



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA MEDIO AMBIENTE

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN MEDIO AMBIENTE**

TEMA:

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE
ENERGÍA EÓLICA DEL SECTOR PUERTO ALTO EN EL
CANTÓN BOLÍVAR**

AUTORA:

ADRIANA MARÍA CHÁVEZ LEONES

TUTOR:

ECO. ROBERTO ZAMBRANO FARÍAS, Mg C.A.

CALCETA, NOVIEMBRE 2018

DERECHOS DE AUTORÍA

ADRIANA MARÍA CHÁVEZ LEONES, declaró bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

ADRIANA MARÍA CHÁVEZ LEONES

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ECO. ROBERTO ZAMBRANO, Mg.C.A. certifica haber tutelado la tesis **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA DEL SECTOR PUERTO ALTO EN EL CANTÓN BOLÍVAR**, que ha sido desarrollada por **ADRIANA MARÍA CHÁVEZ LEONES**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ECO. ROBERTO ZAMBRANO FARÍAS, Mg.C.A.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA DEL SECTOR PUERTO ALTO EN EL CANTÓN BOLÍVAR**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **Adriana María Chávez Leones**, previa la obtención del título de Ingeniero en **Medio Ambiente**, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Carlos R. Delgado Villafuerte, Mg.C.A.
MIEMBRO

Ing. Jorge B. Cevallos Bravo, M.Sc.
MIEMBRO

Ing. Carlos A. Villafuerte Vélez, Mg.C.A.
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

La gratitud es uno de los sentimientos más nobles que engrandecen al ser humano y reflejan la belleza de su alma por tal.

A Dios por darme la fortaleza y perseverancia para culminar con éxito esta etapa de mi vida profesional.

A los catedráticos de la carrera de medio ambiente por brindarme las facilidades que me han permitido desarrollar capacidades para desenvolverme en el ámbito laboral.

A mis padres y esposo por apoyarme en este trayecto y por ser los impulsores de este éxito.

ADRIANA MARÍA CHÁVEZ LEONES

DEDICATORIA

Los éxitos son resultado de la perseverancia, constancia y entrega a aquellas cosas importantes de nuestras vidas por tal razón dedico este trabajo:

A Dios por ser ese punto de partida en mi vida que me permite permanecer en este mundo en las condiciones en las que como seres razonables deseamos.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí M.F.L. por abrirme sus puertas y acogerme en su regazo para poder germinar las semillas del conocimiento que hoy se convierte en el inicio de una nueva etapa en mi vida

A mi familia y esposo, siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos en que decidí abandonar este sueño, y me motivaron a seguir adelante.

ADRIANA MARÍA CHÁVEZ LEONES

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y FIGURAS	ix
RESUMEN	x
PALABRAS CLAVES	x
ABSTRACT	xi
KEY WORDS	xi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	3
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. ENERGÍAS RENOVABLES	4
2.2. ENERGÍA EÓLICA.....	4
2.3. BENEFICIOS DE LA ENERGÍA EÓLICA.....	4
2.4. NIVELES DE POTENCIA DE ENERGÍA EÓLICA.....	4
2.5. EL VIENTO	5
2.6. TIPOS DE VIENTOS.....	5
2.7. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DEL VIENTO.....	6
2.8. VELOCIDAD DEL VIENTO	6
2.9. ROSA DE LOS VIENTOS	7
2.10. HUMEDAD RELATIVA.....	7
2.11. TEMPERATURA	8
2.12. AEROGENERADOR.....	8
2.13. TIPOS DE UN AEROGENERADOR.....	8
2.14. CLASIFICACIÓN DE UN AEROGENERADOR	9
2.15. COMPONENTES DE UN AEROGENERADOR.....	9
2.16. AEROGENERADOR SKYSTREAM 3.7 (2.6kWp) 230V 50Hz LAND SOUTHWEST	10
2.17. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS.....	11

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	12
3.1. UBICACIÓN	12
3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO.....	12
3.3. MÉTODOS.....	12
3.4. TÉCNICAS.....	13
3.5. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	13
3.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	14
3.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE	14
3.7. METODOLOGIA	14
3.7.1. FASE I: ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO DE LA ZONA EN ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	14
3.7.2. FASE II: SELECCIÓN DEL AEROGENERADOR QUE SE ADAPTE AL SITIO DE EMPLAZAMIENTO	17
3.7.3. FASE III: ESTABLECIMIENTO DE EL MONTO DE INVERSIÓN REQUERIDO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	17
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1. ESTIMACIÓN DEL EL POTENCIAL EÓLICO.....	19
4.1.1. REGISTROS METEOROLÓGICOS.....	19
4.1.2. EMPLAZAMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO	20
4.1.3. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL VIENTO	21
4.1.3.1 . HUMEDAD RELATIVA.....	23
4.1.3.2 . TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA.....	23
4.1.3.3 . VELOCIDAD DEL VIENTO	24
4.1.3.4 . DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO CONSIDERANDO LA FRECUENCIA.....	25
4.1.3.5 . ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN UNA VIVIENDA RURAL EN ECUADOR.	26
4.1.3.6 . ANÁLISIS DE DATOS.....	27
4.1.3.7 . DIRECCIÓN E INTENSIDAD DEL VIENTO.....	27
4.2. SELECCIÓN DEL AEROGENERADOR	29
4.3. DETERMINACIÓN DE EL MONTO DE INVERSIÓN REQUERIDO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	30
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
5.1. CONCLUSIONES	33
5.2. RECOMENDACIONES	33
BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXOS.....	37

CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y FIGURAS

CUADROS

3.1. Características principales de los equipos de medición.	14
4.1. Resumen de datos por estaciones.	19
4.2. Características del terreno.	20
4.6. Costos generales para la estimación del potencial eólico.	31
4.7. Costos generales del aerogenerador.	32

GRÁFICOS

4.1. Registro de la humedad relativa agosto 2016/febrero 2017 del sector Puerto alto.	23
4.2. Temperaturas máximas y mínimas del sector Puerto Alto.	24
4.3. Dato del viento tomado con anemómetro.	25
4.4. Rosa de los vientos. Dirección e intensidad en época seca del sector Puerto Alto.	30
4.5. Rosa de los vientos. Dirección e intensidad en época lluviosa del sector Puerto Alto.	30

FIGURAS

2.1. Componentes de un aerogenerador.	9
3.1. Mapa de Ubicación del sitio Puerto Alto.	12
4.1. Recopilación de datos.	21
4.2 Curva de potencia del aerogenerador ZONHAN ZH1. 5.	30

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo realizar un estudio de factibilidad para la generación de energía eólica, para lo cual se aplicaron técnicas de investigación como: la observación, análisis de datos, topografía, entre otros, estos permitieron obtener la información requerida para el cumplimiento del objetivo propuesto, se emplearon métodos cuantitativos mediante los cuales se tomaron datos y determinar la factibilidad del estudio, optimizando el recurso dentro del proceso señalado, el método descriptivo permitió seleccionar los factores que intervinieron en el estudio, el método inductivo se aplicó considerando como aspecto general el viento y datos meteorológicos de la zona, para establecer las causas y factores que influyen en la generación de energía eólica tales como: velocidad y dirección del viento, temperaturas y humedad relativa. Los datos obtenidos muestran que el sector posee las siguientes características: Altimetría fluctúa entre 78 y 105 msnm, con una orientación del viento de N a S, planimetría coordenadas UTM (X 0604891, Y 9903000), humedad relativa (HR) de 85%, temperatura ambiente de 26,08°C, se estableció la velocidad del viento promedio de 5,08m/s. Considerando estos datos se procedió a investigar las diferentes alternativas de aerogeneradores y seleccionar el que mejor se adapte a las especificaciones antes mencionadas, basándose en los aspecto más relevantes como: velocidad de arranque de 3.2m/s y su potencia nominal de 15000w, también se determinó el monto total requerido para la investigación e implantación de la propuesta para el sector Puerto Alto.

PALABRAS CLAVES

Energía eólica, característica meteorológica, aerogenerador.

ABSTRACT

The objective of this research was to carry out a feasibility study for the generation of wind power, for which research techniques were applied such as: observation, data analysis, topography, among others, which allowed obtaining the information required for compliance with the proposed objective, quantitative methods were used through which data was taken to determine the feasibility of the study, optimizing the resource within the indicated process, the descriptive method allowed to select the factors that intervened in the study, the inductive method was applied considering as a general aspect the wind and meteorological data of the zone, to establish the causes and factors that influence in the generation of wind power such as: speed and direction of the wind, temperatures and relative humidity. The data obtained show that the sector has the following characteristics: Altimetry fluctuates between 78 and 105 masl, with a wind orientation from N to S, UTM coordinate planimetry (X 0604891, Y 9903000), relative humidity (RH) of 85%, at an ambient temperature of 26.08°C, the average wind speed of 5.08m / s was established. Considering these data, we proceeded to investigate the different wind turbine alternatives and select the one that best suits the aforementioned specifications, based on the most relevant aspects such as: start speed of 3.2m / s and nominal power of 15000w, was also determined the total amount required for the investigation and implementation of the proposal for the Puerto Alto sector.

KEY WORDS

Wind energy, meteorological characteristic, wind turbine.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Hernández *et al.*, (2013), manifiesta que actualmente, cerca de 1,500 millones de personas, es decir un quinto de la población mundial no tienen acceso al suministro de energía eléctrica, este déficit provoca la utilización de combustibles, como leña, diésel, carbón, gas propano, velas y queroseno, para resolver el problema de iluminar los hogares; sin embargo, la inseguridad en el exterior por falta de luminarias es otro problema que impide el desarrollo humano de las comunidades rurales.

El problema de iluminación en zonas rurales sin electricidad es grave (Guevara, 2014). Un estudio de la Agencia Internacional de Energía informó que, en años anteriores, un promedio de 14% de los hogares urbanos y 49% de los rurales no contaron con electricidad, y los pronósticos con relación a esta problemática no son alentadores, pues se calcula que para el año 2030, aproximadamente 1,400 millones de personas seguirán sin electricidad; esto sin contar con los desastres originados por el hombre o por la naturaleza a través de los años, que provocan interrupciones prolongadas en el suministro de electricidad (Hernández, 2013).

En el sector Puerto Alto en el cantón Bolívar, Manabí, sus habitantes se dedican a la agricultura, pesca y ganadería, por ser zona rural cuenta con áreas montañosas y con vista al embalse "La Esperanza". Para esta comunidad la obtención de energía eléctrica brindada por el Estado, no se adquiere con facilidad, ya que por la distancia y ubicación de las viviendas, hace que el acceso a este servicio se dificulte, por esta razón no todas las personas cuentan con el mismo, por lo cual surge la necesidad de realizar un estudio para determinar si en la zona existe potencial eólico, que brinde las condiciones necesarias para la implementación de aerogeneradores y solucionar en gran parte el problema de energía que tiene la comunidad.

Dada la actual circunstancia la autora de la presente investigación se planteó la siguiente pregunta:

¿Sería factible la generación de energía eólica mediante aerogeneradores y así satisfacer la demanda energética del sector Puerto Alto?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La importancia de ejecutar la presente investigación se basó en la posibilidad de utilizar de manera adecuada los recursos naturales como el viento a través de la energía eólica que posee el sector de Puerto Alto, brindando a los habitantes de la comunidad la oportunidad de mejorar su calidad de vida por falta de electricidad en sus hogares, alineando el proyecto en la línea investigativa que busca optimizar la energía renovable mediante un estudio de factibilidad que permita determinar si es posible o no generar energía eléctrica con el recurso eólico del sector mediante el empleo de un aerogenerador.

Fernández (2009), manifiesta que la energía del viento no produce emisiones contaminantes en el medio ambiente ni agrava el efecto invernadero, además de ser una fuente inagotable, por lo que se trata de una valiosa alternativa frente a los combustibles no renovables como el petróleo. Los expertos señalan que se trata de una tecnología consolidada, por lo que su potencial de desarrollo es más alto para los próximos años.

El empleo de energía eólica para generar electricidad representa varias ventajas socioeconómicas y medioambientales por la diversificación de las fuentes de utilización y por el uso de energías limpias que contribuyan a la disminución de las emisiones atmosféricas y específicas de los contaminantes, resulta justificada la implementación de dicho proyecto a realizarse en la comunidad de Puerto Alto, aprovechando el recurso eólico en el sector.

La investigación se basó en la implementación del Plan Nacional del Buen Vivir en su artículo 10 que refiere al cambio de la matriz energética, la cual en uno de sus componentes indica: “La participación de las energías renovables debe incrementarse en la producción nacional. Para el cumplimiento de este objetivo, los proyectos hidroeléctricos del Plan Maestro de Electrificación deben

ejecutarse sin dilación; y, adicionalmente, debe impulsarse los proyectos de utilización de otras energías renovables: geotermia, biomasa, eólica y solar.”

1.3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de factibilidad para la implementación de aerogeneradores en el sector de Puerto Alto, cantón Bolívar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar el potencial eólico de la zona en estudio para la implementación de aerogeneradores.
- Seleccionar el aerogenerador que mejor se adapte al sitio de emplazamiento escogido según los datos obtenidos.
- Determinar el monto de inversión requerido para la implementación de la propuesta.

1.4. HIPÓTESIS

El potencial eólico en el sector de Puerto Alto permitirá la implementación de aerogeneradores para la obtención de energía eléctrica.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ENERGÍAS RENOVABLES

Como menciona Roldán (2012) son energías limpias e inagotables, las cuales pueden: reutilizar, reducir las dependencias energéticas y también son competitivas, de tal manera que se especifican por su grado o nivel de contaminación.

2.2. ENERGÍA EÓLICA

Es la energía renovable más productiva y tiene fuerte impacto ambiental, la cual se encuentra por delante de la energía hidráulica y a su vez está sometida a las variaciones de la fuerza del viento (Beltrán *et al.*, 2017).

2.3. BENEFICIOS DE LA ENERGÍA EÓLICA

Algunos beneficios de la energía eólica según Asociación Empresarial Eólica (AEE, 2011).

- No genera emisiones dañinas para al ambiente ni residuos.
- Evita la emisión de CO₂, el gas que más contribuye al calentamiento de la Tierra.
- A una distancia de 300 metros, una turbina moderna no hace más ruido que un frigorífico.
- Evita que haya que gastar dinero en la compra de combustibles (petróleo, gas o carbón) a otros países.
- Contribuye al desarrollo de las zonas rurales
- Crea más empleo que las tecnologías convencionales
- La tecnología eólica es cada vez más fiable y sofisticada, garantizando un suministro eléctrico de alta calidad.

2.4. NIVELES DE POTENCIA DE ENERGÍA EÓLICA

Existen tres niveles de generación de energía eólica (Giménez y Gómez, 2011):

- Kilovatios (kW): Puntos aislados para satisfacer una demanda particular que no tiene acceso a la red eléctrica y en ella son importantes los medios de almacenamiento de energía (Blanchette, y Haddad, 2007).
- Megavatios (MW): Se instalan en la medida de lo posible de acuerdo a la existencia del viento (Kehrl, B. y Ross, M. 2007)
- Gigavatios (GW): Gran capacidad de producción de energía eléctrica (Meyer, 2006).

2.5. EL VIENTO

Según EcuRed, (2018) el viento es generado por diferencias en la presión atmosférica de la tierra. En la actual tecnología, se está aprovechando los vientos horizontales y que constantemente su velocidad comprenda determinados límites, es decir, a partir de unos 3 m/s (10 km/h) y por debajo de los 25 m/s (90 km/h); por ende, sólo con estas velocidades se alcanzaría cubrir sobradamente las necesidades energéticas del mundo (AEE, 2011).

2.6. TIPOS DE VIENTOS

De acuerdo con la escala o dimensión del recorrido de los vientos se encuentra tres tipos de vientos (Aguilera, 2011):

- a) Vientos planetarios:** Se generan principalmente como consecuencia del movimiento de rotación terrestre, que origina un desigual calentamiento de la atmósfera por la insolación y proceden de centros de acción dispuestos en franjas latitudinales de altas y bajas presiones, es decir, de anticiclones y depresiones.
- b) Vientos regionales:** Son determinados por la distribución de tierras y mares, así como por los grandes relieves continentales. Los monzones también podrían considerarse como vientos regionales, aunque su duración en el tiempo y su alternabilidad estacional los convierten más bien en vientos planetarios.
- c) Vientos locales:** Como los demás tipos de vientos, los vientos locales presentan un desplazamiento del aire desde zonas de alta presión a zona de baja presión, determinando lo vientos determinando. Los

vientos dominantes y los vientos reinantes de un área más o menos amplia. Aun así hay que tener en cuenta numerosos factores locales que influyen o determinan los caracteres de intensidad y periodicidad de los movimientos del aire. Estos factores, difíciles de simplificar por su multiplicidad, son los que permiten hablar de vientos locales, los cuales son en muchos lugares más importantes que los de carácter general.

- d) El viento como energía:** Las fuentes de energía renovables (excepto la geotérmica), e incluso la energía de los combustibles fósiles, provienen, en último término, del sol. El sol irradia 174.423.000.000.000 kWh de energía por hora hacia la Tierra. En otras palabras, la Tierra recibe $1,74 \times 10^{17}$ W de potencia. Alrededor de un 1% a un 2% de la energía proveniente del sol es convertida en energía eólica. Esto supone una energía alrededor de 50 a 100 veces superior a la convertida en biomasa por todas las plantas de la tierra.

2.7. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DEL VIENTO

Quetzalcoatl, *et al.*, (2012) indica que para la selección de una pequeña máquina eólica se debe conocer el potencial del viento en el sitio donde se va instalar la misma, de tal forma que entregue la electricidad que se necesita y que opere eficientemente las condiciones locales. Para esto se pueden emplear diferentes métodos:

- Realizar mediciones en el sitio seleccionado previamente.
- Determinar las velocidades en el sitio seleccionado a partir de las mediciones de viento en otro sitio cercano.
- Aprovechar las experiencias de otros usuarios.

2.8. VELOCIDAD DEL VIENTO

El viento viene determinado por dos parámetros principales que son, su dirección y su velocidad. La dirección del viento y su valoración a lo largo del tiempo conducen a la ejecución de la llamada rosa de los vientos, La velocidad media del viento varía entre 3 y 7 m/s, según diversas condiciones meteorológicas; es elevada en las costas, más de 6 m/s. En otras regiones es,

en general, de 3 a 4 m/s, siendo más elevada en las montañas, dependiendo de la altitud y de la topografía del terreno. La velocidad media del viento es menor en la noche, variando poco, aumenta a partir de la salida del sol y obtiene un máximo entre las 12 y 16 horas solares (Avellaneda, 2012).

2.9. ROSA DE LOS VIENTOS

La rosa de los vientos es un diagrama que muestra la distribución temporal de la dirección de los vientos y distribución de sus velocidades en un lugar determinado (González, 2008). Es una gráfica con extensiones que van desde el centro de un círculo hacia un punto específico las cuales representan la variación porcentual de la dirección del viento, la distancia de cada extensión indicará el porcentaje de tiempo en el que el viento se dirigió a esa dirección (UPME, 2003).

Siendo este diagrama gran herramienta para mostrar datos obtenidos por un anemómetro en una zona donde se implementarán futuros aerogeneradores. Las direcciones dominantes del viento son importantes para el emplazamiento de un aerogenerador, ya que éste debe ser en un lugar en el que haya el mínimo número de obstáculos en dichas direcciones (Escartín, 2011), (Kwon, 2010), (Lackner, & Manwell, 2008).

2.10. HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa es una variable climatológica la cual se entiende como la cantidad de vapor de agua presente en el aire en función de la capacidad máxima que este puede llegar a contener en un lugar determinado, por lo que un valor de 100% en este parámetro mostraría que el aire del ambiente está totalmente saturado de vapor de agua, mientras que un valor del 0% estimaría que el aire está compuesto de aire seco es decir sin partículas de vapor de agua.

La densidad del aire no es medida directamente, sino que es calculada basándose a las condiciones experimentales de temperatura y humedad relativa o punto de rocío, por lo tanto, esta variable desempeña un papel

principal en el estudio de proyectos donde se planea realizar la estimación del potencial eólico. (Avellaneda, 2012).

2.11. TEMPERATURA

La Temperatura es importante para la comprensión de la dinámica de los vientos debido a que se encuentra directamente relacionada con la formación y el origen de las corrientes de viento. (Avellaneda. 2012)

- La temperatura máxima es la mayor temperatura del aire alcanzada en un lugar en el día correspondiente, esta se alcanza por lo general en las primeras horas de la tarde por lo cual, se registró un solo dato a las 19h00, considerando la especificidad del instrumento de medición.
- La temperatura mínima es la menor temperatura del aire alcanzada en un lugar en el día correspondiente, esta se alcanza en horas del amanecer, por lo cual se realiza un solo registro de este dato a las 07h00, considerando la especificidad del instrumento de medición. (B.J Retallack, s/f).

2.12. AEROGENERADOR

Son también llamadas turbinas eólicas, por ende son manejadas para transformar la fuerza del viento en electricidad; y las más utilizadas y eficientes son las tri-palas de eje horizontal (Robredo, 2013).

2.13. TIPOS DE UN AEROGENERADOR

Estos se especifican según la posición de su eje (Neira y Velecela 2014):

- **Aerogenerador de eje horizontal.-** Pueden ser monopala, bipala pero los más utilizados son los tripala, ya que su movimiento de rotación se origina por la incidencia del viento sobre unas palas orientadas como un cierto ángulo.
- **Aerogenerador de eje vertical.-** Producen energía eléctrica a lugares con poco viento; por ende, es una turbina eólica en el cual el eje del rotor se encuentra instalado en forma vertical, permitiendo generar energía sin importar de que dirección viene el viento ,

2.14. CLASIFICACIÓN DE UN AEROGENERADOR

Se puede clasificar de acuerdo a su potencial nominal (Villarubia, 2004):

- **Microturbinas (<3kW):** Este aerogenerador es usado por pequeños consumidores de energías, por ejemplo viviendas aisladas etc.
- **Pequeños aerogeneradores (<50kW):** Este tipo de aerogenerador son de mayor potencia, por ejemplo parques eólicos etc.
- **Grandes aerogenerador (<850kW):** Su función primordial es la producción de electricidad para su inyección a la red eléctrica. Su potencial nominal se encuentra entre 200 y 850 kW, con diámetros entre 25 y 55 m.
- **Aerogeneradores multimegavat (1 y 3 MW):** Su potencial nominal se encuentra en el rango de unos 50 y 90 m y altura del buje entre 60 y 100 m. Estos presentan el factor favorable de la economía a escala.

2.15. COMPONENTES DE UN AEROGENERADOR

De acuerdo Asociación Empresarial Eólica (AEE, 2011) los componentes más importantes de un aerogenerador son los siguientes:

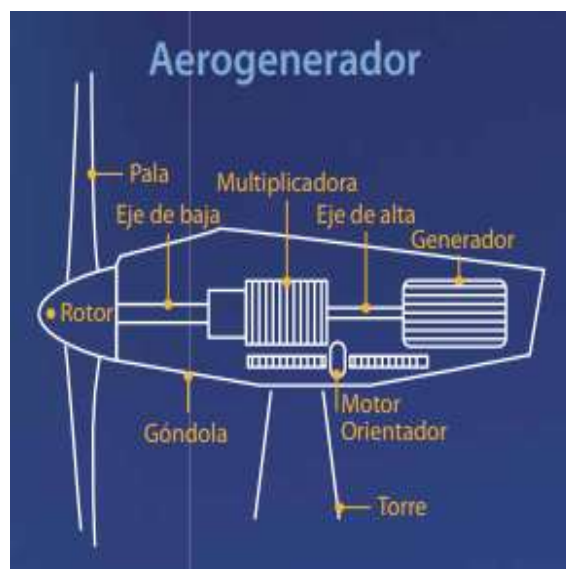


Figura 2.1. Componentes de un aerogenerador.
Fuente: (AEE, 2011)

a) Torre: Debe ser robusta y estar muy bien construida. Suelen ser de acero, pero también hay de hormigón. Algunas son más altas que un edificio de 50 pisos, esta soporta el peso de la góndola.

b) Palas: Fabricadas con una mezcla de fibra de vidrio y resina, y deben ser aerodinámicas y firmes como las alas de los aviones.

c) Rotor: Está formado por las palas que capturan la fuerza del viento y el eje que transmite su potencia a través de una pieza llamada buje.

d) Multiplicadora: Ayuda en parte a que los generadores sean más silenciosos. Son las que generan una buena parte del ruido molesto de los generadores, pero con este sistema se logra que las paletas de los molinos giren a una velocidad mucho menor generando así mucho menor ruido entre paleta y el aire y además aumenta notablemente la durabilidad y seguridad de las paletas.

e) Góndola: Es la caja que protege la multiplicadora, el generador eléctrico y los sistemas de control, orientación y freno. Por ende, la multiplicadora aumenta unas 60 veces la velocidad del eje del rotor, el cual consigue comunicar al alternador una velocidad de 1,500 revoluciones por minuto y poner en marcha el generador eléctrico.

f) Transformador: Se encuentra situado en la base. La energía producida en el generador pasa al transformador por unos cables, para ser enviada con el voltaje adecuado a una subestación y de ahí a la red eléctrica.

2.16. AEROGENERADOR SKYSTREAM 3.7 (2.6kWp) 230V 50Hz LAND SOUTHWEST

Este aerogenerador es el primero en comercializarse por lo que es eficaz, versátil y sobre todo tiene un nivel de ruido muy bajo, permitiéndose instalar en zonas urbanas o aisladas y su diseño hace que su impacto visual sea imperceptible (Merkasol, 2009). Así mismo su regulador e inversor son integrados, el cual permite la inyección directa a red de 220V/50Hz o la carga

de baterías; este también produce energía con apenas brisas de 8 mph (3,5 m/s) dando su pleno rendimiento a 23 mph (10,3 m/s) y su torre de 35 pies (10,6 m).

2.17. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS

La evaluación de proyectos, como parte fundamental del estudio, dado que es la base para decidir sobre el mismo, depende en gran medida del criterio adoptado de acuerdo con el objetivo general del proyecto. En el ámbito de la inversión privada, el objetivo principal no sólo es obtener el mayor rendimiento sobre la inversión ya que en los tiempos actuales de crisis, el objetivo principal puede ser que la empresa sobreviva.

En el ámbito de la inversión pública el objetivo principal es obtener el mayor rendimiento para la sociedad, que se podrá beneficiar con el proyecto. Y si el proyecto es solamente con fines investigativos la evaluación económica se centrará en el cálculo del costo total de la investigación en el que pueden estar incluidos los costos de implementación, montaje, funcionamiento y mantenimiento de los distintos prototipos de prueba y ensayo que se requieran. (Baca, 2013)

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se la ejecutó en la provincia de Manabí, cantón Bolívar, en el km.6 vía a Membrillo. El sector de Puerto Alto está situado geográficamente entre las coordenadas 0° 52' 39" Latitud Sur y 80° 3' 26" Longitud Oeste a una altitud de 105 msnm.

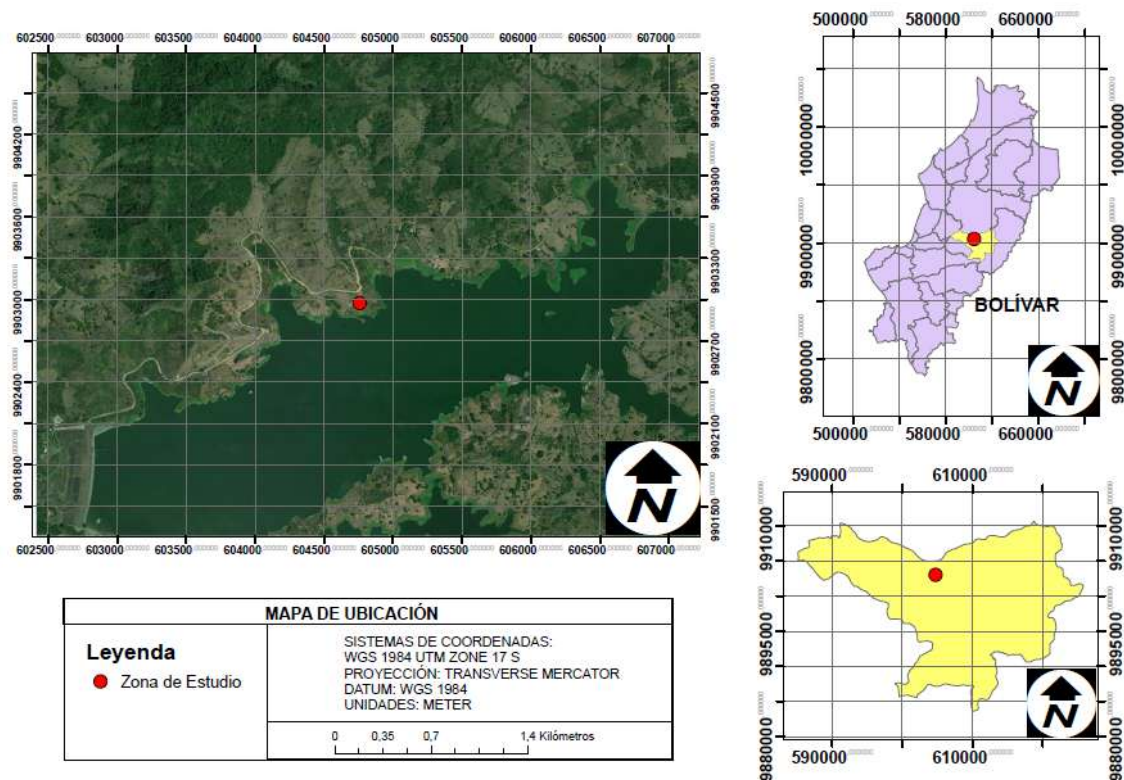


Figura 3.1. Mapa de Ubicación del sitio Puerto Alto.

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

El estudio y desarrollo de la presente investigación tuvo una duración de 9 meses después de la aprobación del proyecto.

3.3. MÉTODOS

Métodos cuantitativos: Se tomaron datos de medición de los vientos y así determinar la factibilidad del estudio dentro del proceso señalado.

Método descriptivo: Se pudo seleccionar los factores que intervienen en el estudio y de esta forma se pudieron evaluar cada uno de ellos independientemente para de esta manera poder establecer y seleccionar los factores más relevantes de la investigación, según lo planteado por Salgado (2007) “los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis”.

Método inductivo: Se lo aplicó tomando en cuenta un aspecto general que en este caso sería el recorrido del viento y datos meteorológicos de la zona para así determinar las causas y factores que influyen en la temperatura, velocidad y dirección del viento.

Además, se aplicó una investigación de campo, puesto que, según lo planteado por Salgado (2007) los estudios de campo describen la información o dato que es recolectada del entorno mismo donde se suceden los hechos.

3.4. TÉCNICAS

Se utilizaron las técnicas necesarias para la recopilación y análisis de datos:

- **Observación:** (vuelo de las aves y observación de la vegetación)
- **Monitoreo:** (de velocidad y dirección de viento, temperatura y humedad relativa)
- **Topografía:** (Altimetría, planimetría y formas del terreno)

3.5. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto investigativo fue de tipo no experimental cuantitativo y exploratorio. Entre las variables que se tomaron en cuenta están: características climatológicas y potencial eólico, dado que estas fueron las variables que determinaron la factibilidad para la implementación de aerogeneradores.

3.6. VARIABLES A MEDIR

3.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

VARIABLES climatológicas

3.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Potencial eólico

3.7. METODOLOGÍA

La investigación se realizó en función de los objetivos específicos y constó de tres fases:

3.7.1. FASE I: ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO DE LA ZONA EN ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Para el cumplimiento del presente estudio se aplicó la siguiente metodología, la cual se basa en una investigación previa realizada en la ESPOL, aplicada por los autores Pazmiño e Hidalgo (2007). Para la obtención exitosa de los datos esperados, se procedió a adaptar la información a los requerimientos del investigador.

En el cuadro 3.1. Se presentan las características principales de los equipos de medición utilizados en el presente proyecto para cuantificar el potencial eólico:

Cuadro 3.1. Características principales de los equipos de medición.

Equipos utilizados	Cantidad	Función	Características
Anemómetro digital	1	Adquisición de datos temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento.	Marca FISCHER, rango de velocidad de viento 0 a 30 m/s - Rango de temperatura de viento: -10C a 45C Lectura actual, promedio y máxima
Torre	1	Posicionamiento de equipos para las mediciones.	10 m de altura. Tipo mástil, tubular de madera, soportada

Fuente: (Chávez, 2017)

Actividad 1. Registros Meteorológicos:

Se obtuvieron los registros meteorológicos en el cantón Bolívar, los cuales fueron obtenidos en las siguientes entidades: Estación meteorológica de la ESPAM MFL y de la Empresa Pública del Agua (EPA) del cantón, generada en los últimos cuatro años y tomando en cuenta los siguientes parámetros: velocidad y dirección del viento, temperatura

Con estos datos se hizo un análisis para poder identificar en que época del año (seca y lluviosa) se genera mayor intensidad del viento. Y comparar con los datos *in situ*.

Actividad 2. Selección del emplazamiento:

De acuerdo a la metodología de Pazmiño e Hidalgo (2007), se realizó el respectivo estudio del terreno, para el proceso de recopilación de los datos en, el sitio escogido, se sometió a un proceso de observación a localidades seleccionadas, entre las características que se observaron están:

Topografía: consistió en estudiar las características que inciden en el comportamiento del viento. Basándose en los siguientes aspectos:

- a) Altimetría (altitud, pendiente y orientación)
- b) Planimetría (coordenadas UTM, distancia y superficie)
- c) Formas del terreno (unidades morfológicas y unidades de paisaje).

Observación de la vegetación del lugar: En el sector existen árboles y ramas que tienen cierta inclinación (sin viento) esto es debido a que se adaptaron a la fuerza del viento existente en el lugar.

Observación del vuelo de las aves: éstos animales utilizan las corrientes de sustentación del aire al volar en ejercicios de planeamiento a baja altura (no se observa movimiento axial de las alas). En zonas en las que comúnmente las aves realizan planeamiento se consideran candidatas para ser objeto de estudio. Confirmación con habitantes del lugar (en

caso de existir). Generalmente es de gran ayuda las observaciones empíricas de los habitantes de las zonas.

Actividad 3. Determinación de las condiciones del viento:

Se midieron datos de velocidad del viento, dirección, temperatura y humedad relativa, utilizando para ello un anemómetro veleta y termóhigrometro, para las mediciones respectivas en la zona de estudio. El proceso de obtención de datos se realizó tomando en cuenta los meses de menor intensidad del viento los cuales fueron seleccionados a criterio propuesto por los habitantes del sector.

El anemómetro fue emplazado en un mástil de madera a una altura aproximadamente de 10 metros, dicho instrumento se colocó en la parte alta sobre un brazo del mástil, para así impedir la influencia o perturbaciones del viento al tomar las lecturas y dar información errónea en sus mediciones.

Los datos fueron tomados en un tiempo determinado de 10 minutos cada medición, para luego promediar los datos y obtener un dato de velocidad promedio. Fueron obtenidos en un lapso de 8 horas por cada jornada de trabajo, en horas variadas cada día y en un periodo de 28 días en las dos temporadas diferentes.

Actividad 4. Recopilación y análisis de datos:

Se recopiló y se analizó la base de datos obtenidos en las mediciones, para después verificar la validación de los datos correctos y rechazar los datos que se hayan tomado por algunos errores fuera del alcance humano, tales como fenómenos físicos como, excesivas turbulencias y altas velocidades de vientos o rangos incorrectos de especificaciones del objeto de medición etc.

Con base al mecanismo utilizado por el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) para las variaciones en la distribución de la velocidad y dirección de las corrientes de aire en el punto de estudio, se realizó dos graficas de rosa de los vientos por medio del programa WRPLOT View versión 7.0.en los meses respectivos de la toma de datos.

3.7.2. FASE II: SELECCIÓN DEL AEROGENERADOR QUE SE ADAPTE AL SITIO DE EMPLAZAMIENTO

Una vez procesada la información obtenida en la lectura de mediciones y acorde a los resultados sobre el potencial eólico del sector, se procedió a analizar el aerogenerador que mejor se adapte al emplazamiento escogido para la generación de electricidad, para ello se investigó las mejores alternativas en aerogeneradores, según la tecnología y resultados obtenidos.

Actividad 5. Selección del aerogenerador:

Para la selección de la propuesta del aerogenerador se analizaron los siguientes aspectos:

- Aerogenerador
- Origen
- Especificaciones
- Descripciones
- Precio

En base a estos aspectos, se pudo escoger el aerogenerador que mejor se acople a los resultados y a las condiciones meteorológicas encontradas en el estudio. Garantizando las condiciones necesarias para su correcto funcionamiento.

3.7.3. FASE III: ESTABLECIMIENTO DE EL MONTO DE INVERSIÓN REQUERIDO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

En esta fase se realizó el cálculo del monto total requerido para la investigación, en donde se detalla el costo económico del estudio y la implantación del aerogenerador, de acuerdo a Baca, (2013).

Actividad 6. Cálculo del monto económico del estudio

Se analizaron todos los aspectos económicos que se verán involucrados durante la investigación, tales como (estudio topográfico, alquiler de equipos

transporte, viáticos, alojamiento, entre otros.) en esta actividad nos detallará cual es el costo del estudio de la realización del proyecto de tesis.

Actividad 7. Cálculo de la propuesta para la implementación del aerogenerador

Mediante la selección del aerogenerador se pudo estimar el costo económico para la implementación de la propuesta como: Costo del Aerogenerador, costo de traslado e instalación y costo del mantenimiento.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ESTIMACIÓN DEL EL POTENCIAL EÓLICO

4.1.1. REGISTROS METEOROLÓGICOS

En la visita realizada al departamento meteorológico de la ESPAM MFL, se obtuvieron los datos requeridos, mientras que, en la EPA del cantón, no se pudieron obtener datos debido a que en ese momento no estaba en funcionamiento la estación, no existen datos de la información obtenida en la misma.

Los datos meteorológicos presentados en este documento fueron tomados en la Estación Meteorológica de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ubicada en el sitio El Limón, situado geográficamente entre las coordenadas 0° 49' 23" Latitud Sur y 80° 11' 01" Longitud Oeste a una altitud de 15 msnm (anexo 6,7,8,9).

Cuadro 4.1. Resumen de datos por estaciones.

AÑOS	ESTACIÓN SECA		ESTACIÓN LLUVIOSA	
	MESES	VELOCIDAD M/S	MESES	VELOCIDAD M/S
2011	AGOSTO	1,7	DICIEMBRE	2,2
2012	SEPT/OCTB	1,8	ENE/FEB	1,9
2013	NOVIEMBRE	2,2	DICIEMBRE	2,1
2014	JULIO	1,7	MARZO	2
2015	SEPTIEMBRE	1,7	MARZO	1,6

Fuente: Estación meteorológica de la ESPAM MFL (2014).

El cuadro 4.1. determina que la intensidad del viento en esta este emplazamiento es constante durante todo el año, por lo cual se puede mencionar que la información obtenida nos sirve como referencia al momento de comparación de estos datos con la *in situ*.

4.1.2. EMPLAZAMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se realizó el respectivo estudio del terreno para escoger el sitio apropiado, se realizaron varias visitas en el sector estudiado para identificar las propiedades y características del lugar.

- Topografía: consistió en estudiar las características del terreno ya que la misma puede incidir considerablemente en el comportamiento del viento. Basándose en los siguientes aspectos:
- Altimetría (altitud, pendiente y orientación)
- Planimetría (coordenadas UTM, distancia y superficie)
- Formas del terreno (unidades morfológicas y unidades de paisaje)

Cuadro 4.2. Características del terreno.

ESTUDIO DEL TERRENO PARA APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA EÓLICA		
Topografía del lugar	Altimetría	Existe irregularidad del terreno, elevaciones y pendientes pronunciadas, influyentes en la corriente y masas de aire presente en sector de Puerto Alto. La altitud fluctúa entre 78 y 105 m.s.n.m., con una orientación del viento de N a S (Anexo 4)
	Planimetría	Las coordenadas UTM del sector son X 0604891, Y 9903000) con una distancia de 20.5 km desde la cabecera cantonal (Calceta) en el cantón Bolívar y coordenadas geográfica de 0° 52' 39" Latitud Sur; 80° 3' 26" Longitud Oeste y una altitud de 105 msnm. (Anexo 4)
	Formas del terreno	El terreno tiene características sinuosas e irregulares las cuales permite la visibilidad de diferentes tipos de paisajes desde bosque nativos en las partes alta y en partes bajas el paisaje forma un mosaico de la variación de cultivos de ciclo corto y ciclo largo. (Anexo 4)
Observación de vegetación del lugar	En la observación realizada se pudo comprobar que las especies arbóreas como musáceas (plátano, guineo) sufren afectaciones con relación a la intensidad del viento existente en el lugar.	
Observación del vuelo de las aves	Las observaciones en el vuelo de las aves determinaron que el viento es favorable para la planeación y vuelo a baja altura (no se observaron movimiento axial de las alas) de las especies presentes dentro de la comunidad.	

Fuente: (Chávez, 2017)

4.1.3. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL VIENTO

Se tomaron datos de velocidad y dirección del viento, humedad relativa (HR) y temperatura ambiente, utilizando para ello un anemómetro, veleta, termohigrometro, .y un mástil de 10m de altura para las mediciones respectivas en la zona de estudio.

La obtención de los datos fueron tomados en un tiempo determinado de 10 minutos cada medición, para enseguida promediar los datos.



Figura 4.1. Recopilación de datos.

Cuadro 4.3. Datos obtenidos del viento del sector Puerto Alto.

MESES	HR %	TMAX °C	TMIN °C	TA °C	ANEMOMETRO K/H	ANEMOMETRO M/S	HELIOFANÍA
AGOSTO/ SEMANA 1	88%	27,2	22,4	25	15,3	4,25	0
	84%	30,6	21,8	26,5	18,3	5,08	0,1
	86%	29,4	21,8	25,7	15,7	4,33	0
	87%	27,5	22	25,3	19,2	5,33	0,1
	81%	32,1	21	26,7	18,6	5,16	0,3
	82%	30,6	22,4	26,1	16,4	4,55	0
	85%	30,4	21,4	25,8	16,8	4,66	0
AGOSTO/SEMANA 4	91%	31,1	21,4	25,2	16,9	4,7	1,4
	84%	30,2	21,8	25,6	19,9	5,52	0,1
	81%	30	21,2	25,8	15,6	4,33	0,9
	77%	30,4	21,8	26,3	16,8	4,66	1,8
	80%	31,6	21,2	27,1	21,7	6,02	2,9
	83%	29,8	21	26,2	15,2	4,22	0,6
	84%	31,4	21,4	26,7	18,9	5,25	1,1
FEBRERO/ SEMANA 1	84%	30,8	21,8	26,6	23,6	6,55	2,2
	83%	30,6	21	26,4	19,8	5,5	1,9
	84%	31,8	21,4	26,5	21,6	6	2,8
	82%	32,1	21,2	26,6	20,3	5,63	4,8
	85%	32,2	22,4	26,6	24,5	6,8	2,7
	87%	29,4	21	25,2	15,1	4,19	0
	86%	31	20,2	26,3	21,4	5,94	2
FEBRERO/SEMANA 3	88%	29,4	20,8	25,8	14,6	4,05	0,8
	83%	32	19,8	26,6	19,5	5,41	4,3
	85%	31,8	20,9	26	17,7	4,75	2,2
	84%	32	21,4	26,8	18,7	5,19	5,7
	95%	30,2	19,8	25,7	16,6	4,61	0,4
	93%	27,1	21,6	24,5	15,7	4,36	0
	83%	31,6	20,2	26,5	18,7	5,19	4,6
MEDIA	85%	30,51	21,29	26,08	18,33	5,08	1,56

Fuente: (Chávez, 2017)

4.1.3.1. HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa es una variable climatológica la cual se entiende como la cantidad de vapor de agua presente en el aire en función de la capacidad máxima que éste puede llegar a contener en un punto geográfico determinado (Avellaneda, 2012).

El porcentaje de humedad relativa alcanzado en el sector de Puerto Alto respecto al gráfico, establece los promedios diarios en el cual, el porcentaje más alto de humedad fue de 95%, registrado el día 12 del mes, el porcentaje mínimo de humedad fue de 77%, registrado el día 11 del mes, el análisis de los valores de humedad relativa obtenidos en los días de agosto/febrero nos permite establecer un valor promedio de 85%.

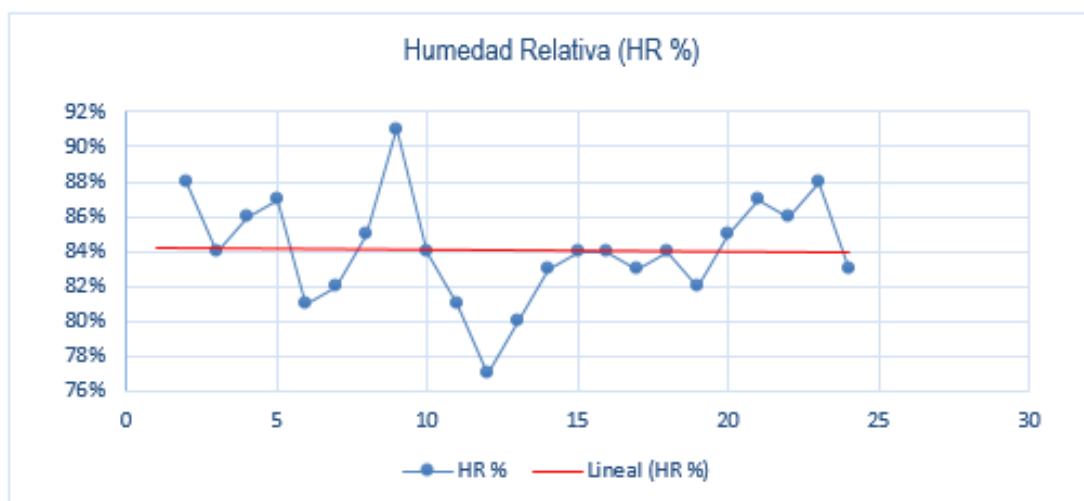


Gráfico 4.1. Registro de la humedad relativa agosto 2016-febrero 2017 del sector Puerto Alto.

4.1.3.2. TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA

La Temperatura es importante para la comprensión de la dinámica de los vientos debido a que se encuentra directamente relacionada con la formación y el origen de las corrientes de viento (Avellaneda, 2012)

La temperatura máxima es la mayor temperatura del aire alcanzada en un lugar en el día correspondiente, esta se alcanza por lo general en las primeras horas de la tarde por lo cual, se registró un solo dato a las 19h00, considerando la especificidad del instrumento de medición (B.J Retallack, s/f). El valor máximo

de temperatura alcanzado en los meses, agosto/febrero fue de 32,2°C, el día 5 del mes febrero a las 15h00, y el valor mínimo de temperatura fue de 27,2°C que se reportó el día 1 del mes a las 14h00, el análisis de los valores de temperatura máximas obtenidas, nos permite establecer un valor promedio de 30,51°C.

La temperatura mínima es la menor temperatura del aire alcanzada en un lugar en el día correspondiente, esta se alcanza en horas del amanecer, por lo cual se realiza un solo registro de este dato a las 07h00, considerando la especificidad del instrumento de medición. (B.J Retallack, s/f). El valor mínimo de temperatura alcanzado en el mes de agosto/febrero, fue de 19,8°C el día 9 a las 05h00 respectivamente, y el valor superior de temperatura fue de 22,4 °C que se reportó los días 1y 6 del mes de agosto y en el día 5 del mes de febrero a las 06h00, el análisis de los valores de temperatura mínima obtenidas en el mes de enero nos permite establecer un valor promedio de 21,29°C.

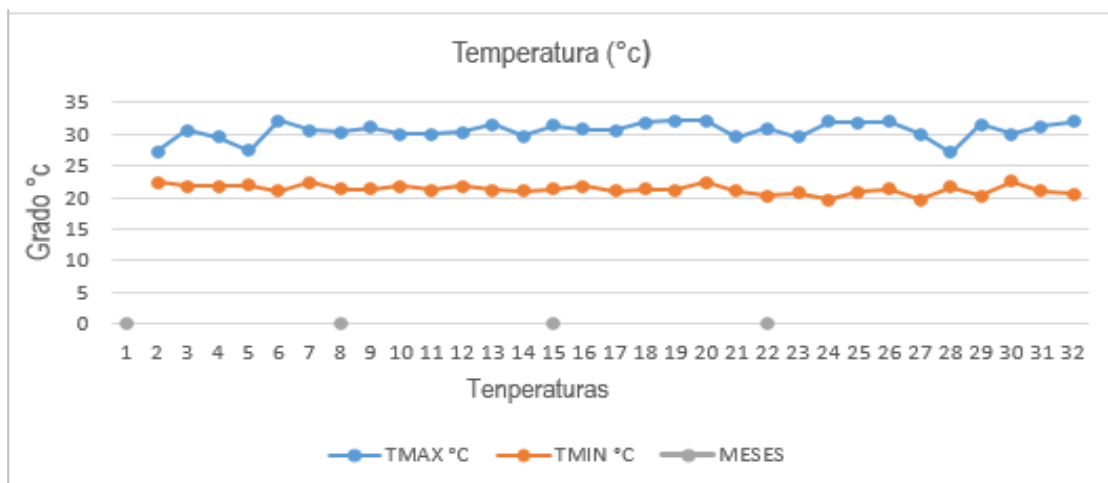


Gráfico 4.2. Temperaturas máximas y mínimas del sector Puerto alto.

4.1.3.3. VELOCIDAD DEL VIENTO

El gráfico 4.3. muestra la velocidad del viento presente en el sector Puerto Alto la cual mantiene un promedio de 5,08 m/s, condición meteorológica factible para la implementación de aerogeneradores de acuerdo con Avellaneda, (2012). Cabe señalar que existe un gran potencial eólico en la zona de estudio si se compararía con la zona donde se ubica la estación meteorológica de la ESPAM MFL con un promedio de 1,6 m/s Se analizaron los valores diarios de

velocidad del viento obtenidos a partir del monitoreo realizado en la zona de estudio, durante el periodo comprendido entre 2016 y 2017, en época de menor intensidad del viento, esto con el fin de estandarizar el intervalo de análisis de los datos de viento con otros parámetros meteorológicos que están directamente relacionados con la formación de los mismos como son la Temperatura y la Humedad Relativa.

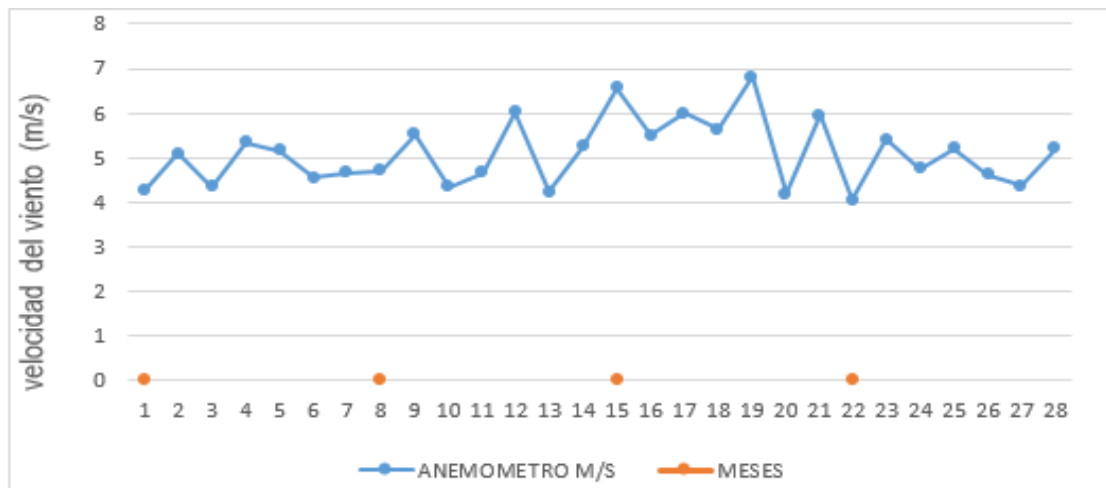


Gráfico 4.3. Muestra del viento tomado con anemómetro del sector Puerto Alto.

4.1.3.4. DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO CONSIDERANDO LA FRECUENCIA

Analizando las observaciones establecidas en base a su frecuencia de ocurrencia, los valores oscilan en un rango entre 0 y 6,80 m/s. Se destacan por su mayor frecuencia los intervalos que incluyen valores entre 4,05 y 5,94 m/s, que de acuerdo a los estudios realizados se puede generar energía con sistemas autónomos, los cuales abarcan un total de 240 minutos de observaciones, que equivalen a un 85,71% del total de las observaciones; los vientos superiores a la observación de mayor frecuencia equivalen a 40 minutos, es decir, un porcentaje de 14,29%, los cuales tendrían potencial para generación acumulativa de energía. Por otra parte teniendo en cuenta que por encima de 5 m/s se encuentran las condiciones más óptimas para generación de energía eléctrica a partir de la energía eólica, de acuerdo con Avellanera, (2012). El porcentaje de horas a esa velocidad fue de 53,57% que corresponde a 150 minutos de observación en los dos meses analizados.



Gráfico 4.4. Distribución de la velocidad del viento considerando la frecuencia.

4.1.3.5. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN UNA VIVIENDA RURAL EN ECUADOR.

Como se puede apreciar en el cuadro 4.4, el aparato que más consume energía al día es la refrigeradora con 6,96 kWh/día, seguido del televisor, focos fluorescentes y la radio con 0,42, 0,18 y 0,16 kWh/día, respectivamente, mientras que la licuadora es la que menos consume 0,056 kWh/día. De tal forma que en promedio una vivienda rural en Ecuador consume 0,8 kWh.

Teniendo en cuenta este dato de campo y el cálculo del suministro que podría ser satisfecho con el aerogenerador propuesto, que generaría 1,5 kWh., se pudieran satisfacer los requerimientos de 1 vivienda rural con posibilidades de aumento de consumo por 0.7 kWh.

Cuadro 4.4. Estimación del consumo de energía en una vivienda rural típica del nivel socio económico "E".

Electrodomésticos	Potencia en:		Hora de uso (minutos/60)	Días de uso al mes	Energía consumida en kWh/día	Consumo mensual en kWh
	Watts	Kilowatts (watts/1000)				
Licuadora	350	0,35	0,16	30	0,056	1,68
televisor 19-21 pulg	70	0,07	6	30	0,42	12,6
Radio	40	0,04	4	30	0,16	4,8
Refrigeradora	290	0,29	24	30	6,96	208,8
Focos fluorescentes (4 de 15w c/u)	60	0,06	4	30	0,18	5,4
			37,16		7,776	233,28

Fuente: (Centrosur, 2017)

4.1.3.6. ANÁLISIS DE DATOS

Se recopiló y analizó la base de datos obtenidos en las mediciones del área de estudio, para después verificar la validación de los datos correctos y rechazar los datos que se hayan tomado por algunos errores fuera del alcance humano, tales como fenómenos físicos como, excesivas turbulencias y altas velocidades de vientos o rangos incorrectos de especificaciones de la objeto de medición, etc. Con base al mecanismo utilizado por el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) para las variaciones en la distribución de la velocidad y dirección de las corrientes de aire en el punto de estudio, se realizó dos graficas de rosa de los vientos por medio del programa WRPLOT View versión 7.0. En los meses respectivos de la toma de datos.

4.1.3.7. DIRECCIÓN E INTENSIDAD DEL VIENTO

La rosa de los vientos es un diagrama de análisis fundamental en la industria eólica el cual nos permitió observar las variaciones temporal de la dirección de los vientos y distribución de sus velocidades, información importante al momento de establecer la implementación de los aerogeneradores, por ejemplo el viento en una zona en particular puede soplar la mayor parte del tiempo hacia una dirección específica pero con velocidades bajas que no aportarían mucha energía, por otro lado los vientos fuertes con un alto potencial de contenido energético podrían soplar desde una dirección diferente a la dirección predominante. Por esta razón la rosa de vientos sea infaltable en cualquier estudio de potencial eólico (Fernández, 2007), (Lackner, & . Manwell, 2008).

Para el análisis de las variaciones en la distribución de la velocidad y dirección de las corrientes de aire en el punto de estudio, se procedió a realizar la rosa de los vientos por medio del programa WRPLOT View versión 7.0.

A continuación se muestran los resultados y análisis de los datos del sector Puerto Alto durante el mes de agosto de 2016 y febrero de 2017.

Cabe señalar que la gráfica 4.5 establece que la dirección del viento que prevalecía fue con dirección norte, pero la mayor intensidad del viento prevalecía en dirección sur.

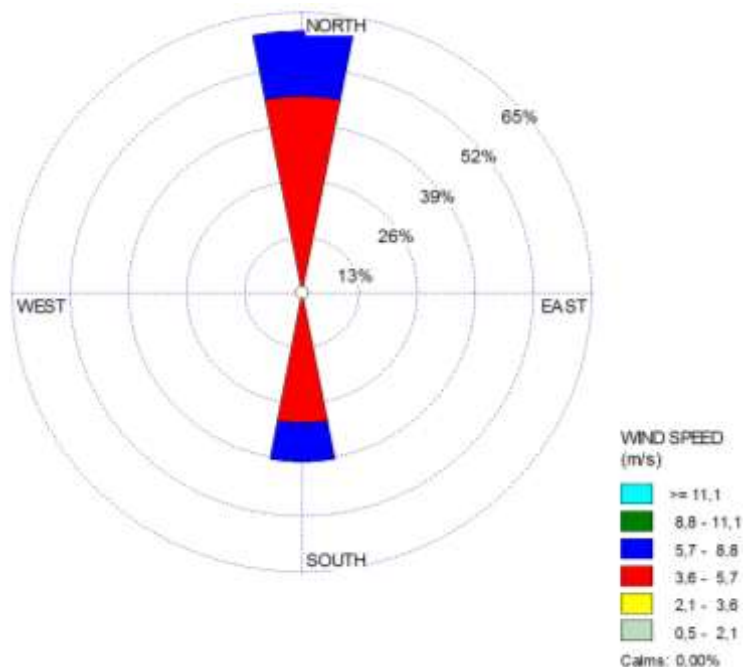


Gráfico 4.5. Dirección e intensidad del viento en el mes de agosto Puerto Alto.

Mientras que la gráfica 4.6 establece que la dirección del viento que prevalecía coincidía con la mayor intensidad en dirección norte.

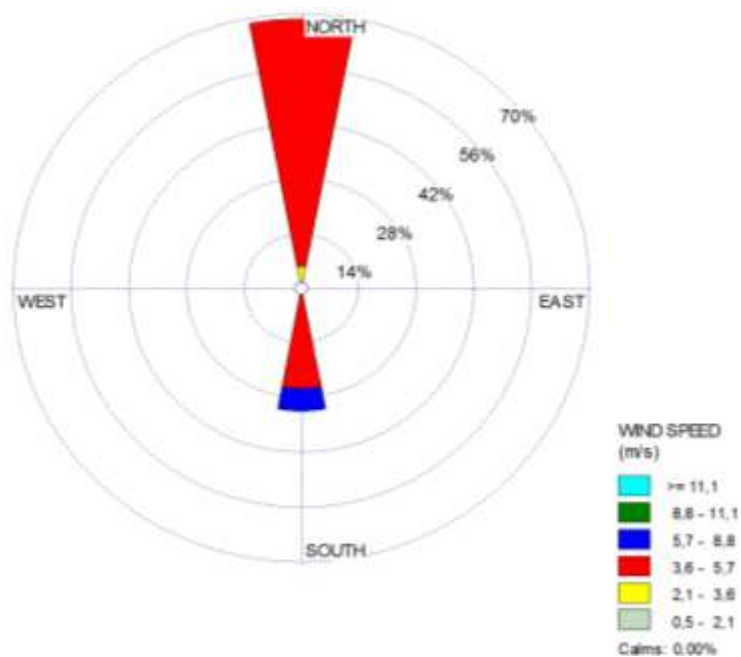


Gráfico 4.6. Rosa de los vientos. Dirección e intensidad en el mes de febrero Puerto Alto

4.2. SELECCIÓN DEL AEROGENERADOR

Una vez procesada la información obtenida en el estudio de medición y acorde a los resultados sobre el potencial eólico del sector, se procedió a analizar las diferentes alternativas de aerogeneradores para así proponer el que mejor se adapte a las características encontradas en el sector, tomando en cuenta en su selección los aspectos más importantes como: especificaciones, Descripciones, Precio (anexo1).

4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL AEROGENERADOR SELECCIONADO

El aerogenerador seleccionado fue: Aerogenerador ZONHAN ZH1.5 de la empresa ProVientoS.A. en base a la comparación de algunos modelos revisados, este se adapta a las necesidades del proyecto en mención, por lo cual ha sido elegido. El aerogenerador se compone de: Cono de nariz, cuchillas 3 piezas, cubo, generador, rotor, cola varilla, veleta, torre y accesorio. A continuación en el cuadro 4.6. Se detallan los componentes y rendimiento técnico principal del aerogenerador.

Cuadro 4.6. Componentes y rendimiento técnico principal del aerogenerador ZONHAN ZH1.5

	Especificaciones	Descripción	
Aerogenerador ZONHAN ZH1.5	Diámetro del rotor: 3.2mtrs	Aerogenerador robusto de origen chino. Usa energía eólica para generar electricidad para cargar baterías de almacenamiento o para conectar directamente a un inversor. El cuerpo es de aluminio para disminuir la corrosión. Hélice con tres aspas de fibra de vidrio	
	Material y número de cuchillas 3 x fibra de vidrio reforzada		
	Potencia nominal / potencia máxima 1.5kW / 1.8 kW		
	Velocidad nominal del viento: 9m / s	IMANES CROMATIZADOS de alta eficiencia (NdFeB) cada uno empernado para facilitar el mantenimiento.	
	Velocidad de arranque del viento: 2.5 m / s		
	Velocidad de viento de trabajo: 3-25 m / s	Controlador de carga con tecnología PWM y entrada de 300W para paneles fotovoltaicos.	
	velocidad máxima del viento: 50 m / s		
	Rotación: 380 rpm	El inversor convierte la CC (corriente continua) del controlador de la turbina eólica y / o las baterías en CA (Corriente alterna). La electricidad de CA producida es luego alimentar a las propiedades de suministro de red para reducir la energía tomada de la utilidad proveedor.	
	Voltaje de funcionamiento DC24 / 48V (voltaje más alto opcional)		
	Tipo de generador trifásico, imán permanente		
	Carga de voltaje constante M380 rpm método de regulación de velocidad Autofurl		
	Altura de la torre: 12mtrs		
	Tiempo de vida: 10-15 años		

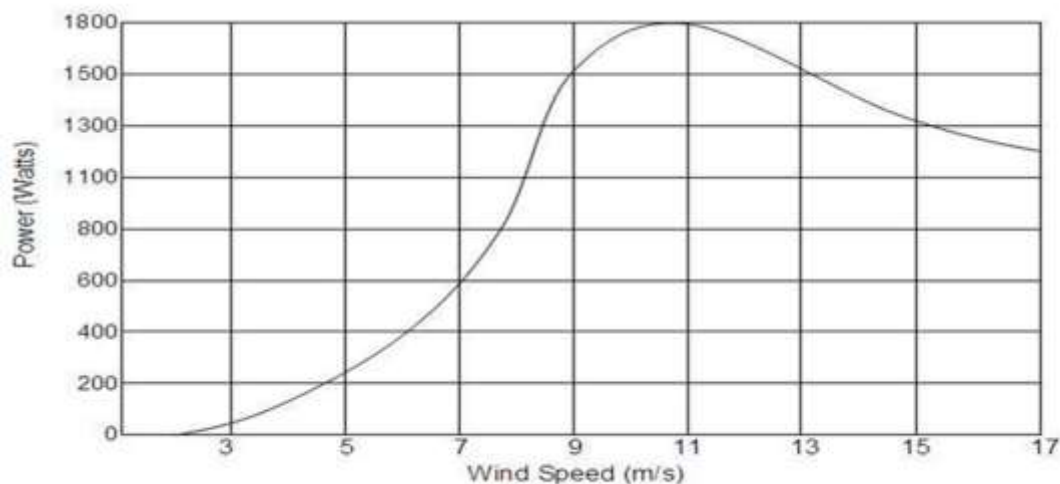
Fuente: ProViento S.A (2017)

4.2.2 CURVA DE POTENCIA DEL AEROGENERADOR ZONHAN ZH1.5.

La característica que define a un aerogenerador específico es su curva de potencia, que nos da la potencia que es capaz de suministrar el aerogenerador para cada velocidad de viento (Cornejo, 2008).

Como se aprecia en la figura 4.2 el aerogenerador propuesto alcanza su máxima potencia de 1.800 watts cuando la velocidad del viento está en un rango de 9 y 11 m/s. tomando en cuenta a la velocidad de viento promedio de 5.08 m/s obtenida en sector, se alcanzaría una potencia aproximada de 225 watts.

Figura 4.2 Curva de potencia del aerogenerador ZONHAN ZH1.5.



Fuente: ProViento S.A (2017)

4.3. DETERMINACIÓN DE EL MONTO DE INVERSIÓN REQUERIDO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.

En esta fase se realizó el cálculo del monto total requerido para la investigación, basados en la teoría de Baca (2013), el cual fue seleccionado mediante una revisión literaria, el mismo explica de manera detallada el procedimiento a seguir para este cálculo, los cuales se detallan a continuación:

- Detalle de requerimientos, tanto para la investigación como la implementación técnica del estudio.
- Análisis de los distintos precios existente en el mercado y posterior selección del más conveniente desde el punto de vista económico.

4.3.1. CÁLCULO DEL MONTO ECONÓMICO DEL ESTUDIO

Se analizaron todos los aspectos económicos involucrados durante la investigación tales como: determinación topográfica, alquiler de equipos, transporte, viatico, alojamiento, entre otros). Como lo muestra el cuadro 4.7 en esta actividad se detalla el costo del estudio de implementación del proyecto.

Cuadro 4.7. Costos generales del estudio para la estimación del potencial eólico.

MATERIALES E INSUMOS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Alquiler del GPS	1	25,00	25
Anemómetro modelo Va8021	1	50,00	50,00
Mástil de madera de 10m	1	70,00	70,00
Determinación topográfica	1	50,00	50,00
Viatico		125,00	125,00
Transporte (gasolina)	1	100,00	100,00
Copias		25,00	25,00
Computadora	1	600,00	600,00
Total			1,045.00

Fuente: (Chávez, 2017)

4.3.2. CÁLCULO DE LA PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL AEROGENERADOR

Los costos empleados para el cálculo de la propuesta fueron los siguientes: Costo del Aerogenerador ZONHAN ZH1.5 + IVA, costo de mantenimiento adicional a partir del segundo año.

Cabe detallar que dentro de este precio del aerogenerador están incluido todos sus componentes, así como el traslado e instalación del mismo y su mantenimiento durante el primer año.

Cuadro 4.8. Costos generales del aerogenerador.

Costo Aerogenerador ZONHAN ZH1.5	US\$ 2240
Mantenimiento (anual posterior)	US\$ 200
Combustible	US\$ 0

Fuente: (Chávez, 2017)

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en el presente estudio permiten concluir que:

- La zona de Puerto Alto cuenta con una velocidad de viento promedio de 5,08 m/s en la época de menor intensidad del viento, valor considerado apto para la implementación de aerogeneradores.
- De acuerdo a la investigación de las distintas alternativas de aerogeneradores se seleccionó un prototipo básico, considerando los aspectos más relevantes tales como: Velocidad de arranque 3.2m/s potencia nominal 1500W.
- El monto de inversión requerido para la implementación de la propuesta del aerogenerador seleccionado es de 2240.-USD, se incluye el costo de instalación y mantenimiento por un año.

5.2. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a las distintas alternativas de aerogeneradores estudiados en la investigación, se propone que sean de baja potencia como el modelo ZONHAN ZH1.5.
- El potencial eólico que existe en el sector y que permitió la propuesta de implementación de aerogeneradores, representa una oportunidad de desarrollo y ahorro de recursos económicos para los habitantes del sector Puerto Alto.
- Ampliar el estudio relacionado con la utilidad de la energía eólica para el desarrollo rural, esta tecnología permite atender no solamente usos domésticos, sino también productivos como (riego, procesamiento y preprocesamiento de productos agropecuarios).
- Socializar estos tipos proyectos con entidades Gubernamentales y empresas privadas que apoyen en el desarrollo y el buen vivir de las zonas rurales del país.

BIBLIOGRAFÍA




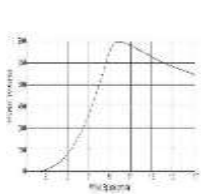

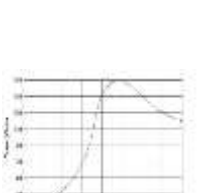
- AEE (Asociación Empresarial Eólica). 2011. Aerogenerador. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (En línea). España. Consultado, 10 de nov. 2015. Formato HTML. Disponible en <https://www.aeeolica.org>.
- Aguilera, A. 2011. Montaje Mecánico en Instalaciones Solares Fotovoltaicas. Vértice ed. España. p 151.
- Avellaneda, J. 2012. Estudio de Potencial de generación de energía eólica en la zona del páramo de Chontoles, Municipio de PAIPA y SOTAQUIRA; Departamento de Boyacà; Maestría en Ingeniería con énfasis en energía alternativa. Bogotá. DC. Universidad libre. Bogotá. CO. P. 79-80.
- Baca, G. 2013. Evaluación de Proyecto. 7 ed. México. p 2-3.
- B.J. Retallack, Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de clase IV OMM-Nº266.
- Beltrán, A; Morera, M; López, F; Villela, R. 2017. Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. México. Revista CienciaUAT. Vol. 11. p 105-117.
- Blanchette, H y Haddad, K. 2007. The impact of power converter technologies on stand alone wind turbine applications. Electrical Power Conference. EPC. IEEE Canada. p 68 – 73.
- Centrosure, 2017. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (En línea) Ec. Consultado 11 de julio 2017 <http://www.centrosur.gob.ec/calcular-consumo>.
- Cornejo, Millán. E, 2007/2008 Módulo: Energía Eólica Master en Energías Renovables y Mercado Energético p 14-36. (En línea). Ec. Consultado, 11 de junio. 2016 [file:///C:/Users/usuario/Downloads/componente45329%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/componente45329%20(1).pdf)
- Escartín Sauleda, E. R. (2011). La tecnología de los sistemas de información geográfica en la evaluación de los recursos eólicos con fines energéticos. Revista Internacional de Ciencias de la Tierra, 10-17. Consultado. <http://www.upme.gov.co:81/sgic/sites/default/files/AvellanedaCusariaJoseAlfonso2012.pdf>
- Fernández Diez, P. (2007). Energía Eólica. Cantabria: Universidad de Cantabria. Consultado 15 de nov. 2015
- Fernández Muera, (2009). Energía Eólica: la Energía del futuro. Consultado, 15 de nov. 2015 http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2009/07/09/146989.php


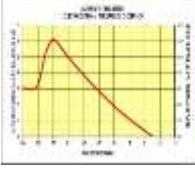

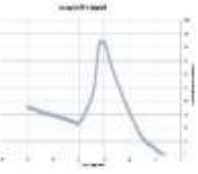
- Giménez, J y Gómez, J. 2011. Generación eólica empleando distintos tipos de generadores considerando su impacto en el sistema de potencia. Colombia. Revista DYNA. Vol 78. p 95-104.
- González, D. 2008. Generación de un mapa de vientos en un SIG. Alcalá, España: Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá. En línea Consultado, el 10 de noviembre 2015. disponible en <http://www.upme.gov.co:81/sgic/sites/default/files/AvellanedaCusariaJoseAlfonso2012.pdf>
- Guevara, R. 2014. Falta de iluminación pone en riesgo a transeúntes. En línea. El Salvador. Consultado, 10 de nov. 2015. Formato HTML. Disponible en <http://www.elsalvador.com/>
- Hernández, I.; Escobedo C.; Salazar, D. 2013. Luz led, vital iluminación para el campo. En línea, consultado el 10 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/266/articulos/luz-led-iluminacion-para-campo.html>
- Justus, C. G., Hargraves, W. R., y Jakin A., 1976. Nationwide assessment of potential output from wind powered generation. J. Appl. Meteorology, 15,673-678
- Kehrli, B. y Ross, M. 2007. Utility-connected power electronic compensators in wind power applications. Power Electronics and Applications, European Conference. P 1 – 15.
- Kwon, S.-D. 2010. Uncertainty analysis of wind energy potential assessment Original Research Article. Applied Energy, Volume 87, Issue 3, March, 856865.Consultado,<http://www.upme.gov.co:81/sgic/sites/default/files/AvellanedaCusariaJoseAlfonso2012.pdf>
- Lackner, M. A., Rogers, A. L., & . Manwell, J. F. 2008. Uncertainty Analysis in MCP-Based Wind Resource Assessment and Energy Production Estimation. J. Sol. Energy Eng. -- August, 10-19. Consultado.<http://www.upme.gov.co:81/sgic/sites/default/files/AvellanedaCusariaJoseAlfonso2012.pdf>
- MERKASOL, 2009. Energías Renovables. Aerogeneradores. En línea. España. Consultado, 10 de nov. 2015. Formato HTML. Disponible en <https://www.merkasol.com>.
- Meyer, C.; Hoing, M.; Peterson, A. y De Doncker, R.W. 2006.Control and Design of DC-Grids for Offshore Wind Farms. Industry Applications.
- Neira, R y Velecela, M. 2014. Estudio de Factibilidad de Generación Eléctrica mediante Energía Eólica y Energía Solar Fotovoltaica para el sector de Garauzhí de la Parroquia Quingeo perteneciente a la ciudad de Cuenca. Tesis. Ing. Eléctrico. UPS. Cuenca. EC. p 39.

- Pazmiño, M e Hidalgo, J. 2007. Medición del Potencial Eólico para Construcción del Futuro Parque Eólico en el Campus Prosperina. Guayaquil, EC. Revista Tecnológica ESPOL.Vol.20. p 123-130.
- Proviento S.A. Energías Renovables Ecuador aerogeneradores En línea. EC. Consultado, 11 de junio de 2016. Formato HTML. Disponible en: <https://www.proviento.com.ec>.
- Quetzalcoatl, E; Espinosa,F; Saldaña y Rivera, C. 2012. Evaluación del potencial eólico para la generación de energía eléctrica en el estado de Veracruz, México. Revista DYNA. Num 171. p 215-221.
- Robredo, M. 2013. Aerogeneradores. En línea. España. Consultado, 10 de nov. 2015. Formato HTML. Disponible en <https://www.aeeolica.org>.
- Roldán, J. 2012. Energías Renovables. Paraninfo, S. A. ed. España. p 46.
- Salgado, A. 2007. Scielo Metodología de investigación, . Consultado 10 de nov. 2015 disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172948272007000100009&script=sci_arttext
- UPME. (Unidad de Planeación Minero Energética). 2003. Guía para la utilización de energía eólica para generación de energía eléctrica. Bogotá D.C.: Icontec.Consultado.<http://www.upme.gov.co:81/sgic/sites/default/files/AvelanedaCusariaJoseAlfonso2012.pdf> Unidad de Planeación Minero Energética
- Villarubia, M. 2004. Energía Eólica. Barcelona, España. Editorial Aleph.p 13-15.
- Zonhan Y. 2018. Wind Power Co. Ltd. Operating & Installation Manual. ZH1.5kw wind turbine system p 2. En línea. Consultado 11 de junio 2016. formato: PDF. Disponible en: <https://www.proviento.com.ec/ZH15Manual.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Diferentes Alternativas de Aerogeneradores.

Aerogenerador	Origen	Especificaciones	Descripciones	Foto/Curva de potencia	Precio (USD sin IVA)
Aerogenerador ZONHAN 600W	China	<p>Potencial nominal: 600w Potencia max: 610w Diámetro de hélice: 1,8m Velocidad de arranque : 2,5 m/s Velocidad potencia : 12m/s Voltaje: 24VDC</p>	<p>Aerogenerador liviano de un avanzado diseño. Con sus tres aspa de fibra de nylon y u generador sicroneo de imanes permanente mente este aerogenerador ofrece un arranque de viento de 2,5m/s. Viene con un controlador de carga sencillo que indica el estado de batería a través de tres LEDs.</p>	 	950,-USD
Aerogenerador ZONHAN ZH750W	China	<p>Potencial nominal: 750w Potencia max: 900w Diámetro de hélice: 2,7m Velocidad de arranque : 4 m/s Velocidad potencia : 9m/s Rotación: 450 rpm Voltaje: 12VDC</p>	<p>Aerogenerador robusto de origen chino. En cuerpo e de aluminio para disminuir la corrosión .hélice con tres aspa de fibra de vidrio. Imane croma tizado de alta eficiencia (NdFeB) cada uno empernado para facilitar en mantenimiento Controlador de carga con tecnología PWM y entrada de 200w para paneles fotovoltaicos</p>	 	1550,-USD
Aerogenerador ZONHAN ZH1.5	China	<p>Potencial nominal: 1500w Potencia max: 1800w Diámetro de hélice: 3,2m Velocidad de arranque : 4 m/s Velocidad potencia : 9m/s Rotación: 380 rpm Voltaje: 24VDC</p>	<p>Aerogenerador robusto de origen chino. En cuerpo e de aluminio para disminuir la corrosión .hélice con tres aspa de fibra de vidrio. Imane croma tizado de alta eficiencia (NdFeB) cada uno empernado para facilitar en mantenimiento. Controlador de carga con tecnología PWM y entrada de 300w para paneles fotovoltaicos</p>	 	2000,-USD

<p>AEROGENERADOR MARLEC FM910-4</p>	<p>Reino Unido de Gran Bretaña</p>	<p>Potencia nominal: 180W Potencia max: 180W Diámetro de hélice: 0.9m Velocidad de arranque: 2.6 m/s Velocidad potencia: 11 m/s Voltaje: 12/24VDC</p>	<p>Aerogenerador para aplicaciones industriales donde se demanda un mínimo de mantenimiento y una larga durabilidad. Con sus 6 aspas este aerogenerador es ideal para dar energía a yates, botes caravans o postes de luz. Controlador de 12/24VDC de carga con tecnología PWM y entrada de 160W para paneles fotovoltaicos.</p>	 	<p>2200.-USD</p>
<p>AEROGENERADOR MARLEC FM1803-2</p>	<p>Reino Unido de Gran Bretaña</p>	<p>Potencia nominal: 850W Potencia max: 850W Diámetro de hélice: 1.8m Velocidad de arranque: 3.0 m/s Velocidad potencia: 15 m/s Voltaje: 12/24VDC</p>	<p>Aerogenerador para aplicaciones industriales y caseras donde se demanda un mínimo de mantenimiento y una larga durabilidad. El aerogenerador genera a una voltaje alta para minimizar las pérdidas en los cables</p> <p>Controlador de 12/24VDC de carga con tecnología PWM. Para optimizar la recarga de la batería el controlador cambia entre el modo de vientos moderados y vientos fuertes. Una pantalla LCD informa sobre el estado del controlador.</p>	 	<p>4500.-USD</p>

Anexo 2. Datos técnicos del aerogenerador ZONHAN ZH1.5

COMPONENTES Y RENDIMIENTO TÉCNICO PRINCIPAL

La turbina se compone de: Cono de nariz, cuchillas 3 piezas, cubo, generador, rotor, cola, varilla, Veleta, Torre y Accesorio.

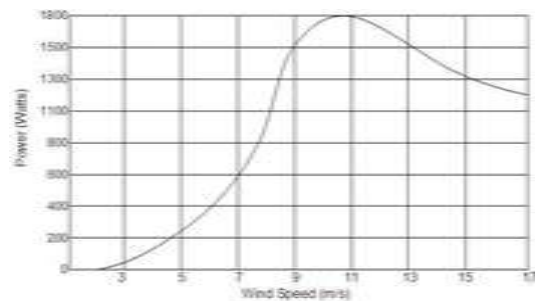
Diámetro del rotor 3.2mtrs
 Material y número de cuchillas 3 x fibra de vidrio reforzada
 Potencia nominal / potencia máxima 1.5kW / 1.8 kW



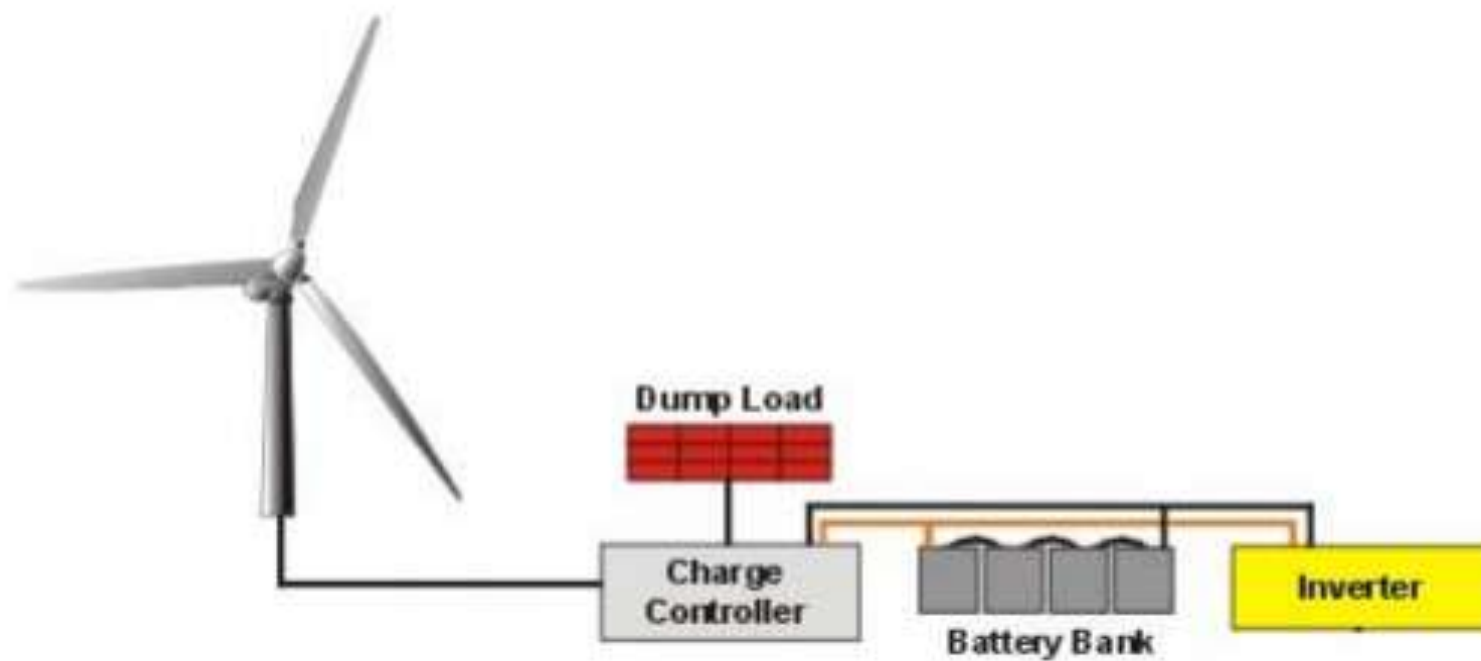
Velocidad nominal del viento 9m / s
 Velocidad de arranque del viento 2.5 m / s
 Velocidad de viento de trabajo 3-25 m / s
 velocidad máxima del viento 50 m / s
 Voltaje de funcionamiento DC24 / 48V (voltaje más alto opcional)



Tipo de generador trifásico, imán permanente
 Carga de voltaje constante
 Método de regulación de velocidad
 Altura de la torre 12mtrs
 Tiempo de vida 10-15 años

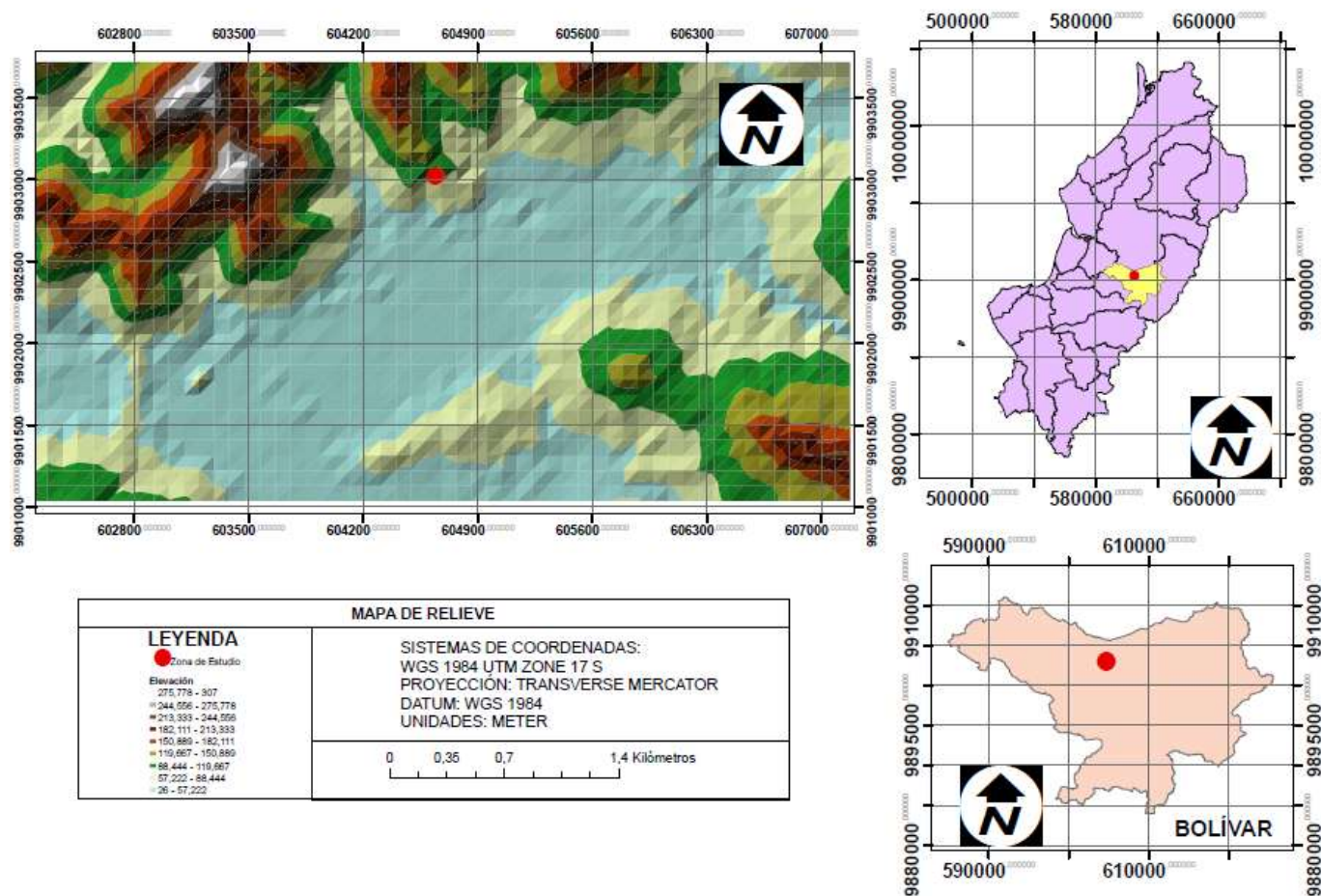


Anexo 3. Esquema de proceso del aerogenerador ZONHAN ZH1.5.

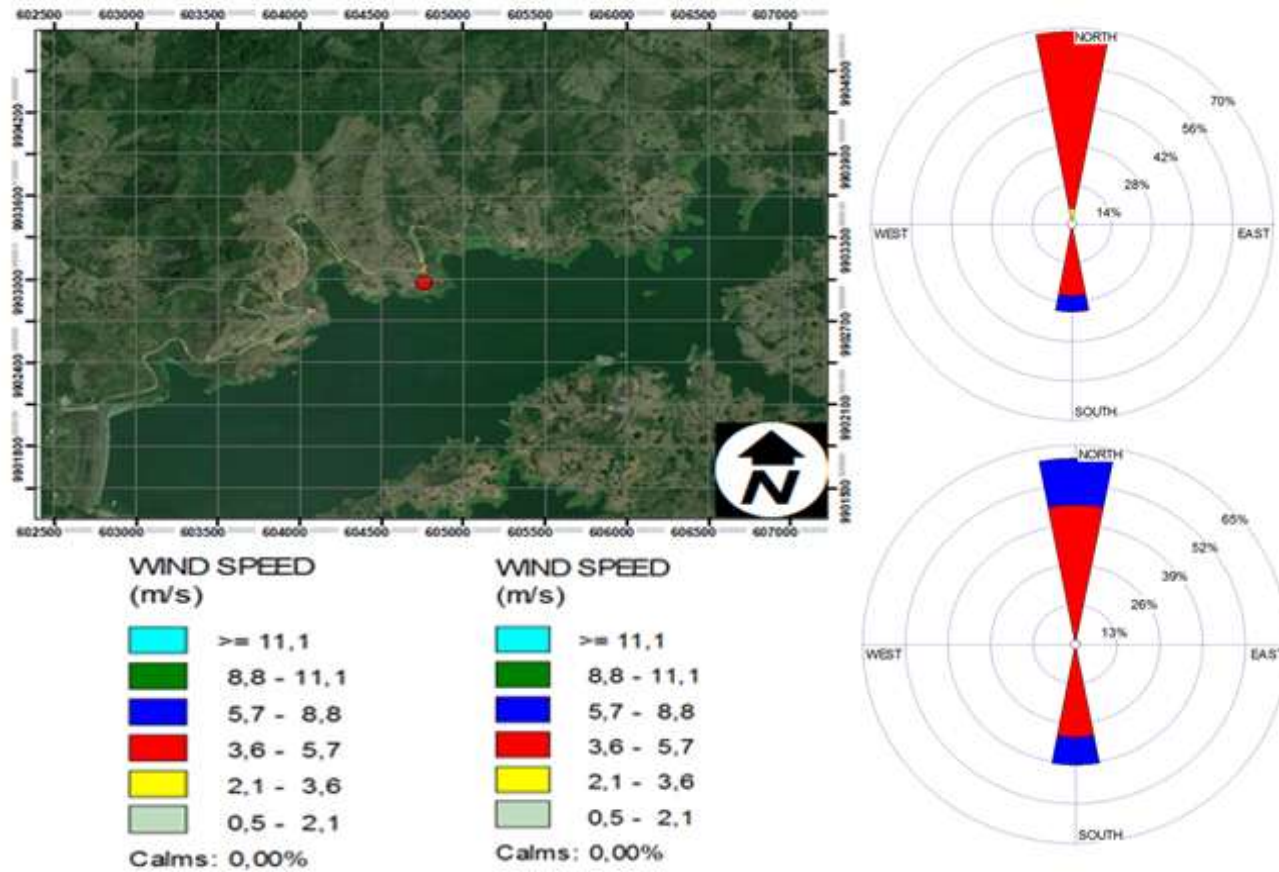


Fuente: Zonhan Y. (2018)

Anexo 4. Mapa de Relieve de Puerto Alto.



Anexo 5: Mapa de la incidencia de los vientos del área de estudio



Anexo 6. Datos anuales de la Estación Meteorológica de la ESPAM MFL (2011).

MESES	HR%	T.MAXIMA °C	T. MINIMA °C	T.AMBIENTE °C	EVAPORACION mm	PRECIPITACION mm	RECORRIDO VIENTO k/h	HORAS SOL	VELOCIDAD DEL VIENTO
ene-11	86	29,5	22,5	25,2	103,2	102,6	397,3	55,5	1,7
feb-11	84	30,4	22,4	25,9	122,6	98,3	431,1	112	1,4
mar-11	81	31,9	21,9	26,4	165,4	54,4	434,3	171,9	1,4
abr-11	84	28,3	22,4	26	119,3	210,2	334,1	148	1,3
may-11	82	31,6	21,5	26,2	142,9	1,9	357,8	128,7	1,4
jun-11	83	30,5	22,2	25,9	119,4	10,9	483,4	71,6	1,3
jul-11	81	30,3	21,4	25,6	127,9	9,3	392,6	74,1	1,5
ago-11	80	30,1	21,2	25,1	156	0,5	529,2	82	1,7
sep-11	79	31	20,4	25	175,2	0,1	653	129,1	1,5
oct-11	79	29,9	20,4	24,7	167,6	1,8	661,6	109,4	1,6
nov-11	77	30,5	19,8	24,7	170,8	0,7	702,1	134,3	1,7
dic-11	75	31,3	21,4	26,2	169,2	37,2	605,9	108,8	2,2
TOTAL					1739,5	527,9 mm	5982,4	1325,4	
PROMEDIO	80,90%	30,4 °C	21,5 °C	26 °C					1,5 m/s

Anexo 7. Datos anuales de la Estación Meteorológica de la ESPAM MFL (2012).

MESES	HR %	T.MAXIMA °C	T. MINIMA °C	T.AMBIENTE °C	EVAPORACION mm	PRECIPITACION mm	RECORRIDO VIENTO K/H	HORAS SOL h/s	VELOCIDAD DEL VIENTO
ene-12	89	29,4	22,4	25	71,5	322,7	426,5	40,6	1,7
feb-12	89	30,7	22,7	26	80,5	474	500,9	97,1	1,9
mar-12	87	31,6	23,6	27	122,4	389,9	519,9	139,4	2,1
abr-12	84	32	23,3	27,1	123,7	152,2	469,3	141,3	1,7
may-12	85	31,6	23,2	26,6	104,3	167,4	396,6	119,9	1,6
jun-12	86	30,3	22,4	25,9	103	83,9	427,8	93,3	1,7
jul-12	86	28,8	20,7	24,6	103,1	6,5	448,7	73,6	1,6
ago-12	81	29,3	20,8	24,3	130,6	0	608,5	91,3	1,7
sep-12	77	30	20,9	24,7	138,7	0	632,7	106,2	1,8
oct-12	78	29,9	21,2	24,8	136	0,9	585,3	86,4	1,8
nov-12	77	30,3	21,3	23,8	139	5,3	799	96,7	1,7
dic-12	76	31,2	21,9	26	144,9	36,1	757,7	97,1	1,8
PROMEDIOS	82,9	30,4	22,0	25					1,7m/s
TOTAL					1397,7	1638,9	547,7	1182,9	

Anexo 8. Datos anuales de la Estación Meteorológica de la ESPAM MFL (2013).

MESES	HR	T.MAXIMA	T.MINIMA	T.AMBIENTE	EVAPORACION	PRECIPITACION	HORAS SOL	RECORRIDO DEL VIENTO	PUNTO DE ROCIO	NUBOSIDAD	VELOCIDAD VIENTO
Ene-13	84	29,4	23	25,4	53	267,6	31,67	478,6	22,3	6,2	1,5
Feb-13	85	30,9	22,6	25,8	95,1	163,8	76,2	475,4	22,9	5,3	1,8
Mar-13	83	31	23,5	26,2	89,1	372,1	101,9	586	22,8	5,3	1,6
Abr-13	85	30,9	22,8	25,9	106,5	111,4	104,8	496,4	26,6	5	1,8
May-13	87	29,3	21,8	25	88,3	16	60	539,1	22,5	5,5	1,7
jun-13	84	28,9	21,5	25	101,5	3,3	57,8	618,2	21,1	5,7	1,3
jul-13	87	28,8	20,6	2,4	129,4	0,6	77,2	721	22	5,6	1,7
ago-13	85	29,5	20,6	24,4	132,7	0,5	104,4	740	21,5	5,6	1,7
Sep-13	83	30,7	21	25,1	153,7	0	132,6	800	21,9	5,3	2,1
oct-13	85	29,3	21	24,9	146,4	4,3	90,6	831,9	22	5,7	1,8
nov-13	83	30,5	21,1	25,3	123,8	1,1	84,6	610,4	22,2	5,8	2,3
dic-13	75	29	26,3	24	121,9	21,7	105,1	691,3	20,5	5,4	2,1
PROMED	83,5	29,9 °C	22,2°C	25°C					24,4°C	5,5 octa	1,8 m/s
TOTAL					1341,4 mm	962,4 mm	1026,8 h/s	7588,3			

Anexo 9. Datos anuales de la Estación Meteorológica de la ESPAM MFL (2014).

MESES	HR %	T.MAXIMA °C	T. MINIMA °C	T.AMBIENTE °C	EVAPORACION mm	PRECIPITACION mm	RECORRIDO VIENTO K/H	HORAS SOL h/s	VELOCIDAD VIENTO
ene-14	83	30,1	22,4	25,8	90,9	210,4	495,4	41,5	1
feb-14	84	30,3	22,4	26,0	69,9	200,4	510,2	52,7	2
mar-14	81	31,7	21,8	26,6	138	160	559,9	119,6	2
abr-14	84	30,5	22,4	26,4	76,6	56,3	434,5	60	2
may-14	84	30,8	21,9	26,2	95,3	81,4	494,7	88,8	1,6
jun-14	84	30,8	21,3	26,1	99,9	26,9	505,3	77,4	1,7
jul-14	84	30,8	21,0	25,7	108,1	1,7	594,7	92,3	1,7
ago-14	80	30,6	20,6	25,5	125,5	1,8	608,7	90,2	1,6
sep-14	82	30	19,9	25,2	109,5	0,4	608,8	80,9	1,7
oct-14	80	30,9	20,5	25,7	127,9	13	634,2	86,6	1,6
nov-14	78	30,6	20,0	25,5	113	0	572,2	71,8	1,6
dic-14	80	31,2	20,6	26	115	25	1197	63,4	1,4
PROMEDIOS	82,0	30,7	21,2	26					1,6m/s

Anexo 10. Sector donde se realizó la toma de datos.



Anexo 11. Toma de datos en el área de estudio.



Anexo 12. Anemómetro velocidad del viento Va8021.



Anexo 13. Observación y reconocimiento del área

