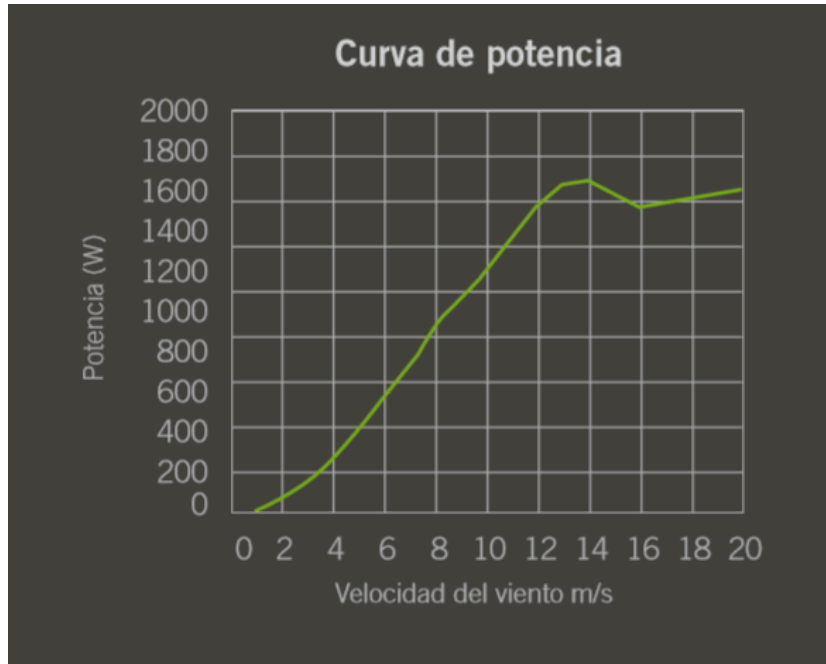
#### Velocidad del viento

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

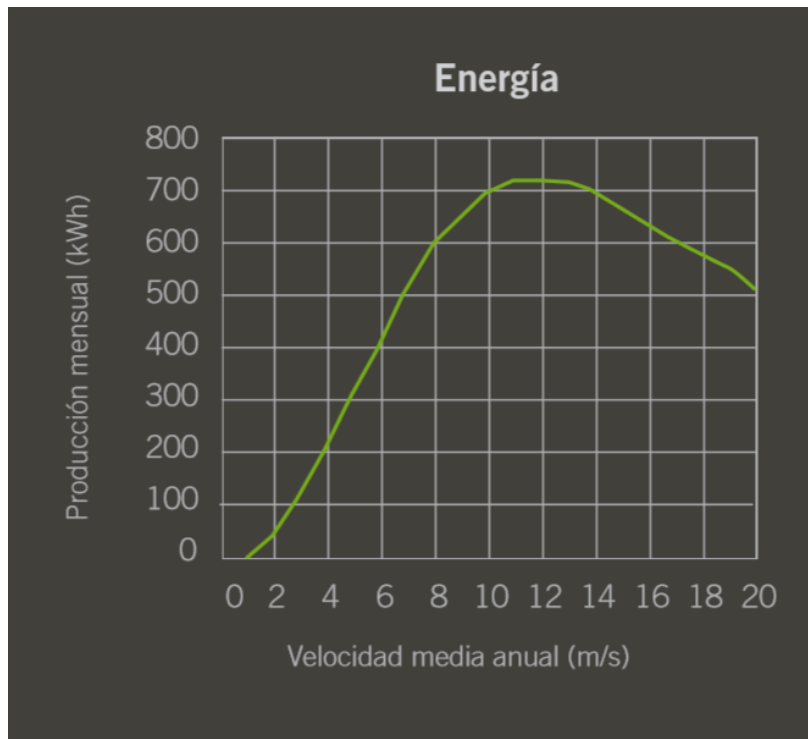
#### Características físicas

Peso aerogenerador	41 kg
Peso regulador	8 kg
Embalaje	50 x 77 x 57 cm - 57 kg
Dimensiones - peso	153 x 27 x 7 cm - 6,8 kg
Total	0,23 m <sup>3</sup> - 61,8 Kgr
Garantía	3 años

## CURVA POTENCIA VS. VELOCIDAD DEL VIENTO



## CURVA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MENSUAL VS. VELOCIDAD DEL VIENTO



## ANEXO N° 05

### BATERÍAS DE PLOMO-ACIDO DE CICLO PROFUNDO



## RA12-100 (12V100Ah)

RA series is a general purpose battery with 10 years design life in float service. It meets with IEC, JIS and BS standards. With up-dated AGM valve regulated technology and high purity raw materials, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPS, medical equipment, emergency light and security system applications.

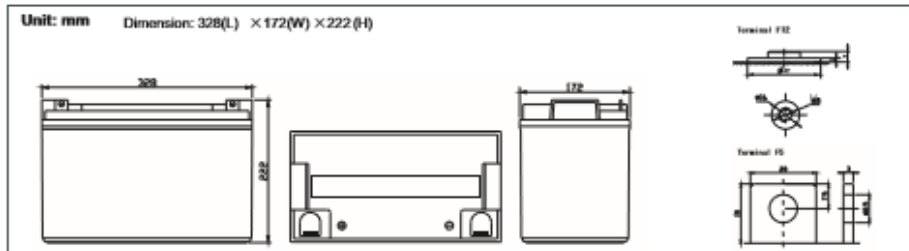


#### Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	100Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx.30.0 Kg( Tolerance ±2%)
Max. Discharge Current	1000A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 5m Ω
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Float charging Voltage	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current Limit	30 A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge rate less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Terminal F5/F12
Container Material	A.B.S, UL94-HB, UL94-V0 Optional.



#### Dimensions



#### Constant Current Discharge Characteristics: A (25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	320.7	226.9	181.4	112.7	65.00	38.89	26.88	22.03	18.03	12.42	10.50	5.78
10.0V	311.4	215.8	177.7	110.8	64.70	38.60	26.78	21.93	17.93	12.32	10.40	5.67
10.2V	302.2	208.2	174.9	109.8	64.10	38.31	26.57	21.83	17.82	12.22	10.30	5.57
10.5V	271.3	192.1	166.5	107.1	63.50	38.02	26.47	21.62	17.61	12.12	10.20	5.46
10.8V	244.9	175.2	153.5	102.4	62.00	37.33	25.75	21.11	17.29	11.92	10.10	5.36
11.1V	209.1	156.6	137.7	95.91	58.90	35.68	24.62	20.09	16.55	11.41	9.80	5.04

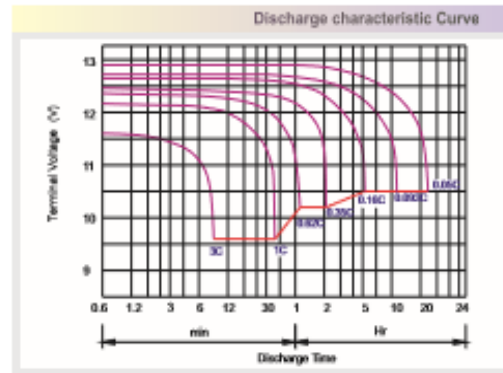
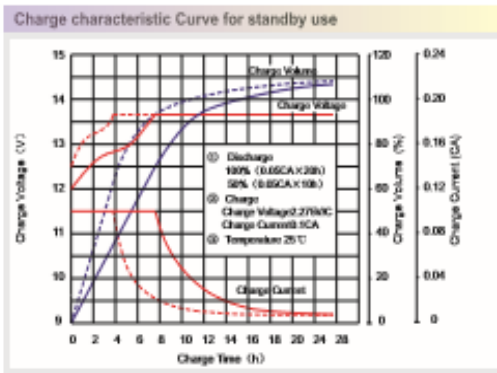
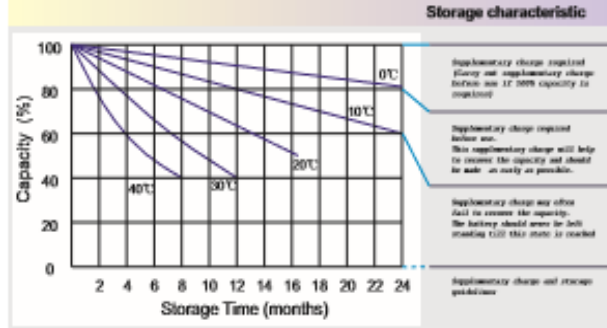
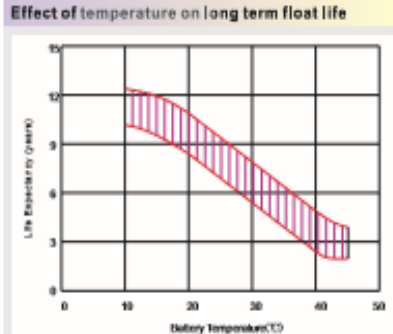
#### Constant Power Discharge Characteristics: W(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	3317	2416	1996	1284	751.1	458.4	319.9	262.6	215.1	148.3	125.5	69.26
10.0V	3251	2342	1964	1269	749.3	456.0	320.0	262.3	214.6	147.6	124.7	68.06
10.2V	3214	2280	1941	1260	743.5	453.3	318.6	261.7	213.9	146.6	123.6	66.80
10.5V	2926	2123	1852	1230	736.8	450.0	317.4	259.3	211.3	145.4	122.4	65.54
10.8V	2665	1957	1712	1179	723.2	444.2	308.7	253.4	207.5	143.0	121.2	64.28
11.1V	2341	1770	1541	1108	692.3	427.7	295.4	241.1	198.6	136.9	117.6	60.50

All mentioned values are average values (Tolerance ±2%).

# RA12-100

12V100Ah



## Capacity Factors With Different Temperature

Battery Type		-20°C	-10°C	0°C	5°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	45°C
GEL Battery	6V&12V	50%	70%	83%	85%	90%	98%	100%	102%	104%	105%
	2V	60%	75%	85%	88%	92%	99%	100%	103%	105%	106%
AGM Battery	6V&12V	46%	66%	76%	83%	90%	98%	100%	103%	107%	109%
	2V	55%	70%	80%	85%	92%	99%	100%	104%	108%	110%

## Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage Vfloat	1.75V	1.70V	1.65V
Discharge Current (A)	(A) ≤0.2C	0.2C < (A) < 1.0C	(A) ≥1.0C

Charge the batteries at least once every six months, if they are stored at 25°C.

Charging Method:

Constant Voltage	-0.2C x 2h + 14.4-14.7V x 24h, Max. Current 0.3C
Constant Current	-0.2C x 2h + 0.1C x 12h
Fast	-0.2C x 2h + 0.3C x 4h

Ball	M5	M5	M5
Terminal	F3 F4 F13 F18 T25 T26	F8 F11 F12 J F15	F5 F9 F10 F12 F14 F16
Temp	0-75°C	0-105°C	10-52°C

## Maintenance & Cautions

<b>Float Service:</b>
✘ Every month, recommend inspection every battery voltage.
✘ Every three months, recommend equalization charge for one time.
<b>Equalization charge method:</b>
Discharge: 100% rate capacity discharge.
Charge: Max. current 0.3CA, constant voltage 14.4-14.7V charge 24h.
✘ Effect of temperature on float charge voltage: -3mV/°C/Cell.
✘ Length of service life will be directly affected by the number of discharge cycles, depth of discharge, ambient temperature and charging voltage.

SHENZHEN RITAR POWER CO.,LTD.  
URL: www.ritarpower.com

Address: Rm405, Tower C, Huahan Building, Langshan Rd16, Nanshan District, ShenZhen, 518057, China  
Tel: +86-755-33881888 Fax: 86-755-8367-5180

2/5-Ver1.1

## ANEXO N° 06

### INVERSOR DE 24V 500VA VICTRON PHOENIX

victron energy  
BLUE POWER

## Inversores Phoenix

250VA – 1200VA 230V y 120V, 50Hz o 60Hz

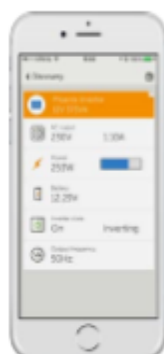
[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



Phoenix 12/375 VE.Direct



Phoenix 12/375 VE.Direct



#### Puerto de comunicación VE.Direct

El puerto VE.Direct puede conectarse a:

- Un ordenador (se necesita un cable de interfaz VE.Direct a USB)
- Smartphones Apple y Android, tabletas, mackbooks y demás dispositivos (se necesita una mochila VE.Direct a Bluetooth Smart)

Totalmente configurable:

- Niveles de disparo de la alarma y restablecimiento por tensión baja de la batería.
- Niveles de desconexión y reinicio por tensión baja de la batería.
- Desconexión dinámica: nivel de desconexión dependiente de la carga
- Tensión de salida 210 - 245V
- Frecuencia 50 Hz o 60 Hz
- On/off del modo ECO y sensor de nivel del modo ECO

Seguimiento:

- Tensión y corriente de entrada/salida, % de carga y alarmas

#### Fiabilidad probada

La topología de puente completo más transformador toroidal ha demostrado su fiabilidad a lo largo de muchos años.

Los inversores están a prueba de cortocircuitos y protegidos contra el sobrecalentamiento, ya sea debido a una sobrecarga o a una temperatura ambiente elevada.

#### Alta potencia de arranque

Necesaria para arrancar cargas como convertidores para lámparas LED, halógenas o herramientas eléctricas.

#### Modo ECO

En modo ECO, el inversor se pondrá en espera cuando la carga descienda por debajo de un valor predeterminado (carga mínima: 15W). Una vez en espera, el inversor se activará brevemente (ajustable; por defecto: cada 2,5 segundos). Si la carga excede el nivel predeterminado, el inversor permanecerá encendido.

#### Interruptor on/off remoto

Se puede conectar un interruptor On/Off remoto a un conector bifásico o entre el positivo de la batería y el contacto de la izquierda del conector bifásico.

#### Diagnóstico LED

Por favor, consulte el manual para obtener su descripción.

#### Para transferir la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Para nuestros inversores de menor potencia recomendamos nuestro conmutador de transferencia automático Filax. El tiempo de conmutación del 'Filax' es muy corto (menos de 20 milisegundos), de manera que los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción.

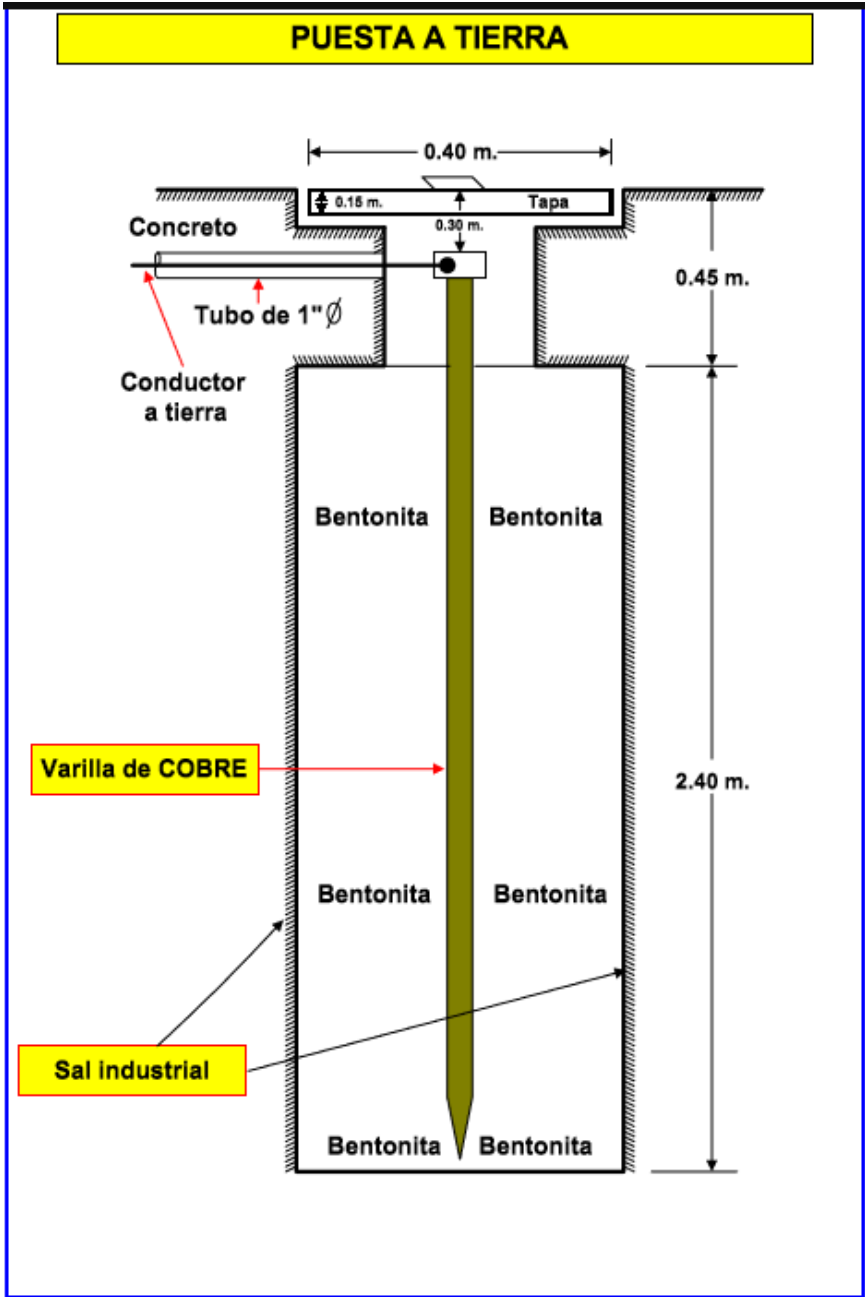
#### Disponible con tres tomas de corriente distintas



#### Bornes de tornillo

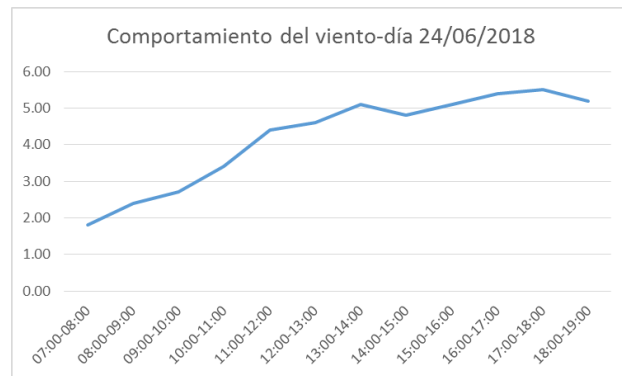
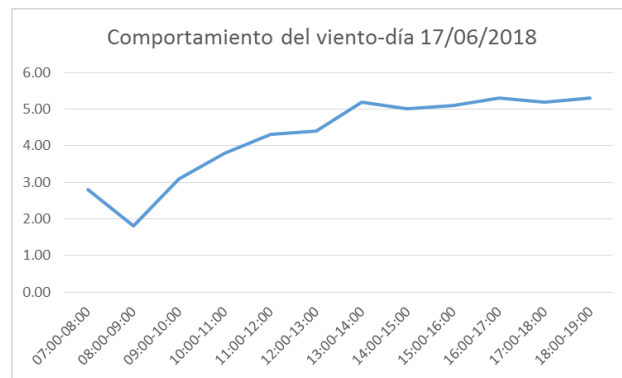
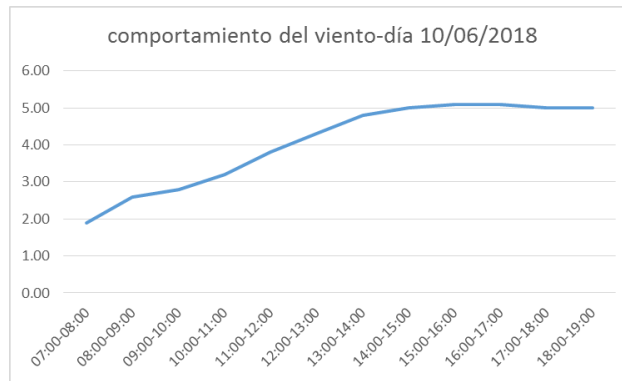
No se necesitan herramientas especiales para su instalación

ANEXO N° 08  
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

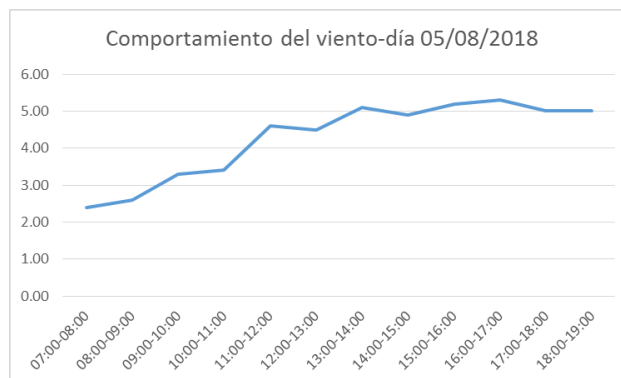
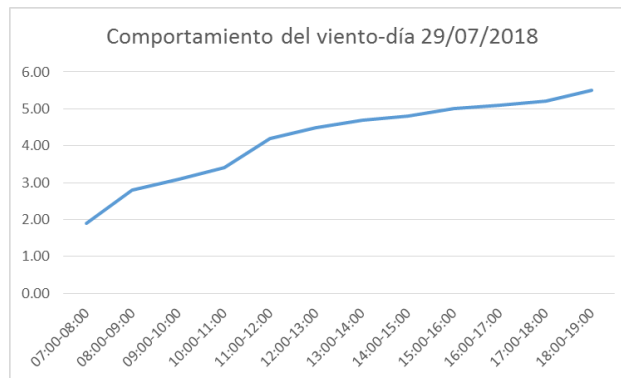
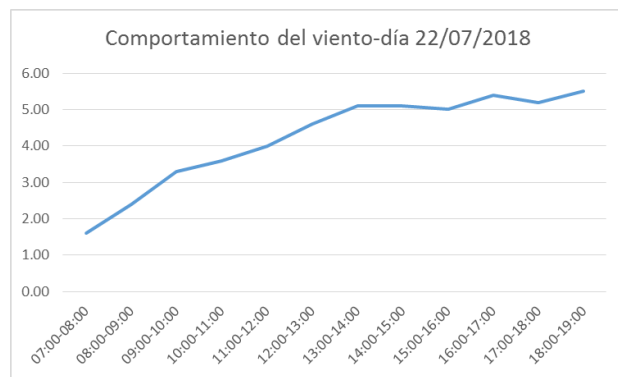
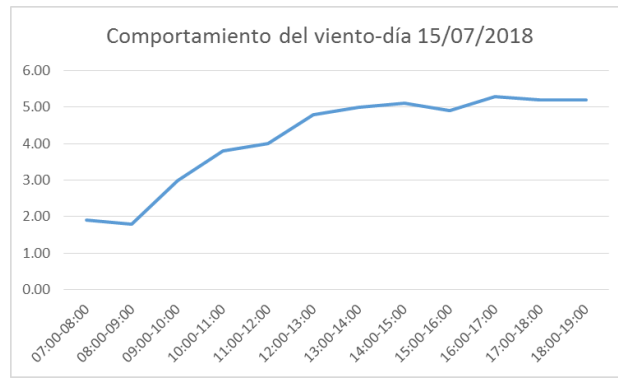


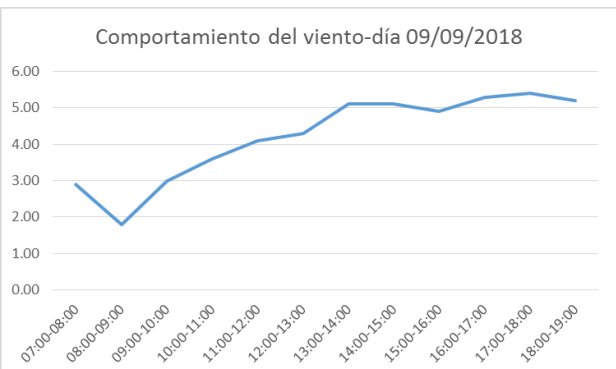
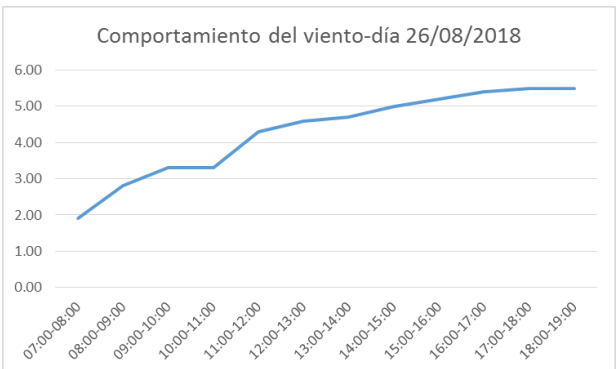
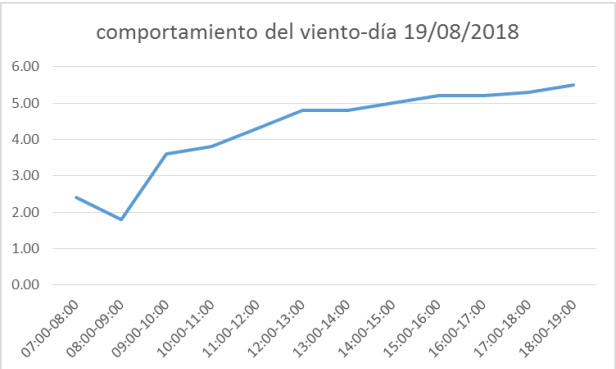
## ANEXO N° 07

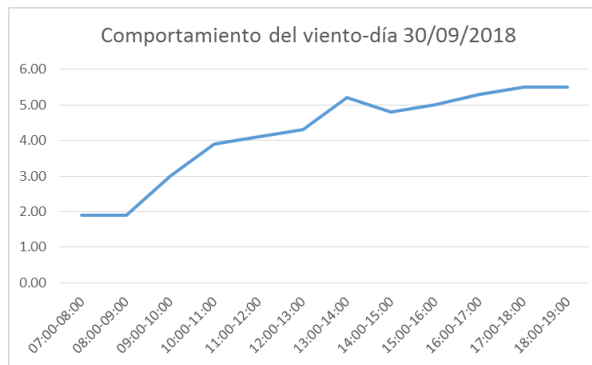
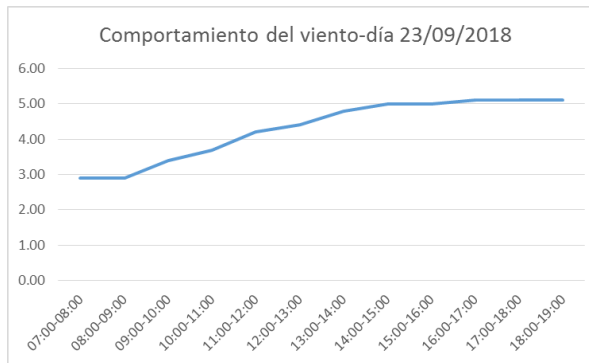
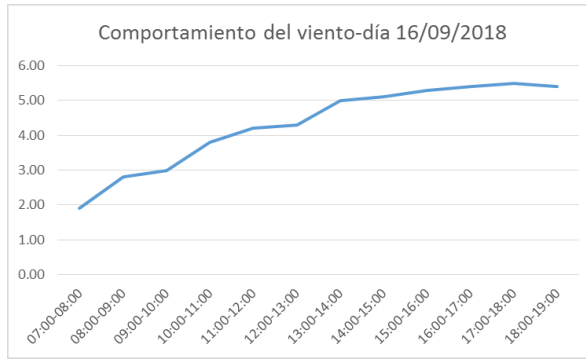
### COMPORTAMIENTO DEL RECURSO EÓLICO











## ACTA DE ORIGINALIDAD DE TURNITIN



### ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Deciderio Enrique Díaz Rubio, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada: "**DISEÑO DE UN SISTEMA EOLICO PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELECTRICA AL FUNDO CHUCUPE - LAMBAYEQUE**", del bachiller:

**PALACIOS BRIONES, PAUL ADAN**

Constato que la Tesis tiene un índice de similitud de 15% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.


Chiclayo, 15 de Julio del 2019



Firma

Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio  
16728343

## FORMATO DE AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> <b>UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

Yo Paul Adán Palacios Briones identificado con DNI N° 46082350 egresada de la Escuela de Ing. Electrónica de la Universidad César Vallejo, autorizo , No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

"Diseño de un sistema eólico para suministrar energía eléctrica al fundo Chucupo - Lambayeque"

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: 46082350

FECHA: 14 de Agosto del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------	--------	-----------

**AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

*E.P. de Ingeniería Mecánica Eléctrica*

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

*Paul Adam Palacios Briones*

INFORME TITULADO:

*"Diseño de un sistema eólico para suministrar energía eléctrica al fundo Chucupe - Jumbayque"*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

*Ingeniero Mecánico Electricista*

SUSTENTADO EN FECHA: *04 de Julio del 2019*

NOTA O MENCIÓN: *Aprobado por mayoría*



*[Handwritten Signature]*  
\_\_\_\_\_  
PRIMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN