

**PROYECTO DE INVERSION DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA CON  
FUENTES ALTERNATIVAS EN EL SECTOR DE LA CALERA**



<b>JENIFER DANIELA BELTRAN MAZABEL</b>	<b>351197</b>
<b>GERMAN ORLANDO HUERTAS GUTIERREZ</b>	<b>351252</b>
<b>JESSIKA LORENA RIAÑO APONTE</b>	<b>351230</b>

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS.  
ESPECIALIZACION EN FORMULACION Y EVALUACION SOCIAL Y  
ECONOMICA DE PROYECTOS**

**BOGOTA D.C**

**2017**

**PROYECTO DE INVERSION DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA CON  
FUENTES ALTERNATIVAS EN EL SECTOR DE LA CALERA**



<b>JENIFER DANIELA BELTRAN MAZABEL</b>	<b>351197</b>
<b>GERMAN ORLANDO HUERTAS GUTIERREZ</b>	<b>351252</b>
<b>JESSIKA LORENA RIAÑO APONTE</b>	<b>351230</b>

**Trabajo de Grado para Obtener el Título de ESPECIALISTA**

**TUTOR:**

**DANIEL ISAAC ROQUE**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS.  
ESPECIALIZACION EN FORMULACION Y EVALUACION SOCIAL Y  
ECONOMICA DE PROYECTOS**

**BOGOTA D.C**

**2017**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente del  
Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de fin de grado lo dedicamos a Dios por brindarnos la sabiduría y fortaleza para continuar con nuestros sueños y proyectos.

A nuestros padres y familiares, quienes nos brindaron su apoyo incondicional.

A la Universidad Católica de Colombia por la oportunidad de ser parte de su grupo académico, a los docentes que comparten cada uno de sus conocimientos en nuestro proceso de formación que día a día hacen posible realizar nuestro proyecto de vida.

Jennifer Daniela Beltrán Mazabel

German Orlando Huertas Gutiérrez

Jessika Lorena Riaño Aponte

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a todas las personas que hicieron posible este proyecto, a nuestros docentes que nos apoyaron en nuestra formación académica.  
A nuestro tutor, el Docente Daniel Isaac Roque, quien fue la persona que nos orientó en el desarrollo de nuestro proyecto de investigación y nos apoyó.

## Contenido

<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS.....</b>	<b>2</b>
<b>Capítulo 1. Aspectos Teóricos Sobre Energía Eólica .....</b>	<b>3</b>
<b>Países que empezaron a desarrollar la energía eólica: .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Antecedentes en Colombia. ....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 ALGUNAS DEFINICIONES .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3.1 Energía Eólica.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3.2 El viento. ....</b>	<b>14</b>
1.3.3 Ventajas de la Energía Eólica.....	14
1.3.4 Desventaja de la Energía Eólica .....	14
<b>1.4 ASPECTOS TEORICOS DE LAS TURBINAS EOLICAS .....</b>	<b>15</b>
1.4.1 Un Aerogenerador. ....	15
1.4.2 Clasificación de los diferentes aerogeneradores.....	15
1.4.3 Aerogeneradores de eje vertical. ....	15
<b>1.4.4 Rotor Savonius.....</b>	<b>16</b>
1.4.5 Ventajas del Rotor Savonius .....	16
1.5 Parámetros Rotor Savonius. ....	17
1.5.1 Potencia Nominal o Máxima,.....	19
<b>1.6 RELACION ENTRE LA VELOCIDAD DEL VIENTO Y LA POTENCIA ELECTRICA .....</b>	<b>20</b>
<b>Capítulo 2. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 Descripción y Composición del Sector de La Calera .....</b>	<b>22</b>
<b>Población Censada Dane (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) 2005.....</b>	<b>24</b>
<b>Análisis de Encuesta Realizada en el Sector de La Calera .....</b>	<b>25</b>
<b>Principales Consecuencias de la carencia de Energía Eléctrica .....</b>	<b>25</b>
<b>Primeras grandes conclusiones del análisis de la encuesta .....</b>	<b>27</b>
<b>2.2 Pronostico de condiciones climáticas en el sector de La Calera .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3 Potencial Eléctrico en La Calera .....</b>	<b>32</b>
<b>Consumo Eléctrico De Electrodomésticos.....</b>	<b>33</b>
<b>2.4 OBTENCION DE ELECTRICIDAD EN VIVIENDAS DEL SECTOR DE LA CALERA .....</b>	<b>34</b>

<b>Análisis de electricidad en las viviendas del Sector de La Calera.....</b>	<b>34</b>
<b>Uso de Fuentes Alternativas .....</b>	<b>36</b>
Consecuencias del uso de Plantas Eléctricas .....	37
<b>Conclusiones del daño y el costo que origina el empleo de Plantas Eléctricas .....</b>	<b>38</b>
A) Contaminación .....	38
B) Alto valor del combustible .....	38
C) Mantenimiento .....	39
<b>Uso de Linternas .....</b>	<b>41</b>
Costos de Baterías Linternas Por Familia .....	41
<b>Situación Crítica del Problema.....</b>	<b>42</b>
<b>Electrodomésticos Básicos Para un Hogar.....</b>	<b>43</b>
<b>Comparación Energía Requerida Vs Energía Suministrada por el Aerogenerador en Estudio .....</b>	<b>44</b>
<b>Desconocimiento de los habitantes del Sector Sobre Energía Eólica y Gestión Realizada .....</b>	<b>44</b>
<b>Capítulo 3 Propuesta.....</b>	<b>47</b>
<b>3.1 El Prototipo.....</b>	<b>47</b>
<b>Partes del Pico aerogenerador .....</b>	<b>48</b>
<b>El Rotor Eólico.....</b>	<b>48</b>
<b>Selección del Generador Eléctrico y Descripción de componentes. ....</b>	<b>48</b>
Alternadores Eléctricos. ....	48
Generador de imanes Permanentes.....	49
El Estator.....	50
Las Bobinas.....	50
Rotores Magnéticos.....	51
El disco de acero. ....	51
Los imanes.....	51
El Buje.....	51
EL Eje.....	52
Sistema de control Eléctrico y Modulo de iluminación.....	52
Montaje eléctrico.....	52
El Puente Rectificador.....	53
Disipador de calor.....	53
Voltímetro .....	54
Acumulador de energía eléctrica .....	54
Regulador de Voltaje para intensidad de iluminación.....	54
<b>3.3 Materiales del Pico-aerogenerador. ....</b>	<b>54</b>
<b>3.4 Cálculos Técnicos Realizados .....</b>	<b>55</b>



<b>Cálculo de la Potencia Mecánica .....</b>	<b>57</b>
<b>Eje del Mástil.....</b>	<b>60</b>
<b>REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL AEROGENRADOR.....</b>	<b>62</b>
<b>3.5 EVALUACION FINANCIERA DEL PROYECTO.....</b>	<b>63</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1	Suministros de fuentes primarias de energía a nivel mundial.....	3
Ilustración 2	Porcentajes de Fuentes de Energía a Nivel Mundial 1973 Y 2009.....	4
Ilustración 3	Proyección del consumo de energía a nivel mundial por combustibles. ....	5
Ilustración 4	Aerogeneradores en el World Trade Center .....	9
Ilustración 5	Relación Entre Velocidad del Viento Vs Potencia Eléctrica .....	20
Ilustración 6	Vista Superior Rotor Savonius .....	21
Ilustración 7	Vereda Gama Cundinamarca .....	24
Ilustración 8	Condiciones Climáticas Días Mes De Septiembre .....	28
Ilustración 9	Condiciones en La Calera Mes de Septiembre 2017 .....	29
Ilustración 10	Condiciones climáticas en La Calera Mes de Septiembre 2017 .....	29
Ilustración 11	Mapa Eólico De Colombia .....	31
Ilustración 12	Vivienda Sin Red Eléctrica en San Cayetano .....	36
Ilustración 13	Planta Eléctrica en Mal Estado y Dura de Encendido .....	39
Ilustración 14	Zona Alejada de Red Eléctrica .....	40
Ilustración 15	Futuro Energético en el mundo.....	46
Ilustración 16	Posible Prototipo Aerogenerador Para el Sector de la Calera.....	47
Ilustración 17	Materiales Para la Construcción del Prototipo.....	55
Ilustración 18	Dimensiones Cilindro y Alabes del Aerogenerador .....	60
Ilustración 19	El Mástil.....	61
Ilustración 20	Representación Esquemática del Prototipo.....	62
Ilustración 21	Beneficio Social en Proyectos de Inversión.....	69

## ECUACIONES

Ecuación 1 Energía Cinética.....	17
Ecuación 2 Potencia del Viento.....	17
Ecuación 3 Masa del Aire.....	17
Ecuación 4 La Masa Con Respecto Al Tiempo.....	18
Ecuación 5 Flujo Aire Respecto al Área.....	18
Ecuación 6 Variación del Volumen Respecto al Tiempo.....	18
Ecuación 7 Potencia del Viento.....	19
Ecuación 8 Relación Base Altura.....	19
Ecuación 9 Eficiencia Total.....	20
Ecuación 10 Potencia Máxima.....	21
Ecuación 11 Superposición.....	21

## RESUMEN

En esta investigación se realizó un análisis teórico, mediante el cual se identificaron las diferentes energías alternativas y por medio de esto se logró desarrollar un proyecto enfocado en la energía eólica y su aplicabilidad en el sector de la calera, adicionalmente su viabilidad financiera y como estos pueden influenciar para suplir necesidades básicas correspondientes a la energía eléctrica.

En los últimos 20 años en los países en vía de desarrollo el consumo de energía eléctrica se ha duplicado, la producción y el uso de ella son las responsables de la mayor emisión de gases de efecto invernadero que causan estragos en el cambio climático trayendo consecuencias a nivel social, ambiental y económico en el país.

Este documento presenta un estudio técnico y financiero para la generación de energía eléctrica mediante la instauración de energía renovable, con la investigación se recopila y analiza información teórica y técnica que permite la selección de la energía eólica como fuente alternativa para brindar este servicio por medio de la fabricación, instalación y uso de un aerogenerador de baja potencia productor de energía eólica.

La investigación determina la viabilidad financiera, que permitirá de forma eficiente y económica el abastecimiento de energía eléctrica a los habitantes de un sector de Cundinamarca carente de redes eléctricas por el difícil acceso y altos costos en la infraestructura, haciendo de las zonas periféricas las más vulnerables y afectadas por falta de los servicios básicos, se elige el municipio de La Calera por tener un alto potencial eólico, contribuyendo así al fomento de la economía local.

Con los resultados de la investigación se busca brindar una alternativa energética que promueva la disminución de CO<sub>2</sub>, de los costos operativos en la generación de energías tradicionales e instalación en cualquier lugar que se requiera, adicionalmente por su bajo costo en el

mantenimiento llega a ser competitiva y más rentable que otras fuentes eléctricas, dando así una opción adicional a la comunidad.

### **Palabras Claves**

Energía Eléctrica

Energía Eólica

Energía Alternativa

Aerogenerador

Viabilidad financiera

## **ABSTRACT**

In this research, a theoretical analysis was carried out, through which different sources of alternative energy were identified and through this, a project focused on wind energy and its applicability in the “LA CALERA” sector was developed, as well as its financial viability and These can influence to meet basic needs corresponding to electric power.

In the last 20 years in the developing countries the consumption of electric power has doubled, the production and use of it are responsible for the greater emission of greenhouse gases that cause havoc in climate change bringing consequences to social, environmental and economic level in the country.

This document presents a technical and financial study for the generation of electricity through the installation of renewable energy, with the research is collected and analyzed theoretical and technical information that allows the selection of wind energy as an alternative source to provide this service through the manufacture, installation and use of a low power wind turbine that produces wind energy.

The research determines the financial viability, which will efficiently and economically provide electricity to the inhabitants of a sector of Cundinamarca lacking electricity networks due to difficult access and high costs in infrastructure, making the peripheral areas the most vulnerable and affected by lack of basic services, the municipality of La Calera is chosen because it has a high wind potential, thus contributing to the promotion of the local economy.

The results of the research seek to provide an alternative energy that promotes the reduction of CO<sub>2</sub>, operating costs in the generation of traditional energy and installation in any place that is required, additionally for its low cost in maintenance becomes competitive and more profitable than other electrical sources, thus giving an additional option to the community.

## **Key Words**

Electric power

Wind power

Alternative energy

Wind turbine

Financial viability

## **JUSTIFICACION**

La investigación determina la viabilidad financiera que tiene el proyecto de generación de energía eléctrica de una forma alternativa y limpia por intermedio del uso de aerogeneradores de baja potencia, que permitirá de forma eficiente y económica el abastecimiento de energía eléctrica a pequeños consumidores en un sector carente de redes eléctricas.

Con los resultados de la investigación se busca brindar una alternativa energética que promueva la disminución de CO<sub>2</sub>, de los costos operativos en la generación de energías tradicionales e instalar en cualquier lugar que se requiera, adicionalmente por su bajo costo en el mantenimiento llega a ser competitiva y más rentable que otras fuentes eléctricas.

Debido al aislamiento de redes eléctricas en el sector de la Calera, se ha presentado poca productividad en el sector agrícola, lo que significa un aspecto negativo para los habitantes de este municipio, con la investigación se proporcionará una opción de energía alternativa con la cual se aportará al avance del aumento de la calidad de vida de los habitantes de este sector satisfaciendo las necesidades energéticas básicas; con ello se proporcionará iluminación, conservación de alimentos, aumento del trabajo y mejora en las condiciones sanitarias.

La investigación planteada busca obtener un sistema de generación eléctrica, que se pueda instalar fácilmente y adicionalmente que otorgue otras utilidades como generar energía, usar electrodomésticos de primera necesidad, entre otros, que permitan mejorar la calidad de vida de los habitantes.



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la viabilidad financiera de producir energía eléctrica con una fuente alternativa en el sector de La Calera.

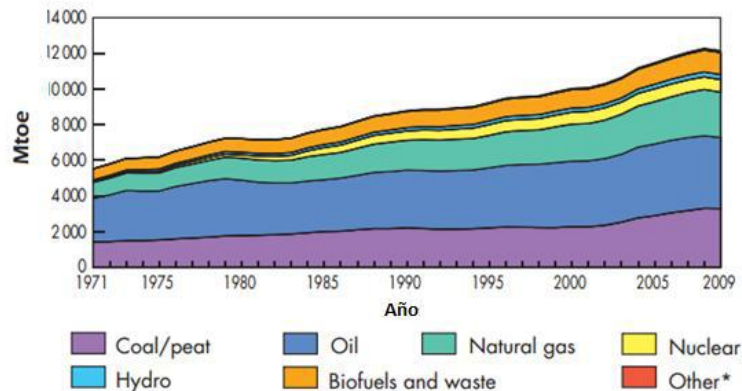
### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Revisar los principales aspectos teóricos asociados a las diversas fuentes de energía renovables para la generación de electricidad.
- Analizar cuáles son los sectores vulnerables por la falta de energía eléctrica y como se ven afectados por este fenómeno.
- Aplicar los principales indicadores económicos para determinar la viabilidad financiera del proyecto, en el sector de la Calera.

## Capítulo 1. Aspectos Teóricos Sobre Energía Eólica

A continuación se hará una revisión de los principales aspectos evolutivos del suministro de las diversas fuentes renovables y no renovables de energía eléctrica a nivel mundial. Se definirán algunos conceptos concernientes a la energía eólica, aspectos generales teóricos sobre las turbinas eólicas, se establecerá como base de estudio el rotor Savonius. Se determinará los componentes del rotor Savonius, se mencionarán algunos factores y parámetros que se deben tener presente para el empleo de este tipo de aerogenerador con sus respectivos aspectos teóricos y matemáticos más relevantes para la posible utilización y empleo de un prototipo que cumpla con alguna necesidad energética establecida.

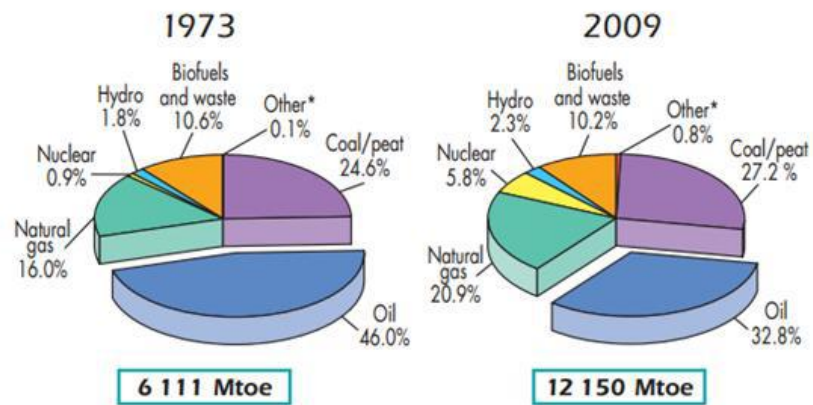
Desde comienzos del siglo XX los combustibles fósiles se han mantenido como la principal fuente de energía a nivel mundial, primordialmente, el carbón, gas natural y petróleo. Debido a los estudios realizados en el campo de los recursos energéticos y las tecnologías asociadas a su aprovechamiento, se lograron grandes avances que dieron como resultado una generación más eficiente de energía y fuentes alternativas de la misma, dentro de las cuales se destacan la energía nuclear, hidroeléctrica, biocombustibles y energía eólica. **(Energy Information Administration EIA, 2011)**



**Ilustración 1** Suministros de fuentes primarias de energía a nivel mundial

**Fuente:** Key world energy statistics (2010).

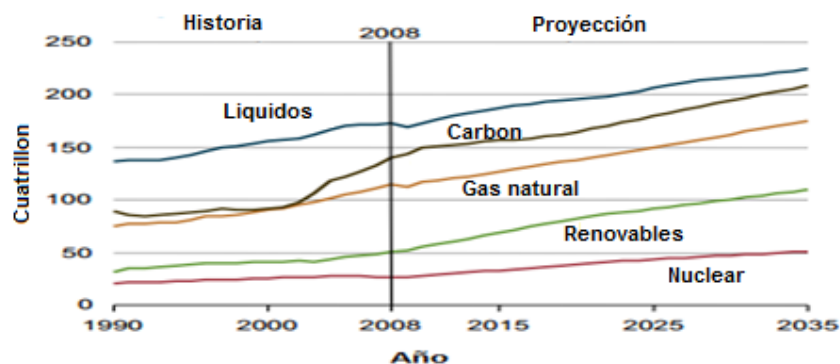
Las fuentes de energía renovable han sido usadas en menor proporción, ya que sus tecnologías se encuentran aún en estudio y presentan poco desarrollo en comparación con los combustibles tradicionales. Además los combustibles fósiles representan una solución mucho más rentable al mercado de la energía, aunque con un costo medioambiental bastante nocivo.



**Ilustración 2** Porcentajes de Fuentes de Energía a Nivel Mundial 1973 Y 2009

**Fuente:** Key world energy statistics (2010).

En el futuro se estima que la demanda de energía a nivel mundial aumentará respondiendo al crecimiento demográfico y progreso de la sociedad, en consecuencia el consumo incrementará de 505 cuatrillones de BTU en 2008, a 619 cuatrillones de BTU en 2020 y 770 cuatrillones de BTU en el 2035. Para este último año el consumo mundial de energía de todas las fuentes crecerá y los combustibles fósiles seguirán siendo la fuente primaria a pesar del aumento en la utilización de fuentes renovables (ver ilustración 2), cuyo aporte al consumo total de energía se elevará de 10% en 2008 a 14 por ciento a 2035, contribuyendo a que el consumo de los combustibles líquidos a base de petróleo descendan de 34% en 2008 a 29 por ciento en 2035. **(Energy Information Administration EIA, 2011)**



**Ilustración 3** Proyección del consumo de energía a nivel mundial por combustibles.

**Fuente:** Energy Information Administration (2011).

Actualmente la energía eólica es una de las alternativas que cada día toma más fuerza a nivel mundial, ya que representa generación de energía limpia, basada en el aprovechamiento de los vientos, un recurso natural disponible sin costo alguno y permite producir eficientemente energía eléctrica para suplir parte de la demanda mundial, reemplazando los combustibles fósiles. El mercado de la energía eólica, representado principalmente por las turbinas de viento, ha registrado un aumento exponencial en la capacidad instalada en la última década, especialmente en los últimos tres años. En 2011 por ejemplo se instalaron 43.37 GW, 6.5 GW más en comparación con los 36.86 GW instalados en 2010. La capacidad total instalada actualmente es alrededor de 239 GW, cantidad de energía suficiente para cubrir el 3% de la demanda eléctrica a nivel mundial (**Wind world energy association, 2012**)

Los pico-generadores son generadores eléctricos de baja potencia, cuyo eje de rotación vertical se ubica en posición perpendicular al suelo y tienen la capacidad de adaptarse a cualquier dirección de la corriente del viento.

Se desea evaluar la viabilidad financiera de un aerogenerador para suplir la demanda energética en aquellas viviendas que carecen de energía eléctrica en el sector de La Calera.

El uso de estos pequeños aerogeneradores puede ser una alternativa para la generación de energía eléctrica en zonas rurales y especialmente para las fincas.

El uso más antiguo de la energía eólica del que se tiene documentación es como medio de locomoción. Existen dibujos egipcios, de 5000 años de antigüedad, que muestran naves con velas utilizadas para trasladarse por el Nilo; luego en el siglo XIX, con el perfeccionamiento e introducción de las máquinas de vapor, la navegación dependió casi exclusivamente de este recurso energético. Ya en el siglo XX, con la invención de los motores de combustión interna, la navegación a vela quedó relegada solo a las actividades deportivas y a algunas actividades comerciales en pueblos costeros. Las primeras máquinas eólicas de las que se tiene documentación datan del siglo VI d. c. Eran de eje y se las utilizaba para moler granos y bombear agua en la región de Sijistán, entre Irán y Afganistán. Existen indicios, aunque no demostrados, de que el uso de estos molinos, denominados panémonas, se remonta según distintos autores a entre 200 y 500 años antes de nuestra era (**Jaime & Rapallini, 1983 -2013**)

### **Países que empezaron a desarrollar la energía eólica:**

#### **Nigeria:**

En este país desde de 1987 se empezaron a almacenar datos de velocidad y dirección de viento. Luego de 21 años se realizó un estudio con el objetivo de evaluar el potencial de energía eólica en Maiduguri y Potiskum, dos sitios ubicados al nororiente del país. Se tomaron esos datos almacenados de 1987 a 2007 a 10 m de altura y posteriormente se evaluaron desde el departamento de Meteorología de Nigeria. Los resultados obtenidos a partir de la investigación utilizando la función de probabilidad de Weibull para la variación de la densidad del viento oscilaron desde 102,54 hasta 300,15 W/m<sup>2</sup> en Potiskum y desde 114,77 hasta 360,04 W/m<sup>2</sup> en Maiduguri. Se concluyó entonces que ambas locaciones pueden ser adecuadas para la generación independiente y de mediana escala de potencia eólica (**Fagbente, Katende, Ajavi, & Okenigi, 2011, págs. 1277-1283**)

#### **Kenia:**

El potencial de energía eólica en Marsabit, fue investigado para su aprovechamiento en la generación de electricidad y bombeo de agua para uso doméstico. El estudio se realizó en el

periodo 2001-2006, los datos de viento fueron registrados por el departamento de Meteorología de Kenya, y estos fueron utilizados para estudiar la variabilidad diaria, mensual e interanual utilizando la función de probabilidad de Weibul. Los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios: la velocidad media del viento es superior a 11 m /s, a una altura de 10 m, la densidad de potencia disponible a una altura de 100 m es entre 1776 W/m<sup>2</sup> y 2202 W/m<sup>2</sup> y la densidad máxima de potencia extraíble de 100 m vario entre 1417 W/m<sup>2</sup> y 1757 W/m<sup>2</sup>. A partir del análisis, el sitio fue encontrado adecuado para la generación de energía conectada a la red nacional de electricidad y también para otros generadores independientes que pueden ser utilizados para el bombeo de agua y carga de la batería **(Kamau, Kinyua, & Gathua, págs. 1298-1302)**

#### **Estados Unidos:**

En el sureste de este país, se estudió el potencial eólico de la región de las Montañas Apalaches del Sur. Los datos fueron recolectados entre 2002 y 2005 en nueve sitios distintos en las crestas de las montañas a una altura de 50m sobre el nivel del mar. Con esta investigación se estima que se puede generar energía por medio de un pequeño parque eólico que consta de quince turbinas de 1,5 MW con un rango de 50 a 75 MkWh. Este análisis sugiere que las crestas de la región son aptas para desarrollo de energía eólica. **(Raichle & Richard Carson, 2009, págs. 1104- 1110)**

#### **Argelia:**

(Oran): Ettoumi et al., 2003 estudiaron las características estadísticas del viento en Oran Argelia. Utilizaron datos de velocidad de viento y mediciones de la dirección del viento recogidos cada 3 horas por la estación meteorología "Es Senia" (Oran) durante 1982 hasta 1992. Tuvieron en cuenta las ocho direcciones de la rosa de los vientos para construir la distribución de frecuencias de la velocidad del viento para cada mes del año. Utilizaron Markov y los parámetros de distribución de Weibull para estudiar las características del viento. **(Youcef & Sauvageot, Adane " Statistical bivariate modeling of wind using first - order Markov chain and Weibull distribution" Renewable Energy, Volume 28, Issue 11, 2003, págs. 1787 -1802)**

**Canadá:**

En la ciudad de Guelph, Ontario, se realizó un estudio del potencial eólico local. Las mediciones del viento se realizaron en el periodo de diciembre 2003 a diciembre 2004, con estaciones meteorológicas operadas por la facultad de Ciencias de Recursos de la Tierra de la Universidad de Guelph. En este estudio se simula el uso de dos aerogeneradores de pequeña escala: el Excel-S y el Vestas V82, ambos de la Compañía Bergey Windpower. Las distribuciones estadísticas de los datos del viento se obtuvieron con la distribución de probabilidad de Weibull. El estudio concluye que la ciudad de Guelph tuvo la posibilidad de obtener hasta el 7,8% y el 29% de las necesidades totales de energía y electricidad respectivamente en 2005 por medio de la implementación de turbinas de viento (**Mclintyre, Lubitz, & Stiver, págs. 1437 -1446**)

**Brasil:**

Al noreste de Brasil, se realizó durante el periodo 2006-2009 un estudio para la evaluación, simulación y valoración del potencial eólico en São João do Cariri (CSJ), en el estado de Paraíba (PB). El sistema de Organización Nacional de Datos Ambientales (SONDA) registro los datos de velocidad, dirección y temperatura del aire a una altura de 25 m y 50 m, a partir de estos se obtuvo la distribución estadística de los datos del viento por medio de la función de probabilidad de Weibull, caracterizando así el potencial eólico de la zona. Finalmente en este trabajo se realizó la valoración económica para la implementación de diferentes tipos de aerogeneradores para la producción de energía eléctrica en la zona de estudio (**De Araujo & Becerra F, 2012, págs. 474 -480**)

**Reino de Baréin:**

En este país ubicado en las orillas del golfo pérsico, se encuentra el Bahrain World Trade Center diseñado por el arquitecto sudafricano Shaun Killa. Es el primer centro de comercio en integrar aerogeneradores en su diseño para reducir la dependencia de los combustibles fósiles aprovechando la fuerza del viento. Por tal razón, el proyecto ha recibido varios premios por sostenibilidad, incluyendo el 2006 LEAF Awards por „Mejor Uso de la Tecnología en un Gran Planeamiento“ y premio de „Diseño Sostenible“ del Mundo Árabe de

la Construcción Los constructores suspendieron tres hélices gigantes entre las dos torres del World Trade Center de Bahrein (BWTC) que suministran 11 a 15 % de sus necesidades energéticas, o aproximadamente 1100 a 1300 megavatios por hora al año, suficiente para proporcionar la luz en 300 hogares más de un año, dijo la firma de arquitectura Atkins Las turbinas fueron encendidas juntas por primera vez el 8 de abril del 2008. (Reuters, 2012)



**Ilustración 4** Aerogeneradores en el World Trade Center

**Fuente** Customer Energy Report (2009)

### **China:**

Está actualmente dentro de los primeros puestos entre los países con mayor capacidad eólica instalada. Desde la promulgación de la Ley de Energía Renovable por primera vez en 2006, la capacidad acumulativa instalada de energía eólica ascendió a 44,7 GW a finales de 2010 (Reuters, 2012). La nueva capacidad instalada en 2010 llegó a 18,9 GW, que representaron alrededor del 49,5% de los nuevos molinos de viento a nivel mundial. En el 2002 Wen-Qiang Liu, Lin Gan, Xi-Liang Zhang incentivaron hacia la implementación de tecnología eólica para la generación de energía eléctrica. Publicaron “Cost-competitive incentives for wind energy development in China: institutional dynamics and policy changes” donde presentaron una visión general del desarrollo de la energía eólica en China. Analizaron los factores que afectan a las direcciones de desarrollo de energía eólica, examinaron los aspectos



económicos del desarrollo de un parque eólico y la comparan con las fuentes de energía convencionales, discutieron acerca del desarrollo de la tecnología, el viento y los defectos de las políticas actuales y recomendaron una serie de medidas e incentivos donde se destaca el promover la localización de la producción de turbinas eólicas (**Gan & Liu, 2002, págs. 753 -765**)

#### **Argentina:**

En la provincia de Córdoba, para el 2010 se publicó un estudio del potencial para la producción de hidrogeno a partir del recurso eólico. Se consideraron 3 aspectos para la investigación: Evaluación del recurso eólico, análisis de los costes de producción de hidrogeno a través de la electrolisis del agua y por último el requerimiento anual de energía para la producción de hidrogeno para alimentar el transporte de vehículos de la provincia. Como punto culminante los resultados del estudio demostraron, que la energía eólica obtenida en un único departamento (Río Cuarto) podría ofrecer diez veces la cantidad de hidrogeno necesaria para alimentar el transporte vehicular de toda la provincia (**Rodriguez, Riso, Jimenez Job, Ottoggalli, & Santa Cruz, 2010, págs. 5952-5956**)

#### **Egipto:**

Para el 2010 se publicó un estudio donde se analizó las características del viento de la ciudad de Ras Benas, ubicada en la costa oriental del Mar Rojo. El modelo de análisis estadístico utilizado para evaluar el potencial de la energía eólica a partir de los datos obtenidos en las mediciones fue la función de probabilidad de Weibull. Los resultados obtenidos fueron muy positivos: de acuerdo con los cálculos de potencia, la densidad media anual del viento es de 315 kW/m<sup>2</sup> a una altura de 70 m sobre el nivel del suelo. La estación de medición Ras Benas fue seleccionado para instalar un parque eólico de 30 MW que consta de 20 aerogeneradores comerciales Nordex (S 77) con alturas de buje y el diámetro del rotor fueron de 100 y 77 m, respectivamente. La producción estimada de energía de estos parques eólicos fue de 130 GWh/año. Por otra parte, los costos de producción se encontró 0.013 € / kWh, lo que es un precio competente el mercado eólico mundial de energía (**Shata Ahmed, 2010, págs. 2167 - 2173**)

## **1.1 Antecedentes en Colombia.**

En la región de La Guajira colombiana se recolectaron datos comprendidos desde 2001 hasta 2002 de donde se partió el estudio de la energía eólica para evaluar las consideraciones más importantes en el diseño de turbinas eólicas. En este trabajo se utilizó el modelo matemático de Glauert, para la predicción de la potencia de la turbina de viento. Se presentaron los principales conceptos relacionados con el proceso de optimización que facilita al obtener los parámetros de diseño para la implementación de aerogeneradores. La simulación de generación de energía se llevó a cabo mediante el uso de la función de probabilidad de Weibull para obtener la distribución de velocidad viento en la zona estudiada. Se concluyó que el modelo matemático desarrollado generó datos similares a los datos experimentales proporcionados de los proveedores de turbinas eólicas y también se determinó que la función de distribución que mejor se ajusta a la condición de viento en el Área de la Guajira en Colombia es la función de distribución Weibull (**Mejia, y otros, págs. 383 - 399**).

En el año 2004, se llevó a cabo la construcción del primer parque eólico en el país, por iniciativa de las Empresas Públicas de Medellín, un proyecto claramente enfocado en aprovechar el recurso eólico a gran escala. El parque eólico Jepírachi se encuentra localizado en la región nororiental de la costa Atlántica colombiana, entre las localidades de El Cabo de la Vela y Puerto Bolívar, en inmediaciones de Bahía Portete, en jurisdicción del municipio de Uribia, Departamento de la Guajira. El parque eólico está conformado por 15 aerogeneradores Nordex N60/250 - 1300 Kw, tecnología alemana, los cuales tienen una potencia de 1,3MW cada uno para una capacidad instalada total de 19,5 MW de potencia nominal, con el fin de producir al año 80MWh. Para los análisis de potencial eólico y el cálculo de la producción energética del proyecto, se tomó la información de vientos de la estación Kasiwolin. La electricidad generada es aportada al sistema interconectado nacional mediante la empresa transportadora de la costa norte del país. El proyecto tuvo un costo aproximado de 27.8 millones de dólares. El parque Jepírachi inicialmente fue formulado como proyecto

de reducción de emisiones aplicable al Mecanismo de Desarrollo más Limpio (MDL), dentro del marco del Protocolo de Kyoto (Guerra Curvelo, 2003).

En el año 2006, fue publicado el “Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia”, El estudio más completo del potencial eólico realizado hasta ahora en el país. En este trabajo se reportó mediante mapas la distribución espacial del viento en superficie y la densidad de energía eólica, además se publican algunos datos nacionales, importantes para su estudio de esta fuente alternativa de energía. En los mapas de viento se presenta el promedio mensual y anual **(Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2006). INFORME DE GESTIÓN UPME 2006, 2012).**

Para el año 2010 CORPOGUAJIRA, mediante Resolución No. 03357, notificada el pasado 8 de enero de ese mismo año, otorgo a las empresas ISAGEN S.A. E.S.P. Y WAYUU S.A. E.S.P., la Licencia Ambiental para la construcción y operación del Parque Eólico Jouktai, en el corregimiento del Cabo de la Vela – municipio de Uribía, departamento de La Guajira. El Gerente General de ISAGEN, indico que el proyecto se encuentra en su fase final de estudios y aún no se han tomado decisiones sobre su construcción y entrada en operación. EL proyecto, contara con una capacidad inicial prevista de 31,5 MW y demandará una inversión cercana a los USD 60.000.000 **(ISAGEN energía productiva. (2010). PARQUE EÓLICO JOUKTAL., 2012)**

La capacidad total instalada de energía eólica en Colombia es solo de 20MW, correspondiente en su totalidad al parque eólico Jeripachi, propiedad de las Empresas Públicas de Medellín, Por otra parte, actualmente también se encuentra en fase de estudio el proyecto de construcción y operación del Parque Eólico Jouktai en el corregimiento del Cabo de la Vela en La Guajira, el cual se prevé que tendrá una capacidad inicial de 31.5 MW. Es evidente que el aprovechamiento del recurso eólico en nuestro país es mínimo, ya que la disponibilidad y rentabilidad económica representativa a la generación de energía a partir de otras fuentes como el carbón y el agua las convierten en fuentes más atractivas. La capacidad instalada del Parque Eólico Jeripachi representa solo el 0.1% de la producción de energía

eléctrica en el país, que en su mayoría es generada a partir de centrales hidroeléctricas y térmicas.

El mayor potencial eólico se encuentra en la zona norte del país, especialmente en los departamentos de La Guajira y del Atlántico, aunque en casi toda la costa del Mar Caribe también se presentan buenos vientos (véase figura 5). Diversos estudios estiman que en la península de La Guajira se podrían instalar 6000MW, equivalente a más del 40% de la capacidad instalada total para la generación de energía eléctrica en el país. Un hecho a resaltar es que el régimen de vientos de Colombia en general y especialmente en La Guajira es complementario con el recurso hídrico, es decir, los períodos de vientos más fuertes se presentan en tiempos secos, cuando la disponibilidad hidroeléctrica disminuye y las tarifas de electricidad son más caras. **(Wind Energy Association Latin America “ENERGIA EOLICA EN AMERICA LATINA”., (2009-2010))**

En la zona insular de Colombia encontramos que el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina es uno de los territorios favorecidos por el recurso eólico, ya que los vientos superficiales característicos son en promedio de 7.5 metros por segundo; este hecho podría ser aprovechado para el auto sostenimiento mediante la generación de energía eléctrica, ya que en cuestiones energéticas el archipiélago es dependiente de combustibles fósiles importados

En la Zona Central de la Cordillera de los Andes también se presentan focos no tan extensos donde el recurso eólico es significativo, como en el Eje Cafetero, Villavicencio, Yopal y Tunja. En estos territorios la construcción y el acceso es más difícil que en la costa norte del país, sin embargo estos vientos se pueden aprovechar a menor escala. En el resto del país la velocidad superficial de los vientos es débil, con un promedio de 2 a 2.5 metros por segundo

## **1.3 ALGUNAS DEFINICIONES**

### **1.3.1 Energía Eólica.**

Es una fuente de energía renovable que proviene del aire en movimiento. El sol genera la diferencia de temperaturas que conllevan a la circulación del aire, lo cual fue aprovechada por el hombre durante los siglos a través de embarcaciones, molinos, entre otros. Luego de la crisis energética en 1970 en Europa, las naciones comienzan a explorar nuevas fuentes de energía, a precios competitivos. Los costos de generación de energía eólica están bajando como consecuencia del avance tecnológico, en la producción de los equipos necesarios y la implementación moderna de tecnología electrónica y digital en el control. **(Energía, 2008, págs. 5 -10)**

### **1.3.2 El viento.**

Es una masa de aire que se encuentra en movimiento sobre la tierra debido a los cambios de presión originados por la variación de temperatura. **(LA ENERGÍA EÓLICA: Principios básicos y tecnología., 2002, págs. 8-15)**

### **1.3.3 Ventajas de la Energía Eólica**

Las principales ventajas de la energía eólica son:

- Reduce emisiones de CO<sub>2</sub>
- No requiere de extracción subterránea o cielo abierto.
- Ahorro de combustibles fósiles, diversifica el suministro y reduce la dependencia energética.

No emite gases contaminantes, ni efluentes líquidos, residuos sólidos, tampoco se utiliza agua. **(LA ENERGÍA EÓLICA: Principios básicos y tecnología., 2002, págs. 8-15)**

### **1.3.4 Desventaja de la Energía Eólica**

Algunas desventajas de la energía eólica son:

- El viento es aleatorio y variable, tanto en velocidad como en dirección.

- Tiene un impacto ambiental sobre la fauna, en particular sobre las aves (**LA ENERGÍA EÓLICA: Principios básicos y tecnología., 2002, págs. 8-15**)

## **1.4 ASPECTOS TEORICOS DE LAS TURBINAS EOLICAS**

### **1.4.1 Un Aerogenerador.**

Es un generador eléctrico movido por un rotor o turbina eólica bajo la acción del viento. En este caso, la energía eólica, es en la realidad energía cinética del aire en movimiento, proporciona energía mecánica a un rotor hélice que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador trifásico, que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica

### **1.4.2 Clasificación de los diferentes aerogeneradores**

Se definen en general, los aerogeneradores, según la posición de su eje de rotación, con relación a la dirección del viento. Se dividen en:

1) Aerogenerador de eje horizontal.

a) Con el eje paralelo a la dirección del viento.

b) Con el eje perpendicular a la dirección del viento.

c) Aerogenerador de eje vertical.

**(Aerogenerador Eje Vertical, 2017)**

### **1.4.3 Aerogeneradores de eje vertical.**

Son presumiblemente las primeras máquinas que se utilizaron para la captación de energía eólica, son conceptualmente más sencillas que las de eje horizontal; no necesitan de ningún sistema de orientación, lo que constituye una ventaja constructiva nada despreciable. En funcionamiento, los alabes, los rodamientos y los ejes, no están sometidos a esfuerzos importantes por cambios de orientación, son de fácil construcción **(Aerogenerador Eje Vertical, 2017)**

#### **1.4.4 Rotor Savonius**

Los rotores Savonius son un tipo de turbina eólica de ejes verticales usados para convertir el poder del viento en torsión sobre un eje rotatorio. Fueron inventados por el ingeniero Finlandés Sigurd J Savonius en el año 1922.

Los Savonius son una de las turbinas más simples. Aerodinámicamente, son dispositivos de arrastre o resistencia que constan de una, dos o tres etapas. Mirando el rotor desde arriba, los alabes forman la figura de una S. Debido a la curvatura, las hélices experimentan menos resistencia cuando se mueven en contra del viento que a favor de él. Esta diferencia causa que la turbina Savonius gire.

Como es un artefacto de arrastre, la Savonius extra mucho menos de la fuerza del viento que las turbinas de sustentación con similar tamaño. Por otro lado, no necesitan orientarse en la dirección del viento, soportan mejor las turbulencias y pueden empezar a girar con vientos de baja velocidad. Es una de las turbinas más económicas y más fáciles de utilizar.

El modelo consiste en un cilindro hueco partido por la mitad las partes cóncavas de la S captan el viento, mientras que los reversos presentan una menor resistencia al viento, por lo que girarán en el sentido que menos resistencia ofrezcan.

#### **1.4.5 Ventajas del Rotor Savonius**

- 1) La principal ventaja es la simplicidad en el diseño, construcción e instalación.
- 2) Pueden aprovechar vientos de baja intensidad.
- 3) No necesita un mecanismo de orientación para girar el rotor en contra del viento.
- 4) El mantenimiento es mínimo.
- 5) Se Puede situar el generador, el multiplicador, entre otros, en el suelo, y puede no tener que necesitar una torre para la máquina.
- 6) Son silenciosos, su velocidad de giro es usualmente menor y generan menos ruido.
- 7) Pueden funcionar adecuadamente aún con vientos turbulentos y que cambia constantemente de dirección.

Las torres de soporte son de menor altura

## 1.5 Parámetros Rotor Savonius.

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica, hacia áreas de baja presión adyacentes, con velocidades proporcionales al gradiente.

Por lo tanto se puede asociar la energía cinética asociada:

### Ecuación 1 Energía Cinética

$$E_{cin} = \frac{1}{2} * m_{aire} * V^2; \text{ donde:} \quad (1)$$

$E_{cin}$ : energía cinética del viento [J].

$m_{aire}$ ; masa del aire en [Kg].

De la ecuación anterior se puede definir la potencia del viento como:

### Ecuación 2 Potencia del Viento

$$P[W] = \frac{dE_{cin}}{dt} = \frac{1}{2} * \frac{dm_{aire}}{dt} * V^2. \quad (2)$$

P: potencia del viento [W].

La potencia es definida respecto a la cantidad de aire (masa) que circula por un determinado sector de espacio.

A su vez la masa puede ser expresada por:

### Ecuación 3 Masa del Aire

$$m_{aire} [Kg] = \rho \left[ \frac{Kg}{m^3} \right] * V[m^3]. \quad (3)$$

P: densidad del aire en  $\left[ \frac{Kg}{m^3} \right]$ .

V: volumen de aire  $[m^3]$ .



Pero definir la variación de masa en el tiempo implica una variación del volumen de aire que circula por el mismo sector. **(Fernandez Diez, 2007)**

#### Ecuación 4 La Masa Con Respecto Al Tiempo

$$\frac{dm_{aire}}{dt} = \rho * \frac{dV_{aire}}{dt}. \quad (4)$$

A su vez el flujo está definido como:

$$F \left[ \frac{m^3}{s} \right] = \frac{dV_{aire}}{dt}.$$

F: flujo de aire  $\left[ \frac{m^3}{s} \right]$ .

También es válida la ecuación.

#### Ecuación 5 Flujo Aire Respecto al Área

$$F \left[ \frac{m^3}{s} \right] = A[m^2] * V \left[ \frac{m}{s} \right]. \quad (5)$$

A: sección ortogonal al vector de velocidad del aire<sup>2</sup> en  $[m^2]$ .

Se puede definir la variación del volumen en el tiempo como:

#### Ecuación 6 Variación del Volumen Respecto al Tiempo

$$\frac{dV_{aire}}{dt} = A[m^2] * V \left[ \frac{m}{s} \right]. \quad (6)$$

A: 15° c y presión normal la densidad del aire es de  $1.225 \left[ \frac{Kg}{m^3} \right]$ .

Sustituyendo la ecuación 6 en la ecuación 4 se obtiene:

$$\frac{dm_{aire}}{dt} = \rho * A[m^2] * V \left[ \frac{m}{s} \right].$$

Se obtiene la ecuación que define el comportamiento de la potencia de una masa de aire (viento) que se desplaza con una cierta velocidad por unidad de superficie:

#### Ecuación 7 Potencia del Viento

$$P = \frac{1}{2} \rho * A * V^3 \quad (7)$$

Se puede notar que los factores que definen la potencia son:

A: superficie [m<sup>2</sup>].

$\rho$ : densidad del aire [ $\frac{Kg}{m^3}$ ] (Varia con la temperatura, la altura, y la humedad).

V: velocidad del viento [ $\frac{m}{s}$ ]. (**Fernandez Diez, 2007**)

**La ecuación 7** expresa la potencia en función del cubo de la velocidad del viento y es proporcional a la superficie de la sección.

Un parámetro importante es la relación que existe entre la altura (**H**) del rotor y el diámetro (**D**), el cual representa un aspecto muy importante para el rendimiento aerodinámico.

#### Ecuación 8 Relación Base Altura

$$\alpha = \frac{H}{D} \quad (8)$$

A nivel mundial se acepta que para altos valores de este parámetro se mejora en gran Parte la eficiencia. Valores de  $\alpha$  alrededor de 4.0 parecen conducir a la mejora de la eficiencia del rotor Savonius convencional

#### 1.5.1 Potencia Nominal o Máxima,

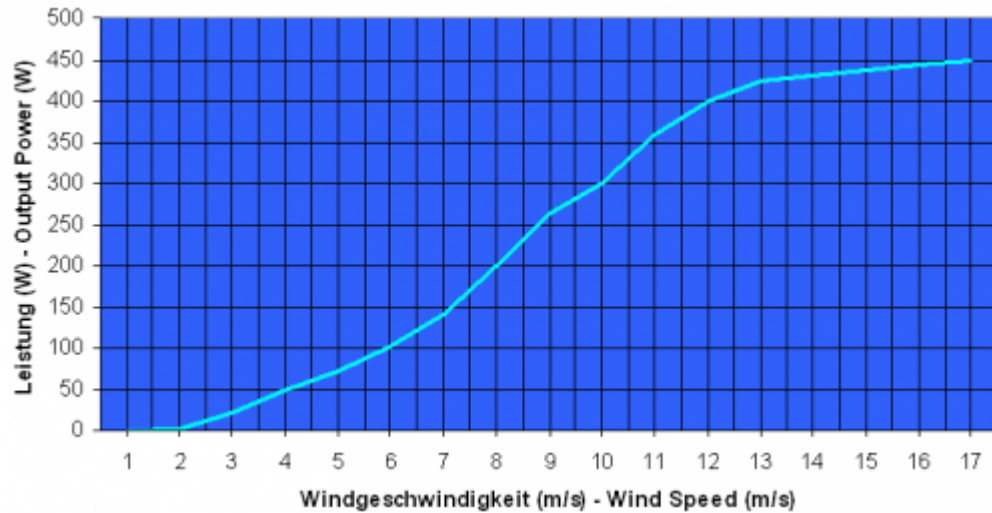
Se considera pérdidas de energía presentes en el sistema mecánico rodamiento, ejes y elementos de fricción, se estima un 90% de eficiencia mecánica.

**1.5.2 Rendimiento Eléctrico:** Se considera pérdidas en el generador, conversión, cables etc. Se considera un 85% de rendimiento en estos factores.

Coeficiente de potencia en los rotores savonius ley de betz es del 60% aproximadamente por lo tanto tenemos un  $C_p = 0,6$

Por lo tanto obtenemos una nueva ecuación **Eficiencia Total**

### 1.6 RELACION ENTRE LA VELOCIDAD DEL VIENTO Y LA POTENCIA ELECTRICA



**Ilustración 5** Relación Entre Velocidad del Viento Vs Potencia Eléctrica

**Fuente** Relación del viento Vs potencia eléctrica

#### Ecuación 9 Eficiencia Total

$$\eta = \eta_m \eta_e C_p \tag{9}$$

- □  $\eta_m$ : Eficiencia mecánica.
- □  $\eta_e$ : Eficiencia sistema eléctrico.
- □  $C_p$ : Coeficiente de potencia.

**(Fernandez Diez, 2007)**

Por lo tanto se puede obtener la **potencia máxima** mediante la siguiente Ecuación:

#### Ecuación 10 Potencia Máxima

$$P_{\max} = \frac{P_{\text{util}}}{n_1} \quad (10)$$

Otro parámetro influyente es la relación de superposición  $\beta$  que está relacionada con la siguiente ecuación:

#### Ecuación 11 Superposición

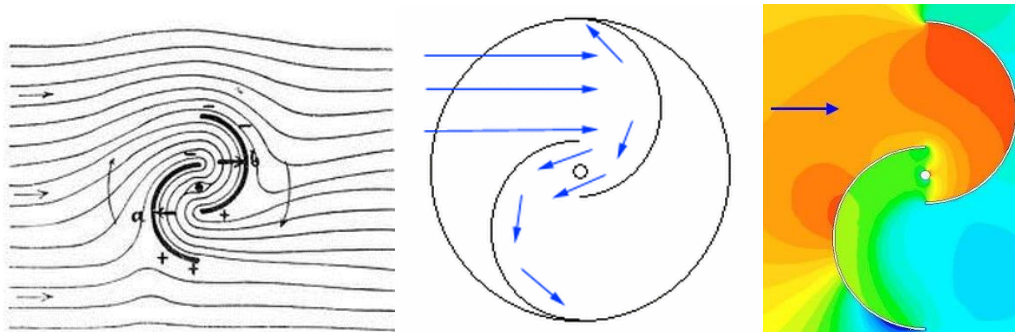
$$\beta = \frac{e}{d} \quad (11)$$

En donde:

$e$  = solapamiento.

$d$  = Es el diámetro de cada cilindro que constituye los alabes.

Los alabes de la turbina eólica deben obviamente frenar el viento cuando captura su energía cinética y la convierte en energía rotacional. Esto implica que el viento se moverá más lentamente en la parte izquierda del rotor.



**Ilustración 6** Vista Superior Rotor Savonius

Fuente [www.savonius.net](http://www.savonius.net)

## **Capítulo 2. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA**

En este capítulo se analizará la situación energética en el sector de La Calera.

Se hará una encuesta con una muestra de las veredas del sector de La Calera para determinar el porcentaje de la población que pertenece a la zona rural y urbana, igualmente de las viviendas que carecen de energía eléctrica. Se expondrá las consecuencias por la falta del recurso energético y del uso de plantas eléctricas que trabajan mediante combustión interna. Se determinará el potencial eólico de la zona y se planteará una alternativa para los habitantes de la zona de obtención de energía eléctrica de una forma limpia, económica, y renovable.

### **2.1 Descripción y Composición del Sector de La Calera**

La Calera es un municipio que se encuentra ubicado al Oriente del departamento de Cundinamarca y al noreste de Bogotá, su cabecera está localizada a los 4 ° 43” 17” de latitud norte y 73° 58” de longitud Oeste del Greenwich con respecto a la ciudad de Bogotá.

#### **Límites del Municipio:**

El municipio de la calera limita:

Por el norte con los Municipios de Guasca, Sopo y Chía.

Por el oriente con el Municipio de Guasca.

Por el occidente con Bogotá.

Por el sur con el municipio de Choachí y Bogotá

**Extensión total: 31.686,06 km<sup>2</sup>** (fuente Acuerdo Municipal 043 de 1999)

**Extensión área urbana: 144.34 km<sup>2</sup>** (fuente Acuerdo Municipal 043 de 1999)

**Extensión área rural: 31.541,72 km<sup>2</sup>** (fuente Acuerdo Municipal 043 de 1999)

**Altitud de la cabecera municipal** (metros sobre el nivel del mar): **2.718**

**Temperatura Media 14°C**

Distancia de referencia: **18 kilómetros** desde Bogotá.

(Lacalera-cundinamarca, 2017)

El municipio de La Calera está conformado por 8 sectores y sus respectivos corregimientos

<b>SECTORES</b>	<b>CORREGIMIENTOS</b>
SECTOR 1	Aurora , Aurora Alta , La Capilla
SECTOR 2	San José la Concepción, San José el Triunfo, Márquez y La toma , San Cayetano
SECTOR 3	Santa Helena, Buenos Aires, La Epifanía, Buenos Aires, Los pinos
SECTOR 4	Zona Urbana, La Portada y Altamar.
SECTOR 5	Salitre, Salitre Alto, Líbano, Hato, Camino al Meta.
SECTOR 6	El Volcán, El Rodeo, Frailejonal.
SECTOR 7	Mundo Nuevo, La Jangada, La Hoya, La Polonia, El Manzano, Gama
SECTOR 8	Treinta y Seis, Tunjaque, Junia, La Ramada, Jerusalén

(Lacalera-cundinamarca, 2017)

**Población Censada Dane (Departamento Administrativo Nacional de Estadística)  
2005**

De acuerdo al censo del Dane (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) en el año 2005, se obtiene estos resultados:

Población Censada Completa 2005			Hogares Censados			Personas Por Hogar	Viviendas Censadas 2005		
Urbano Cabecera	Rural Resto	Total	Urbano Cabecera	Rural Resto	Total	Personas por Hogar	Urbano Cabecera	Rural Resto	Total
9,382	13,926	23,308	2,571	3,902	6,473	3.59	2,536	5,388	7,924

**Fuente:** (Dane.gov.co, 2005)



**Ilustración 7** Vereda Gama Cundinamarca

**Fuente** Fotografía Tomada 2017

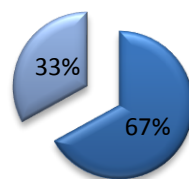
De acuerdo a esta información se puede determinar que aproximadamente el 60% de la población del sector de La Calera pertenece a la zona rural y un 67% del total de las viviendas, siendo los corregimientos de Gama, la Ramada, Jerusalén, la Polonia con mayor población y viviendas establecida en la zona rural.

## **Análisis de Encuesta Realizada en el Sector de La Calera**

Para realizar el análisis de la situación del estado energético de algunas viviendas en el sector de La Calera, el grupo de investigación que realiza esta propuesta decidió realizar una encuesta en el mes de septiembre de 2017 a algunos habitantes del sector de La Calera.

### **TIPO DE ZONA - VIVIENDA**

■ Rural ■ Urbana



(Dane.gov.co, 2005)

Se pudo establecer mediante una muestra de 60 encuestas realizadas entre casas y fincas que hacen parte del 67% de la zona rural del sector de La Calera el 20% carecen de energía eléctrica durante el día.

### **Principales Consecuencias de la carencia de Energía Eléctrica**

A continuación se darán a conocer las principales consecuencias que se evidenciaron de acuerdo al estudio realizado:

- La falta de energía eléctrica es un factor determinante para una mejor calidad de vida en la población, dicha situación influye considerablemente en la economía y el bienestar diario de los hogares, los habitantes lamentan no poder contar con energía eléctrica, de no poder tener electrodomésticos básicos como una nevera para poder refrigerar y proteger sus alimentos de las bacterias, un televisor, radio para estar informados y tener espacios de entretenimiento que ofrecen estos medios de comunicación, una lavadora para su ropa, los niños no tengan acceso a un computador



desde su casa, tener iluminación durante la noche, dejar el uso de la linterna, continuo gasto en la compra de baterías para su funcionamiento y todos aquellos factores e inconvenientes que se originan por no tener el recurso eléctrico disponible.

- En algunas fincas la economía también se ve considerablemente afectada, ya que algunos propietarios de tierras se ven perjudicados por que la red eléctrica se encuentra a cientos de metros de sus tierras y no tienen la posibilidad de contar con el servicio eléctrico originando sobre costos en las actividades cotidianas concernientes al mantenimiento diario de una finca
- Actividades diarias como el ordeño de vacas la deben de realizar manualmente, ocasionando un desgaste físico y de salud ya que algunas personas presentan enfermedades como el túnel de carpo, tendinitis y pérdida de fuerza y movimiento en sus manos por lesiones originadas en sus dedos por la continua actividad.
- Algunas fincas adquieren la energía eléctrica mediante el uso de viejas plantas eléctricas, en mal estado, a punto de dañarse y lo más grave expulsando un considerable humo negro por el exhosto.

El uso de esas plantas originan un efecto negativo a la naturaleza, atmosfera ya que contaminan el medio ambiente, el humo afecta a los pulmones de las personas especialmente a los niños, adultos mayores, ayudando a producir el famoso efecto invernadero y muchos más factores negativos que afectan a la población y la ecología de la región.

- Otro inconveniente que presenta el uso de las plantas eléctricas es el gasto constante por compra de combustible, Gasolina y Acpm, no es secreto que continuamente estos insumos suben constantemente durante el año en Colombia.

Actualmente un Galón de gasolina se encuentra alrededor de los \$9.000, para llenar el tanque de una planta que origine 2HP se requieren de \$18.000 algo similar acontece con las plantas de ACPM.

Según opinión de los habitantes del sector y por lo averiguado en el momento en el plan de desarrollo de la alcaldía de La Calera no es aún una prioridad el suministro y el montaje de la red eléctrica en estas zonas rurales, como se puede observar en el plan de desarrollo el proyecto principal es la construcción de pavimentación de carreteras mediante el sistema de concretos de placa huella y otros proyectos que se pueden evidenciar en la página de la alcaldía del municipio de la calera.

**(Lacalera-cundinamarca, 2017)**

### **Primeras grandes conclusiones del análisis de la encuesta**

En gran conclusión podemos argumentar que 8 viviendas y 2 fincas no cuentan con energía eléctrica durante el día, lo cual le ocasiona un gran problema a los integrantes de las familias que hacen parte de ellas, las personas no pueden realizar las actividades normalmente como un ciudadano de otra ciudad, se ha desarrollado enfermedades profesionales ocasionadas por el ordeño manual, las personas no se pueden alimentar de una manera adecuada por falta de una nevera, la desinformación y la falta de entretenimiento es otro factor que resalta, en las fincas se han desaprovechado la siembra de algunos productos y en otras la eficiencia de la siembra no es la mejor por falta de un mecanismo para el riego del agua de una manera rápida por falta de una máquina como una motobomba que pueda ser conectada a una fuente natural de energía y dejar de utilizar los combustibles tradicionales como la gasolina y el Acpm, ya que los propietarios carecen de dinero para la compra de estos insumos y lo primordial que ocasionan daños ambientales.

La oscuridad y la tiniebla se han tomado algunas viviendas y fincas del sector siendo estos factores el común denominador que predomina y la esperanza de tener una red eléctrica en el momento está un poco lejano ya que sus moradas se encuentran a cientos de metros de la red eléctrica, una alternativa a esta situación se propondrá a continuación.

## 2.2 Pronostico de condiciones climáticas en el sector de La Calera

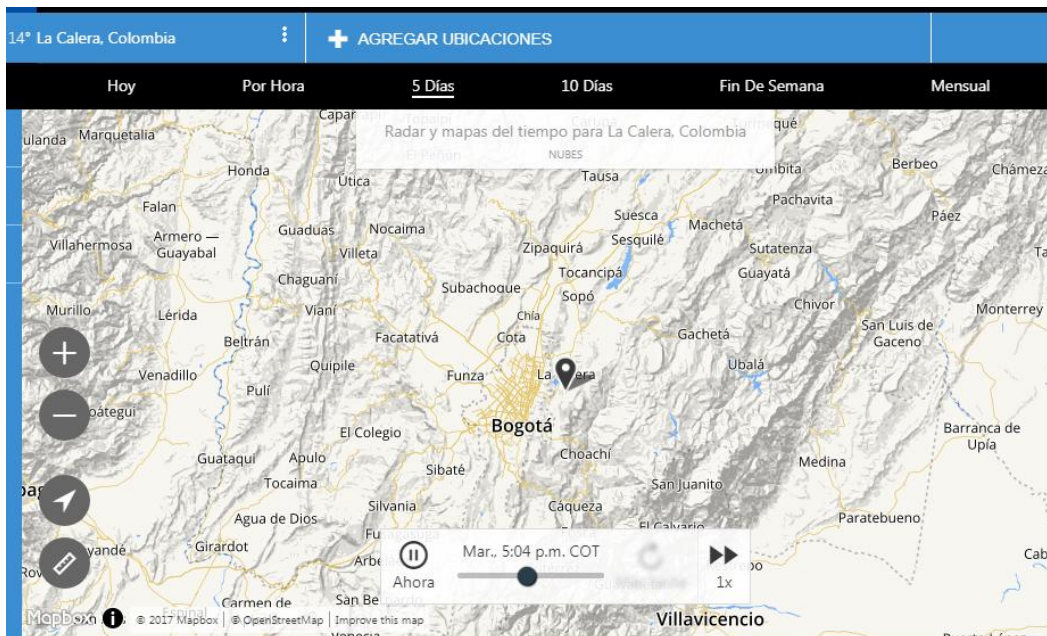
A continuación con la ayuda de las imágenes que nos ofrece weather google podemos determinar las condiciones climáticas que se presentan en el sector de La Calera durante los días del mes de septiembre, siendo el factor determinante la velocidad del viento.

Todos estos datos se consolidaran en la Ilustración 10, Potencial Eólico en el sector de La Calera.



Ilustración 8 Condiciones Climáticas Días Mes De Septiembre

Fuente (Weather google, 2017)



**Ilustración 9** Condiciones en La Calera Mes de Septiembre 2017

**Fuente** (Weather google, 2017)

**The Weather Channel**

**Pronóstico a 5 días para La Calera, Colombia**  
18:09 COT

DÍA	DESCRIPCIÓN	MÁX./MIN.	PRECIP.	VIENTO	HUMEDA
POR LA NOCHE 3. OCT.	Chubascos y tormentas	--/9°	100%	NNE 8 km/h	93%
MIÉ. 4. OCT.	Lluvia débil	16°/8°	80%	SE 16 km/h	77%
JUE. 5. OCT.	Parcialmente nublado	18°/7°	20%	SE 18 km/h	64%
VIE. 6. OCT.	Nubes por la mañana / Sol por la tarde	19°/7°	20%	SE 13 km/h	61%
SÁB. 7. OCT.	Chubascos	18°/7°	40%	SE 14 km/h	66%
DOM. 8. OCT.	Chubascos	18°/8°	50%	SSE 13 km/h	65%

**Ilustración 10** Condiciones climáticas en La Calera Mes de Septiembre 2017

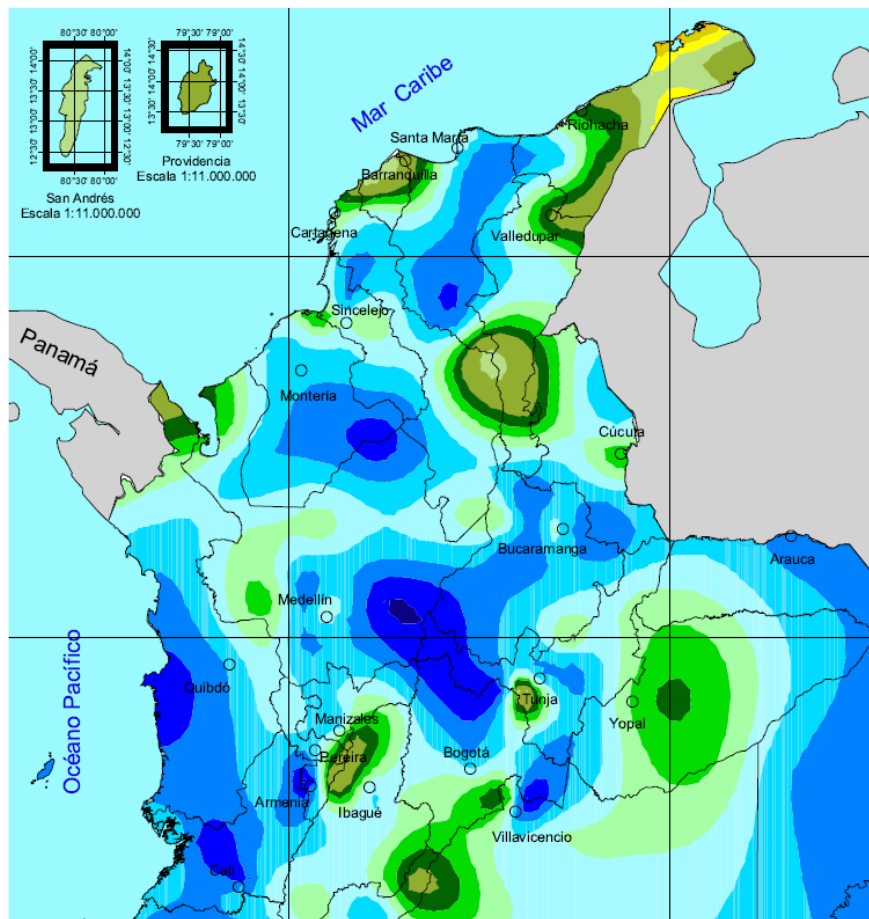
**Fuente** (Weather google, 2017)

Los datos climáticos obtenidos mediante la página internacional Weather google, se validará cierta información con los datos que otorgan las páginas webs de los entes competentes en Colombia como son la Unidad de planeación Minero y Energético y la del ministerio de minas y de energía.

La velocidad del viento en la zona fue extraída de los mapas eólicos del Atlas de vientos de Colombia suministrados por la Unidad de Planeación Minero Energética (U.P.M.E), y corroborados en muestras que los autores realizaron en el lugar de instalación por la aplicación de Google clima, en donde satelitalmente Google suministra al usuario el estado del viento y del clima en la zona donde está el dispositivo. Otros datos como la temperatura promedio se tomaron de estudios realizados por el departamento de planeación de La Calera, Cundinamarca

De acuerdo a las informaciones consultadas se puede concluir que el sector de La Calera cuenta con un Factor eólico interesante para el desarrollo e implementación de energías alternativas limpias.

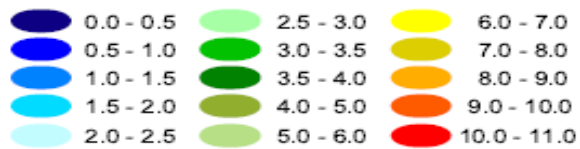
Por tal razón la implementación de un aerogenerador podría ser una fuente económica, rápida para la obtención de Energía Eléctrica para este caso.



República de Colombia



Convenciones  
m/s



**Ilustración 11** Mapa Eólico De Colombia

**Fuente** (Minminas, 2017)

## 2.3 Potencial Eléctrico en La Calera

Periodo	Velocidad(m/s)	Frecuencia de la clase ( Días)	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
Enero	3,5	31	0,085	0,085
Febrero	3,5	28	0,077	0,162
Marzo	3,5	31	0,085	0,247
Abril	3	30	0,082	0,329
Mayo	5	31	0,085	0,414
Junio	4,5	30	0,082	0,496
Julio	6	31	0,085	0,581
Agosto	7	31	0,085	0,666
Septiembre	4	30	0,082	0,748
Octubre	4	31	0,085	0,833
Noviembre	3,5	30	0,082	0,915
Diciembre	3	31	0,085	1

**Tabla 1** Potencial Eólico Sector la Calera

**Fuente** (Weather google, 2017)

De acuerdo a la información suministrada en La Calera se obtiene un promedio en la velocidad del viento de 4,2 m/s, con ese potencial eólico puede trabajar eficientemente el aerogenerador presentando en este proyecto.

A continuación se hace una tabla en la cual se relacionan los electrodomésticos básicos que son requeridos en los hogares y algunos componentes eléctricos con sus respectivos consumos.

### Consumo Eléctrico De Electrodomésticos

Electrodoméstico	Vatios de Potencia	Equivalencia en KW	Tiempo en uso Horas/Mes	Consumo Kwh Mes
Bombillo 100W	100	0,1	120	12
Bombillo 60W	60	0,060	120	7,2
Bom.Ahrra. 25W	25	0.025	120	3
Bom.Ahrra. 15W	15	0,015	120	1,8
Bombillo Led	7	0,007	120	0,84
Insta. navideña de 100 Leds	9	0,009	180	1,62
Parrilla Grande Alto	1800	1,8	30	54
Parrilla Grande Pequeña	1500	1,5	30	45
Tina 20 Gl	1500	1,5	15	22,5
Ducha Eléctrica	1500	1,5	7	10,5
Parrilla Grande en Bajo	450	0,450	30	13,5
Plancha de Ropa	1000	1	12	12
Horno de Estufa	3300	3,3	1	3,3
Olla Arrocera	600	0,6	15	9
Cafetera	900	0,9	10	9
Secador de Pelo	1500	1,5	4	6



Plancha para el pelo	1000	1	4	4
Tostadora	500	0,5	0,5	0,25
Computador de Mesa	140	0,14	60	8,4
Nevera	180	0,18	300	54
Ventilador	100	0,1	360	36
Lavadora	750	0,750	12	9
Licuadaora	400	0,4	15	6
Batidora	200	0,2	1	0,2
Aspiradora	1000	1	2	2
Radio	10	0,01	180	1,8
Cargador Celular	12	0,012	16	1,92
Grabadora	14	0,014	180	2,52
Máquina De Cocer	100	0,1	2	0,2

**Tabla 2** Consumo Energético Electrodoméstico

**Fuente** Empresas Públicas de Medellín

## **2.4 OBTENCION DE ELECTRICIDAD EN VIVIENDAS DEL SECTOR DE LA CALERA**

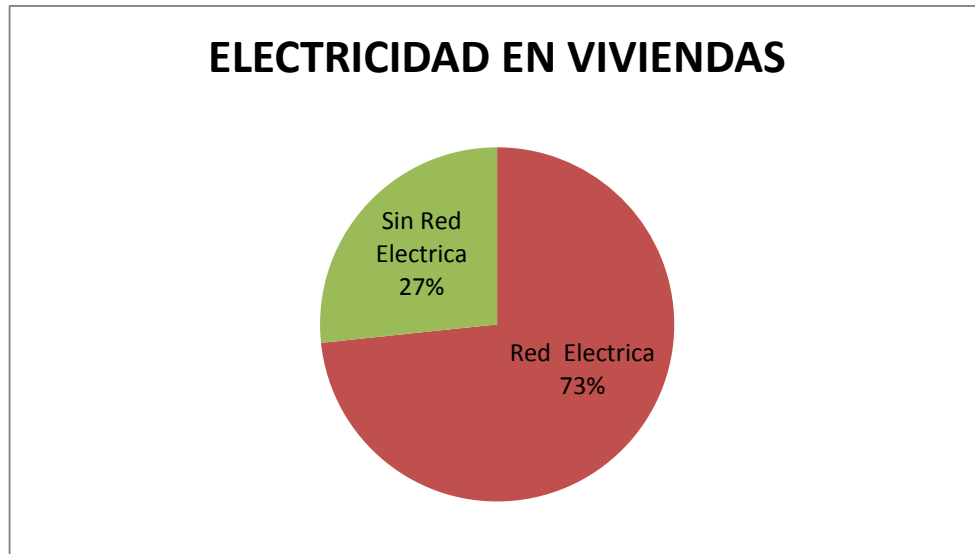
### **Análisis de electricidad en las viviendas del Sector de La Calera**

De acuerdo a la encuesta realizada durante el mes de septiembre de 2017 en el sector de La Calera se obtuvo los siguientes resultados;

De 60 encuestas realizadas a las viviendas del sector se estableció que 44 de ellas cuenta con red eléctrica y el restante no tiene red eléctrica disponible.

### VIVIENDAS ENCUESTADAS

Red Eléctrica	44
Sin Red Eléctrica	16
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>



**Fuente** Información Analizada según encuesta realizada Septiembre 2017

De acuerdo a la encuesta realizada se puede evidenciar que el 26,67% carecen de red eléctrica en sus viviendas (Finca o casa) equivalente a 16 viviendas, 11 viviendas de las 16 que no cuentan con red eléctrica, poseen un sistema alternativo de generación de energía que son los generadores eléctricos que trabajan a ACPM y Gasolina, los restantes 5 no cuentan con un

sistema de generación de energía eléctrica alternativa, son las linternas con baterías las encargadas de suministrar y de suplir la necesidad energética.

**Ilustración 12** Vivienda Sin Red Eléctrica en San Cayetano



**Ilustración 12** Vivienda Sin Red Eléctrica en San Cayetano

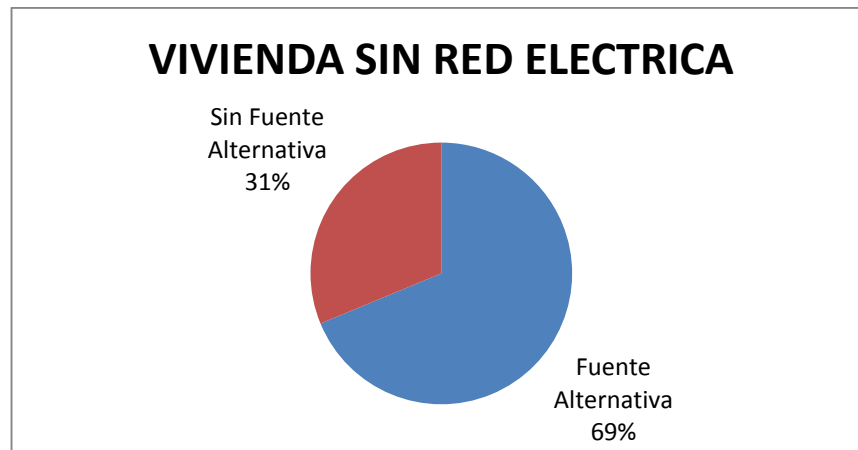
**Fuente** Fotografía Tomada en San Cayetano Septiembre 2017

### **Uso de Fuentes Alternativas**

De acuerdo al estudio realizado a mediados del mes de septiembre de 2017 se pudo determinar lo siguiente:

#### **Viviendas Sin Red Eléctrica**

Fuente Alternativa	11
Sin Fuente Alternativa	5
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>



Por lo tanto se puede considerar del 27% concernientes a 16 viviendas que no cuentan con red eléctrica el problema a solucionar con la alternativa de la implementación del aerogenerador eléctrico que es una forma de energía limpia y renovable, teniendo presente que 11 de las 16 viviendas cuentan con generadores a combustión los cuales originan altos costos por conceptos de mantenimiento, combustible y daños al medio ambiente que serán explicados a continuación.

### **Consecuencias del uso de Plantas Eléctricas**

Aquellas viviendas que utilizan una fuente alterna de energía eléctrica convencional como es el empleo de las plantas eléctricas que funcionan mediante hidrocarburos como la gasolina y el Acpm.

El uso de estos elementos produce daños ambientales y afectan el sistema respiratorio de las personas.

El CO<sub>2</sub> o dióxido de carbono es una de los gases que se producen al quemar combustible y uno de los principales gases de efecto invernadero. La emisión de este gas tiene una relación con el consumo de combustible; los motores de gasolina emiten 2,3 Kg CO<sub>2</sub> por cada litro de gasolina quemado y los motores diésel 2,6 Kg CO<sub>2</sub>, por cada litro de gasóleo.

Para nuestro análisis en particular una planta eléctrica que funcione a Gasolina origina el siguiente CO2

Capacidad Tanque Generador Litros	Tipo Combustible	Emisión Dióxido carbono Kg*L	Total kg *1	Mes Kg*L
7	Gasolina	2.3	16.10	483
7	ACPM	2.6	18.2	546

**Tabla 3** Producción de Dióxido de carbono Plantas Eléctricas

### **Conclusiones del daño y el costo que origina el empleo de Plantas Eléctricas**

#### **A) Contaminación**

Se puede concluir que mensualmente se origina 483kg\*1 de CO2 en aquellas viviendas que utilizan generador eléctrico a base de gasolina y 546 kg\*1 de CO2 en generadores a base de ACPM.

Contribuyendo de esa manera a la contaminación del medio ambiente, al sobrecalentamiento de la tierra a causa del efecto invernadero y de igual manera se afecta el sistema respiratorio de las personas originando enfermedades en la garganta, los pulmones por la inhalación del dióxido de carbono, y en ocasiones hasta la muerte, además el funcionamiento de los generadores ocasionan alteraciones en el oído de las personas por el alto nivel de decibeles que originan los motores de combustión interna cuando trabajan a la intemperie, sin ningún elemento de protección para las personas.

#### **B) Alto valor del combustible**

Otro aspecto importante que debemos tener presente es el precio del combustible en la actualidad un galón de Gasolina que equivale aproximadamente a 4 L tiene un precio de \$9,000 y de ACPM \$8,850

Capacidad Tanque Generador Litros	Tipo Combustible	Valor Galón en \$	Total 1*\$	Total 1*\$ MES
7	Gasolina	9.000	15.750	472.500
7	ACPM	8.850	15.487	464.625

**Tabla 4** Costos Combustibles Generadores Eléctricos

### C) Mantenimiento

Además se debe sumar el costo de mantenimiento preventivo de los generadores concernientes al respectivo cambio de aceite, de los filtros de aceite, combustible y de aire que deben realizarse cada 250 horas.

#### Estimado Valor de Mantenimiento Generadores

Generador	Aceite Motor 1 Galón	Filtro Aceite	Filtro ACPM	Filtro Aire	<b>Total</b>
ACPM	\$70,000	\$20,000	\$22,000	\$25,000	<b>\$137,000</b>
Gasolina	\$65,000	\$18,000	\$15,000	\$23,500	<b>\$121,500</b>

**Tabla 5** Costos Mantenimiento Generadores Eléctricos

De esta manera podemos decir que se origina energía eléctrica afectando de una manera notable el medio ambiente y la salud de las personas.



**Ilustración 13** Planta Eléctrica en Mal Estado y Dura de Encendido

**Fuente** Fotografía Tomada en Gama Septiembre 2017

Se puede evidenciar que son altos los costos de mantenimiento de los generadores, según la encuesta realizada teniendo presente el estado socio-económico de las personas el 100% de los habitantes son trabajadores que realizan labores de mano de obra no calificada, tales como (agricultores, conductores albañiles) y el dinero que ellos puedan ahorrar para la obtención de la energía eléctrica no está de más.

Las restantes 5 familias que no cuentan con red eléctrica, ni con un sistema de energía alternativa (generador eléctrico), siendo el uso de las linternas de baterías el único medio para poder suplir la necesidad energética, se han visto muy perjudicados por esta situación debido a que no pueden contar en sus hogares con los electrodomésticos básicos requeridos para el uso diario tales como una nevera, TV, radio, una lavadora para evitar esfuerzos mayores y tiempo en el lavado de las prendas de vestir de los integrantes de la familia.

Los niños también se ven muy afectados por la falta del recurso energético, no pueden realizar eficientemente sus respectivas tareas escolares, actividades didácticas y personales por falta de la energía eléctrica.



**Ilustración 14 Zona Alejada de Red Eléctrica**

**Fuente** Fotografía tomada en la vereda La Polonia

Es una de las razones por las cuales algunos niños no se interesan por el estudio y cambian las aulas de clase por una herramienta de trabajo como (machetes, palas y picas) para trabajar y poder obtener algún dinero diario y contribuir económicamente en sus respectivos hogares.

También cabe anotar que para algunos padres es más benéfico que sus hijos aprendan las actividades del campo y que contribuyan económicamente en la casa a que estudien” gasten dinero en transportes, cuadernos, uniformes “entre otros gastos que según ellos nunca serán recuperados.

Como se puede detectar la falta de energía eléctrica en algunos hogares también es un factor que indirectamente afecta el futuro de los niños y de las familias.

### **Uso de Linternas**

El uso de linterna con baterías también tiene un agregante adicional es el costo de baterías doble A que requieren las linternas para su funcionamiento, según lo que se pudo evidenciar por familia se utilizan de 2 a 3 linternas.

Cada linterna requiere de 2 a 4 baterías de tipo doble A, los elementos se utilizan habitualmente entre las (6- 10) pm y de (4 a 6) am para un total de 6 horas de uso.

Según los habitantes que utilizan este medio de energía eléctrica, ellos deben comprar baterías cada 3 o 4 días, lo que indica que las baterías de una linterna tienen una duración de 21 horas de funcionamiento, son linternas económicas de leds blancos.

### **Costos de Baterías Linternas Por Familia**

Linterna	Valor par Baterías tipo doble A	Cantidad de Baterías, En pares	Total en \$, Cada 4 días	Total en \$, Mes 30/4	Total
	\$1,500	2	\$3,000	7.5	\$22,500
3 Linternas Por Familia				Gran Total	\$67,500

**Tabla 6** Costos Baterías Para linternas por Familia



Como se puede evidenciar 5 familias conocidas por la encuesta gastan alrededor de \$67,500 mensualmente por compra de baterías para linternas, si ese valor se multiplica por 12 meses se puede decir que alrededor de \$800.000 se gastan las familias por año.

### **Situación Crítica del Problema**

- Tal vez el desconocimiento, la falta de información o simplemente la falta de analizar un poco la situación, y buscar una fuente alterna de energía están ocasionando ese gran gasto que ellos no detectan.

Comentarios como con un día de trabajo se consigue para comprar las “baterías de la semana” y con otro día de trabajo se consigue para la comida de la semana, son las frases, que predominan en estas familias y que a nosotros los integrantes de esta propuesta nos causaron gran impacto.

- Otro gran impedimento que ocasiona la falta de energía eléctrica en algunas fincas es el atraso la ineficiencia y el impedimento de algunas actividades de tipo agrícola en algunas fincas y el sobre- esfuerzo, el desgaste físico, y algunas enfermedades profesionales de los trabajadores que son los empleados o los administradores de las tierras y los encargados de realizar las labores de (ordeño, arado, riego de agua entre otras.
- Como se pudo observar en la encuesta realizada por los integrantes de esta propuesta, se evidencio en una finca pequeña de 300m<sup>2</sup>, una de las habitantes presentó problemas de salud específicamente dolor en sus dedos, y un gran dolor por tendinitis, y posible túnel del carpo debido a la actividad de ordeño que viene desempeñando por 30 años, igualmente su señor esposo presenta problemas de escoliosis lumbar por esfuerzos que debe de realizar en la obtención, transporte de agua para la finca y distribución del líquido sobre las matas y cosechas que realizan.

Todas estas actividades son las que originan los sobre – esfuerzos, las enfermedades profesionales y la ineficiencia en los riegos de los cultivos ocasionando pérdidas debido que la tierra no es utilizada ni “explotada” como debe de ser.

De acuerdo a la encuesta realizada las familias que no tienen acceso a la red eléctrica ni a la posibilidad de tener un generador de combustión, carecen también de los electrodomésticos básicos que deben tener un hogar, siendo el radio el único medio de comunicación y de entretenimiento.

### **Electrodomésticos Básicos Para un Hogar**

A continuación se realiza una tabla con los electrodomésticos básicos que se requieren en un hogar con su debido consumo energético

Electrodoméstico	Potencia Eléctrica (Watts)	Horas día	Energía Diaria en (Kw h)	Energía (Kwh) Mes
Televisor 21 “	80W	6h	0,48 Kwh	14,4 Kwh
Grabadora	14 W	3h	0,042Kwh	1,26Kwh
2 Bombillos	30W	6h	0,18 Kwh	5,4Kwh
Cargador Celular	12 W	4h	0,048Kwh	1,44Kwh
Total	136W		0,75kwh	

**Tabla 7** Consumo Electrodomésticos Básicos del Hogar

Teniendo presente estos datos y con lo demostrado matemáticamente en el capítulo anterior es válida la propuesta de un pico-aerogenerador para suplir esta necesidad energética de las viviendas que tengan semejantes demandas energéticas.

## **Comparación Energía Requerida Vs Energía Suministrada por el Aerogenerador en Estudio**

<b>Comparación Energía Requerida Hogar , Generador Eléctrico</b>			
<b>Capacidad</b>	<b>Eléctrica Requerida</b>	<b>Energía Eléctrica Requerida</b>	<b>Cumple con la Necesidad Energética Requerida</b>
Hogar	136 W	750 Wh	
Aerogenerador	153 W	885Wh	Si

**Tabla 8** Consumo Energético Requerido Vs Generador Eléctrico

Como se evidenciará matemáticamente en el capítulo 3 el pico-aerogenerador garantizará cerca de 22 horas de servicio, lo cual se puede compartir el tiempo de uso con otros electrodomésticos que requieran uso de algunos minutos como es el caso de una lavadora, licuadora entre otros, teniendo presente que las bombillos no permanecerán 22 horas encendidos, ni el TV el radio.

Cabe recalcar que la finalidad de la propuesta presente es ayudar a suplir la necesidad energética de una forma económica y sencilla a aquellas personas, familias y viviendas que lo requieran y no implementar diseños novedosos ni complejos de aerogeneradores de alta potencia para suministro de grandes cantidades de Kw de potencia.

### **Desconocimiento de los habitantes del Sector Sobre Energía Eólica y Gestión**

#### **Realizada**

Según la encuesta realiza se pudo evidenciar que el 80% de las personas no tienen conocimiento del uso de este sistema de generación de energía, entre ellos las personas que

tienen la fortuna de contar con red eléctrica y el resto del 20% hacen parte de las personas que no tienen ningún medio energético.

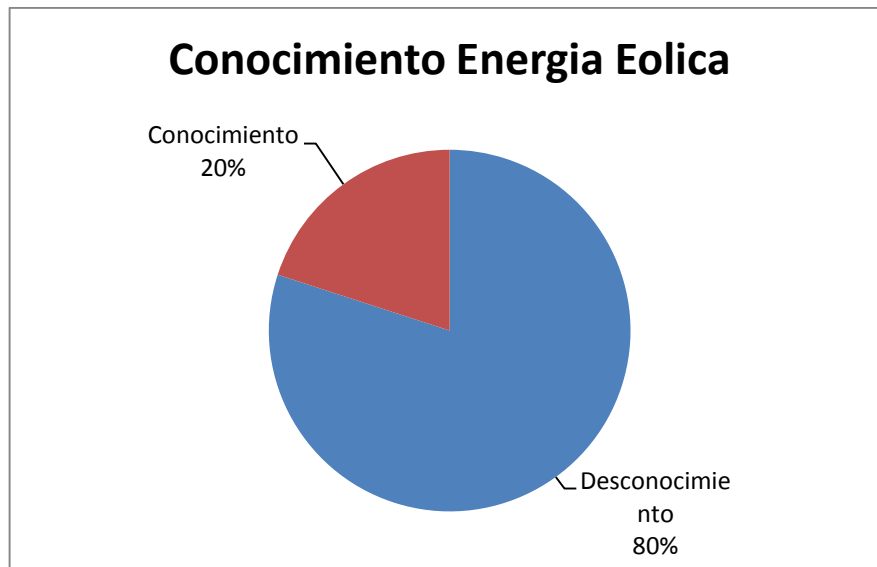
Algunos conceptos de otras personas no fueron totalmente claros, expresaron que habían visto algunos aerogeneradores en el alto de patios en algunas casas y algunos fincas pero que no tienen ni la menor idea que se llamaban así y cómo funcionan y para qué sirven.

Gracias al contacto que se pudo establecer con la comunidad se puede concluir que la falta de información y conocimiento acerca del empleo de las energías alternativas, su funcionamiento y beneficio es un factor que afecta enormemente el desarrollo de estas alternativas energéticas en gran parte del país, no solamente en el sector de La Calera.

Colombia ha venido desaprovechando el recurso eólico que nos brinda la naturaleza, como se argumentó anteriormente la falta de conocimiento de las personas es apenas uno de los factores, también se puede citar la falta de compromiso del gobierno nacional el caso de algunos alcaldes municipales, un ejemplo es la alcaldía del sector de la calera que en sus proyectos existentes y actuales no hay ninguno relacionado con la implementación de energías alternativas.

Gracias a las Universidades de Índole Privado y Público mediante sus estudiantes han venido desarrollando proyectos en la formación y transformación de las diferentes formas de energías de una manera limpia y tal conocimiento se han venido compartiendo con personas que no tienen la oportunidad de ingresar a una institución de educación superior algunos de ellos al conocer la esencia y los beneficios de estos tipos de proyecto se han interesado de una manera especial y han optado por tener en sus fincas y casas un aerogenerador para iluminar el patio de su casa, un parqueadero, entre otros lugares y usos que requieran el uso de energía eléctrica.

Lo más importante de esta práctica es tomar conciencia que los recursos no renovables están en vía de extinción, que la falta de la Gasolina y del Acpm no sean barreras para poder contar con energía eléctrica en lugares que no llegue la red eléctrica.



### Futuro Energético sobre el Mundo



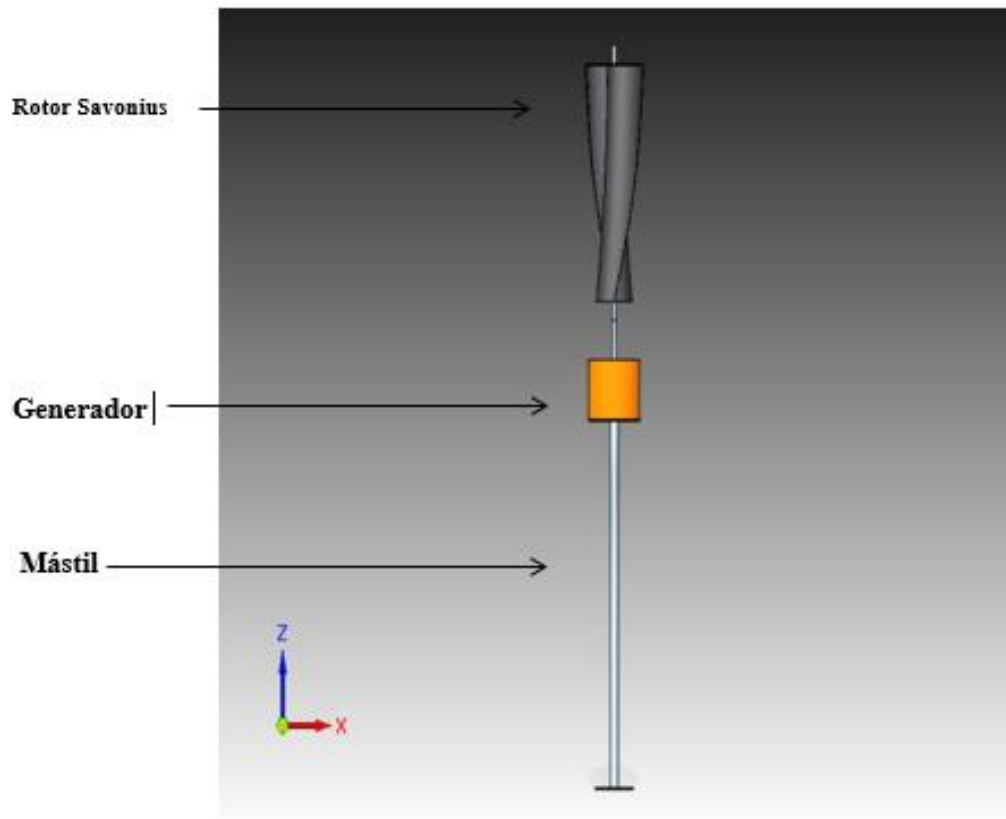
Ilustración 15 Futuro Energético en el mundo

Fuente <http://www.paisminero.com/images/stories/Fotos-pm/Alternativas/renovables-online.jpg>

## Capítulo 3 Propuesta

A continuación se hace la propuesta de un picoaerogenerador para satisfacer la necesidad energética evidenciada en el capítulo anterior.

### 3.1 El Prototipo



**Ilustración 16** Posible Prototipo Aerogenerador Para el Sector de la Calera

**Fuente** Dibujo realizado en Solid Edge

## **Partes del Pico aerogenerador**

### **El Rotor Eólico.**

El rotor eólico convierte la energía del viento en rotación y por lo tanto es el “motor” del pico-aerogenerador.

El rotor se encuentra conformado por unas aspas, o hélices, que son los encargados de tomar la energía del viento, la capturan y hacen rotar al eje.

El rotor del prototipo gira sobre un eje vertical tal como un rotor Savonius Observando el rotor desde arriba, los alabes forman la figura de una S. El modelo consiste en un cilindro hueco partido por la mitad las partes cóncavas de la S captan el viento, mientras que los reversos presentan una menor resistencia al viento, por lo que girarán en el sentido que menos resistencia ofrezcan, como se muestra en la **ilustraciones 1 y 3 de los Anexos**.

Debido a la curvatura las hélices experimentan menos resistencia cuando se mueven en contra del viento que a favor de él. Logra su movimiento rotacional gracias a la diferencia de resistencia aerodinámica entre las superficies simétricas que se enfrentan al viento.

Como es un artefacto de arrastre, el rotor extrae mucho menos de la fuerza del viento que las turbinas de sustentación con similar tamaño. Por otro lado, no necesitan orientarse en la dirección del viento, soportan mejor las turbulencias y pueden empezar a girar con vientos de baja velocidad. Es una de las turbinas más económicas y más fáciles de utilizar. **(Fernandez Diez, 2007)**

### **Selección del Generador Eléctrico y Descripción de componentes.**

Un generador eléctrico es un elemento que genera electricidad. Los hay de varios tipos; alternadores, dinamos entre otros.

#### **Alternadores Eléctricos.**

Son baratos y se consiguen fácilmente por lo general se presentan armados, el inconveniente es que requieren altas rotaciones (RPM), Son de poca potencia, requieren de escobillas de recolección y exigen mantenimiento relativamente frecuentes.

El mayor problema con los alternadores es que se han diseñado para rotar a altas velocidades que son imposibles de lograr con corrientes de viento que se presentan En el sector de La Calera. Aún un pico-aerogenerador eficiente difícilmente supera las 600 Rpm, esta velocidad es excesivamente lenta para un alternador, para su uso se debe emplear una caja multiplicadora lo cual ocasionará pérdida de eficiencia de potencia por causa de fricción, para este proyecto no será viable esta alternativa. (Mesa Chaparro, 2011)

Igualmente la utilización de un dinamo presenta las mismas desventajas de los alternadores, para ser empleado en este proyecto se requiere de apoyo de una etapa de multiplicación, por lo tanto esta alternativa es también descartada

La última opción consiste en implementar un generador eléctrico de imanes permanentes, (ver **Ilustración 5 Anexos**) estos generadores son potentes, trabajan a todas las velocidades de rotación que se puedan originar.

Por lo tanto este generador funciona, tanto a altas como a bajas rpm, para su funcionamiento el torque que requiere es mínimo, no emplean escobillas se evitan pérdidas por fricción y mantenimiento frecuente, son duraderos, eficientes y baratos.

Por lo anterior es evidente concluir, la elección del uso del generador de imanes permanentes, dado que es la mejor solución, teniendo en cuenta los objetivos y condiciones que debe alcanzar el prototipo.

Seleccionado el generador de imanes permanentes se procede hacer una descripción de todos son componentes.

### **Generador de imanes Permanentes**

Los dos discos del rotor están montados sobre un eje de cojinetes gracias a un buje, para que puedan rotar sobre el eje. Los rotores magnéticos están conducidos directamente por las



alabes del pico-aerogenerador. Este diseño es con el propósito de extraer potencia del giro lento de las alabes del pico-aerogenerador con la mejor eficiencia, el mínimo costo y la mínima complejidad.

Entre los dos discos del rotor hay un estator, encastado con resina poliéster, que contiene las bobinas de alambre de cobre. **(Mesa Chaparro, 2011)**

La electricidad se genera por el giro de los imanes de los discos magnéticos al girar a uno y otro lado de las bobinas encastadas en el estator. El campo magnético induce tensión en las bobinas, tensión que ha de permitir alimentar una batería. A velocidades de giro bajas la tensión en ocasiones es insuficiente para cargar la batería, pero cuando se alcanza un cierto umbral en la velocidad del viento, se establece una corriente eléctrica que permitirá la carga de la batería.

El generador produce corriente alterna AC, las bobinas están dispuestas en 3 fases para hacer más eficiente el uso del espacio disponible y que a la salida del rectificador la tensión de la corriente continua sea la más lisa posible. A continuación se describen más detalladamente la composición y funcionalidad de cada elemento del generador

#### **El Estator.**

Consiste en un elemento circular sólido de diámetro de 0.40 m x 17 mm de espesor, con 9 bobinas equidistantes en su interior. Se obtiene de un encastamiento de resina poliéster con catalizador en moldes de madera. Para reforzar el encastamiento, el estator contiene incrustadas porciones circulares y rectangulares de fibra de vidrio en la resina de manera que este elemento sea más resistente **(Mesa Chaparro, 2011) ver ilustración 3 Anexos**

#### **Las Bobinas.**

Cada una de las bobinas consiste en un enrollado de 50 vueltas de hilo doble en paralelo de calibre 18 de cobre esmaltado.

Las dimensiones de cada bobina son de 46 mm x 25 mm y un espesor de 15 mm. Es importante que sea cobre capa de esmalte que aisle cada espira (vuelta) de la bobina y el fenómeno de inducción magnética sea óptimo **(ver Ilustración 4 Anexos)**

### **Rotores Magnéticos.**

El rotor (cualquiera de los dos) del generador consiste fundamentalmente en un disco de acero al que se le pegan 12 imanes de Neodimio (NdFeB) grado 35 equidistantes, encargados de crear la variación de campo magnético al girar solidarios al rotor como se muestra en la figura 15. Para que el disco y los imanes formen una sola estructura, se crea un encastramiento de resina epóxica (sitisolda) que pegue y a la vez contenga los imanes en el disco de acero y finalmente se refuerza este encastramiento con tiras de vidrios en el interior y con alambre de acero inoxidable alrededor para evitar que se desenganchen los imanes debido a la fuerza centrífuga que tendrán que soportar. **(Mesa Chaparro, 2011)**

Los dos rotores se diferencian en la colocación de los imanes como se verá más adelante, son exactamente iguales. **(Ver Ilustración 5 Anexos)**

### **El disco de acero.**

Cada rotor magnético está constituido por un disco de acero de 350 mm de diámetro, de 6 mm de grosor y un agujero central 65 mm de diámetro. Es importante el hecho de que este disco, encargado de sujetar los imanes, no esté hecho de acero inoxidable si no de acero normal (material magnético). **(Ver Ilustración 6 Anexos)**

### **Los imanes.**

Los 12 imanes o bloques magnéticos que lleva cada rotor, son bloques de Neodimio (NdFeB) premagnetizados, de 46 x 25 x 10 mm, y van colocados planos sobre el disco de acero.

Cada imán tiene un polo norte y un polo sur. La polaridad de un imán está distribuida tal como se indica en la figura 17. Y en cada disco magnético está distribuida de manera diferente. **(Ver Ilustración 7 Anexos)**

Ubicación de los imanes. **(Mesa Chaparro, 2011)**

### **El Buje.**

Para la sujeción del generador a la estructura principal, y mantener el movimiento de rotación, se utiliza un buje de coche (cubo de rueda o bocín). En este proyecto, se ha realizado con el eje trasero de un monza, por tanto el diseño de los agujeros del rotor y de los elementos

de ensamble del conjunto (tuercas, varillas roscada) se han tenido en cuenta a partir de conocer el buje.

Un parámetro importante de este buje es que su collarín tenga 4 agujeros de diámetro 10 mm equidistantes sobre el diámetro de 102 mm. (**Mesa Chaparro, 2011**)

El buje encaja sobre un eje por medio de dos cojinetes cónicos que vienen ya incorporados, uno más grande en la parte inferior del eje y otro menor en la parte superior, que permiten el movimiento libre giratorio del buje con los rotores incorporados sobre el eje. (**Ver Ilustración 8 Anexos**)

### **EL Eje.**

Es un elemento fundamental del conjunto del generador ya que sobre el eje va montado el buje y sobre los dos rotores.

Esta pieza se ajusta a la montura del buje permitiendo que éste sea el soporte del generador y a la vez permita el giro del buje (con los rotores) montado al eje sobre cojinetes que permiten el giro del buje.

No hace falta construir el eje, ya que viene incorporado al buje, de manera que al disponer de un buje de monza, ya se dispone de su eje correspondiente de acero, perfectamente conformado como se observa en la siguiente figura (**ver Ilustración 9 Anexos**) (**Mesa Chaparro, 2011**)

### **Sistema de control Eléctrico y Modulo de iluminación.**

Sistema que está compuesto por elementos electrónicos y eléctricos, tales como puentes rectificadores, disipador de calor, regulador de voltaje, batería entre otros. Para este proyecto su función principal es rectificar el voltaje AC proveniente del generador eléctrico a voltaje D.C, que será almacenado en una batería, para así ser utilizado a la aplicación correspondiente.

### **Montaje eléctrico**

Es fundamental un soporte eléctrico para el funcionamiento del pico-aerogenerador.

Como ya se ha comentado, el funcionamiento del pico-aerogenerador consiste en que la fuerza del viento hace girar la turbina eólica (las alabes) que al estar montada solidaria a los

discos del rotor los hace girar. Al girar los rotores, como estos contienen imanes, lo que se consigue es que el campo magnético que hacen los imanes varíe. La variación de campo magnético induce corriente alterna en las bobinas del estator que está en medio de la variación de campo magnético

Para aprovechar la inducción de corriente producida por el estator, lógicamente son necesarios una serie de elementos eléctricos que hagan que la corriente inducida en las bobinas sea transportada, transformada y controlada de manera correcta. Estos elementos eléctricos van conectados a la salida del estator sobre un disipador de calor que se atornilla sobre la montura del pico-aerogenerador. Así pues a continuación se describen los elementos eléctricos y también las conexiones a realizar para que funcione el sistema. **(Ver Ilustración 10 Anexos)**

#### **El Puente Rectificador.**

Es un circuito electrónico usado para convertir corriente alterna en corriente continua. Consiste en 4 diodos comunes, que convierte una señal con partes positivas y negativas en una señal únicamente positiva.

En este caso es necesario de transformar la corriente alterna trifásica que se obtiene en la salida del cableado de las bobinas del estator a corriente continua que se desea tener en la batería que se conecte, está compuesto por dos rectificadores de puente monofásicos de 10 A; 50V que se conectan a las bobinas de tal modo que equivalgan a un solo rectificador trifásico. **(Ver Ilustración 11 Anexos) (Mesa Chaparro, 2011)**

#### **Disipador de calor.**

Es un elemento físico, sin partes móviles, destinado a eliminar el exceso de calor de cualquier elemento. Para esta aplicación, este elemento disipa el calor de los puentes rectificador **(ver Ilustración 12 Anexos)**

### **Voltímetro**

Instrumento de Medición (Voltímetro). Es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico. **(Ver Ilustración 13 Anexos)**

### **Acumulador de energía eléctrica**

(Batería seca). Es un dispositivo que almacena energía eléctrica. Está conformada por celdas electrolíticas galvánicas con electrolitos pastosos. Este dispositivo funciona en el rango de 0- 4 voltios, y 4 amp / h. **(ver Ilustración 14 Anexos)**

### **Regulador de Voltaje para intensidad de iluminación.**

Es un sistema eléctrico que acepta una tensión eléctrica de voltaje a la entrada, dentro de un parámetro predeterminado y mantiene a la salida una tensión constante. Este regulador está conformado por un circuito integrado (referencia LM 317, Dos condensadores de 1 y de 10  $\mu$ F, un potenciómetro de 1K ohmio y una resistencia de 1 KOh.

Es el instrumento empleado para medir la velocidad del viento.

Para este caso se utilizará un sensor, que es utilizado en la bicicleta de ciclismo profesional.

### **3.3 Materiales del Pico-aerogenerador.**

La lista de materiales hace referencia al conjunto de elementos que se utilizan para la construcción del prototipo.

Es importante resaltar que se trata de construir un pico-aerogenerador de baja potencia manufacturado.

Se busca utilizar materiales que tengan la más alta relación calidad – precios, con precios asequibles en la medida de lo posible.

Se pretende determinar la cantidad de material de cada tipo que se necesitó para construir el pico-aerogenerador, así como las dimensiones y tipología de cada uno de estos materiales.

A continuación se muestra los resultados obtenidos de los materiales necesarios, para la construcción del pico-aerogenerador **Ver tabla 1 Anexos**



**Ilustración 17** Materiales Para la Construcción del Prototipo

Fuente [www.Soacha.olx.com.con](http://www.Soacha.olx.com.con)

### **3.4 Cálculos Técnicos Realizados**

Para esta propuesta y teniendo presente la gráfica en la cual se relaciona la velocidad del viento vs la potencia que se obtiene, podemos indicar para nuestra propuesta cuya velocidad del viento es de 3m/s, se requiera de 40 W teniendo presente un factor de seguridad del 10% aproximadamente

Se procederá con los cálculos para la selección, diseño, desarrollo de un probable prototipo destinado a la producción de electricidad.

Para producir la potencia que se demanda equivalente a 40W aplicada durante X horas.

Con la potencia indicada anteriormente se puede

Señalando las condiciones iniciales para este diseño:

- Potencia eléctrica de diseño:  $P_{elec} = 40W$  aplicada durante  $X$  horas.
- Densidad del aire  $\rho = 1.25 \text{ Kg/m}^3$ .
- Velocidad del viento de diseño  $V = 3.0 \text{ m/s}$  ( promedio anual en el sector de la calera)
- Coeficiente de rendimiento eléctrico  $C_e = 0.9$ . (se toma como base un rendimiento que es común para la mayoría de generadores).
- Coeficiente de rendimiento de potencia aerodinámica  $C_p = 0.35$  tomado como un coeficiente que es común para el rotor Savonius.
- $A = H \times D$  área barrida en  $\text{m}^2$

Teniendo presente las observaciones propuestas, se aconseja que el diámetro del rotor sea similar o igual al diámetro del generador eléctrico por tal razón se tiene:

$D = 0.90 \text{ m}$  (diámetro del rotor).

$\alpha = \frac{H}{D}$  esta ecuación fue definida con anterioridad

$\alpha$  el rectángulo dorado contempla una relación comprendida entre  $H / D = 4$ .

Pero en el diseño propuesto, por motivos de transporte del prototipo y por costos se decidió utilizar un  $\alpha = 3$

Por lo tanto se obtendrá:

$$\alpha = \frac{H}{D} = H = \alpha \times D = 3 \times 0.90 \text{ m} = 2.7 \text{ m}$$

$$H = 2.7 \text{ m}$$

Ahora se puede calcular el área barrida del picoaerogenerador.

$$A = H * B$$

$$A = 2.7 \text{ m} \times 0.9 \text{ m} = 2.43 \text{ m}^2$$

$$A = 2.43 \text{ m}^2$$

## Cálculo de la Potencia Mecánica

$$P_{\text{mecanica}} = \frac{1}{2} \rho A C_P V^3$$

$$P_{\text{mecanica}} = (0.5) \times (1.25 \text{ Kg/m}^3) \times 2.43 \text{ m}^2 \times 0.35 \times (3.0 \text{ m/s})^3 = 41 \text{ W}$$

$$P_{\text{mecanica}} = 41 \text{ W}$$

Encontramos la Eficiencia y Potencia máxima.

$$\eta_1 = \eta_m \eta_e C_p$$

$$\eta_1 = 0.9 \times 0.85 \times 0.35 = 0.2677$$

$$P_{\text{max}} = \frac{P_{\text{util}}}{\eta_1} = 41 \text{ W} / 0.2677 = 153 \text{ W}$$

$$P_{\text{max}} = 153 \text{ W}$$

Se halla la potencia eléctrica a través de la siguiente ecuación.

$\eta = 0.9$  Es el coeficiente de potencia eléctrica óptimo para los rotores Savonius

$$P_{\text{electrica}} = P_{\text{mecanica}} \times \eta$$

$$P_{\text{electrica}} = 41 \text{ W} (0.9) = 37 \text{ W}$$

$$P_{\text{electrica}} = 37 \text{ W.}$$

$$E_{\text{electrica}} = P_{\text{electrica}} \times N$$

$$E_{\text{electrica}} = 37 \text{ W} \times 24 \text{ h} = 885.6 \text{ Wh}$$

N= Número de horas del día.



Se obtiene una potencia eléctrica de 37 W y una energía eléctrica de 885.6 W.h

Con las variables utilizadas

Ahora se determina el número de horas, durante el cual el generador suministrará energía, para una aplicación de una potencia de 40W durante X horas.

$N_{\text{generador}} = \text{Energía Eléctrica} / \text{Potencia de diseño.}$

$$N_{\text{generador}} = 885.6 \text{ Wh} / 40\text{W} = 8.04 \text{ h}$$

$$N_{\text{generador}} = 22\text{h.}$$

Se encontró matemáticamente, que el generador estará diseñado para entregar energía durante 22 horas, también se determinó que durante este tiempo el pico-aerogenerador entregará una potencia de 37 W, cumpliendo así con el objetivo específico de la propuesta, consistente en la obtención de energía para aplicación de 40W durante X horas.

Continuando con el diseño del pico-aerogenerador, ahora se presentan los cálculos que definen la geometría del alabe.

Partiendo de la relación entre el solapamiento (e) entre alabes con el diámetro (d) del alabe  $\beta$  y proponiendo un valor de 0.243 para esta relación dado según la experimentación mostrada por algunas fuentes ofrece el mejor y óptimo valor para el rendimiento, estableciendo este solapamiento en función del diámetro del alabe:

$$\beta = \frac{e}{d} = \mathbf{0.243}$$

Entonces:

$$e = 0.243d$$

Luego observando la relación geométrica que ofrecen los espacios conjugados de los alabes y el solapamiento se pueden definir que el diámetro del rotor D se puede expresar en función de estos valores de la siguiente manera:

$$D = 2d - e$$

Expresando el mismo diámetro D, en función del diámetro de la alabe d únicamente:

$$D=2d -e =2d-0.243d =1.757d$$

Se podrá conocer el diámetro del alabe d:

$$d=\frac{D}{1.757}$$

$$d=\frac{0.90m}{1.757} = 0,512 \text{ m}$$

$d = 0.512+0.0127m$ . (El valor de 0.5247 m es concerniente al radio del eje del rotor)

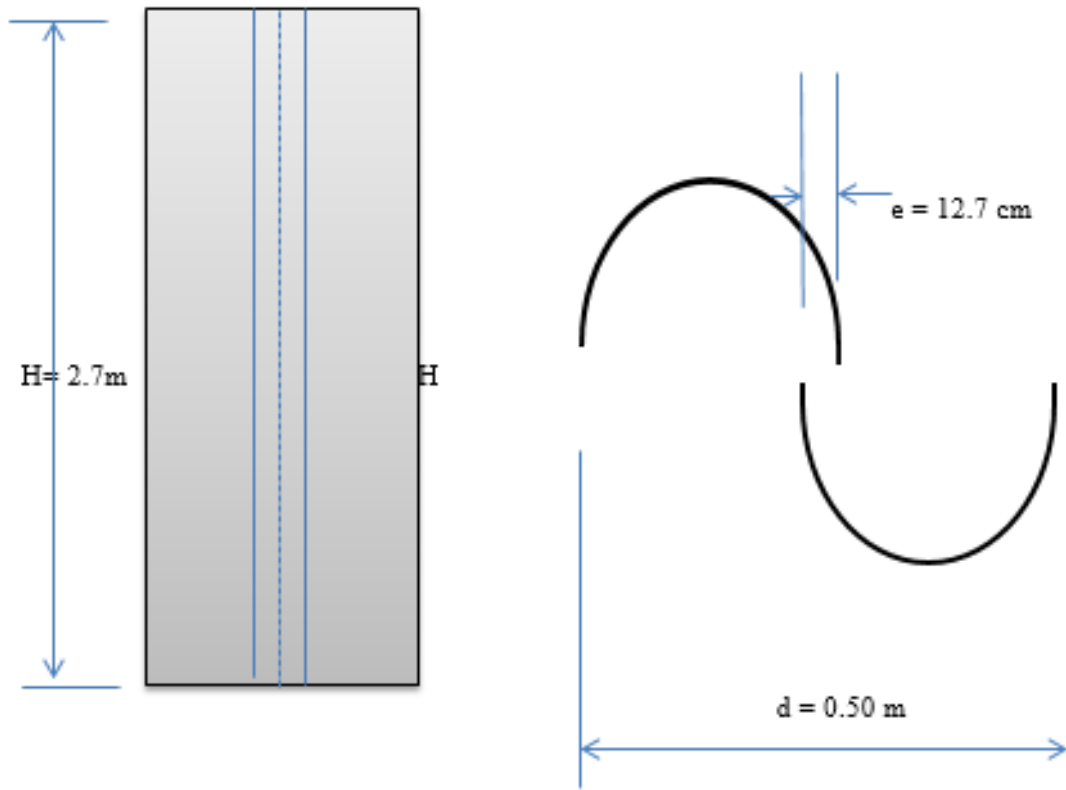
$$d=0.5247 \text{ m}$$

Encontrando el valor del solapamiento e será igual a:

$$e= 0.243d$$

$$e= 0.243 (0.5247m) = 0,12839 \text{ m} = 12.7 \text{ cm}$$

$$e= 12.7 \text{ cm}$$



**Ilustración 18** Dimensiones Cilindro y Alabes del Aerogenerador

**Fuente** Dibujo hecho en Paint

En este punto se obtienen las dimensiones básicas que conforman los alabes del rotor Savonius. Pero aún falta agregar un concepto que se había definido con anterioridad, el cual se refería a la uniformidad del valor de torque de arranque. Esto se lograba con un montaje modular o por etapas del rotor Savonius, de los que el más común estaba representado por un rotor de dos etapas desfasadas  $90^\circ$  una de otra

### **Eje del Mástil.**

Para comenzar con el diseño se determinará los tipos de esfuerzos que estará sometido el pico-aerogenerador.

Se calculará la fuerza del viento en condiciones críticas:

$$F_{\text{aire}} = 1/2 * \rho * C_P * A * V^2$$

Se procede a calcular la velocidad del aire en condición crítica.

$V = 120 \text{ Km/H}$  (Este valor es el recomendado, ya que son vientos fuertes).

Debemos convertir los  $120 \text{ Km/H}$  en  $\text{m/s}$ .

$$120 \frac{\text{Km}}{\text{h}} * \frac{1000\text{m}}{\text{Km}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 33.33 \text{ m/s}$$

$V_{\text{critica del viento}} = 33.33 \text{ m/s}$  se reemplaza en la ecuación

$$F_{\text{aire}} = (0.5) (1.25 \text{ Kg/m}^3) * 2.37 \text{ m}^2 * 0.3 * (33.33 \text{ m/s})^2$$

$$F_{\text{aire}} = 493.6 \text{ N} \approx 500 \text{ N}$$

$$F_{\text{aire}} = 500 \text{ N.}$$

Como se observará a continuación la sección crítica del aerogenerador será en la sección de la unión entre el eje y la soldadura (empotramiento).

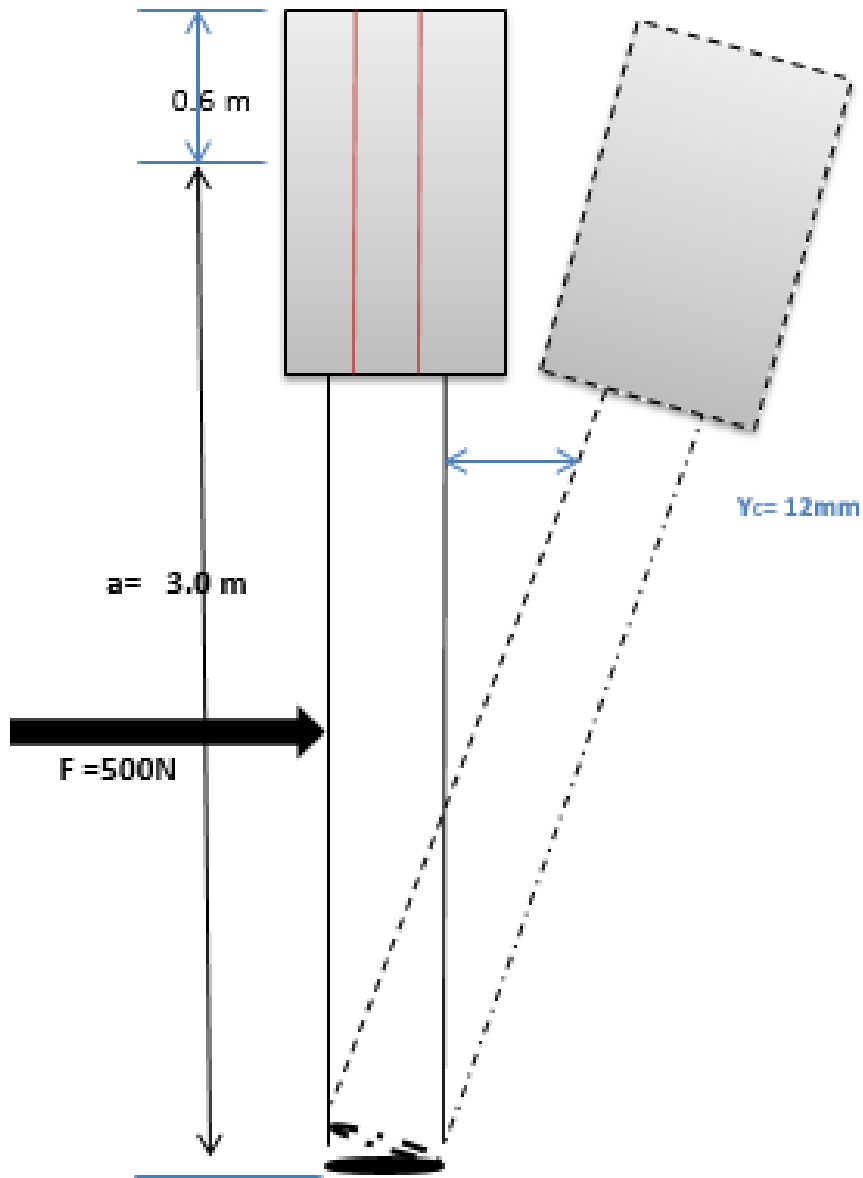
A continuación se hará un esquema en el cual se ilustrará la situación crítica, el cual está expuesto el eje del mástil del pico-aerogenerador, contemplando la fuerza del viento que puede llegar a alcanzar cuando la velocidad sea crítica, para el diseño del eje esta condición será el mayor riesgo de falla, por flexión del mismo



**Ilustración 19** El Mástil

**Fuente** Dibujo Realizado en Solid Edge

## REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL AEROGENRADOR



**Ilustración 200** Representación Esquemática del Prototipo

**Fuente** Dibujo Realizado en Paint

### 3.5 EVALUACION FINANCIERA DEL PROYECTO

El proyecto busca el suministro de energía eólica para 16 viviendas que no cuentan con electricidad, este grupo de la población ocupa el 27% del total de viviendas del municipio de La Calera.

A continuación se presentan las cifras de costos de inversión, costos de operación y mantenimiento para el proyecto de energía alternativa.

Por cada aerogenerador producido se requiere la siguiente materia prima:

<b>Materia Prima Utilizada por Unidad Producida</b>		<b>Precio</b>
<b>Materia Prima</b>	<b>Unidades Mensuales</b>	<b>Valor Total</b>
Tubo de 2m x 2"	1	\$48,000
Tubo de 1,5m x 1"	1	\$20,000
Tubo de 1m x 3/8"	1	\$7,500
Lamina inoxidable	1	\$350,000
1/2 lamina HR	1	\$100,000
Tornillería	20	\$50,000
Imanes permanentes 24U	1	\$500,000
Alambre cobre 2Kg	1	\$80,000
Resina Poliéster	1	\$100,000
Rodamientos	2	\$180,000
Batería	1	\$180,000
Convertor Eléctrico	1	\$160,000
Accesorios	3	\$100,000
Regulador	1	\$100,000
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>\$1,975,500</b>

La fabricación además demanda mano de obra de cuatro servicios diferentes, uno por cada unidad fabricada, los cuales se describen a continuación:

<b>Mano de Obra Planta</b>	<b>Valor Servicio</b>
Soldador	\$500,000
Electricista	\$100,000
Carpintero	\$50,000
Servicio de Torno	\$50,000
<b>Costo Directo Fabricación P/U</b>	<b>\$700,000</b>

Por otra parte, los costos de personal administrativo son:

Personal de Administración	800,000
Total	\$800,000

Los costos indirectos corresponden a la distribución de los aerogeneradores, ya que requiere del alquiler de una turbo pequeña para el transporte del producto de Bogotá a La Calera, de acuerdo a cotización el valor mensual del alquiler es de \$ 500,000.

### **Endeudamiento**

Para el proyecto la estructura de financiamiento está estructurada con el 100% con recursos propios de los socios, por lo cual no se requiere un endeudamiento ante los bancos u otra entidad, los socios aportarán un capital de \$ 11, 000,000 para llevar a cabo el proyecto.

**Precio:**

Para determinar el precio se tomaron los costos directos e indirectos de la fabricación y distribución del aerogenerador. Con este precio se espera obtener un 50% de ganancia por cada unidad vendida.

Con un precio unitario de \$ 4, 200,000 se esperan ventas de 4 unidades mensuales por valor de \$ 16, 800,000 con un estado detallado a continuación:

<b>ESTADO DE RESULTADOS</b>	<b>TOTAL</b>
VENTAS	\$16,800,000
<b>COSTO DE VENTAS</b>	
Materias primas	\$7,902,000
Mano de obra	\$2,800,000
Costos indirectos de fabricación	\$500,000
<b>TOTAL COSTO DE VENTAS</b>	<b>\$11,202,000</b>
<b>UTILIDAD BRUTA EN VENTAS</b>	<b>\$5,598,000</b>
<b>GASTOS DE ADMON Y VENTAS</b>	
Personal administración	\$800,000
<b>TOTAL COSTOS DE ADMON Y VENTAS</b>	<b>\$800,000</b>
Utilidad Operativa	\$4,798,000
Gastos financieros	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$4,798,000
Provisión impuestos	\$ -
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>\$4,798,000</b>



El Banco de la Republica proyecta una inflación para el año 2018 del 3.5%.

En total se proyecta la venta de 16 aerogeneradores.

<b>VARIABLES DEL PROYECTO</b>	<b>Mes 0</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>	<b>Mes 4</b>
<b>Cantidad vendida</b>	0	4	4	4	4
<b>Precio de venta</b>	0	\$4,200,000	\$4,200,000	\$4,200,000	\$4,200,000
<b>Materia prima</b>	0	\$1,975,500	\$1,975,500	\$1,975,500	\$1,975,500
<b>Aumento nominal mano de obra</b>	0	\$700,000	\$700,000	\$700,000	\$700,000
<b>Aumento nominal CIF Por Unidad</b>	0	\$125,000	\$125,000	\$125,000	\$125,000
<b>Costo de ventas unitario</b>	0	\$2,800,500	\$2,800,500	\$2,800,500	\$2,800,500

De acuerdo a la información presentada en el cuadro, se genera una proyección para 4 meses, donde se generaran 16 aerogeneradores y se incrementará el precio en un 1% y los costos se mantendrán

Por lo cual permitirá obtener los siguientes ingresos:

<b>INGRESOS</b>	<b>Mes 0</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>	<b>Mes 4</b>
<b>Ventas</b>		\$16,800,000	\$16,800,000	\$16,800,000	\$16,800,000

Y presentando los siguientes egresos:

<b>EGRESOS</b>	<b>Mes 0</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>	<b>Mes 4</b>
<b>Inversión</b>	(\$11,000,000 )				
<b>Contrato de mantenimiento</b>					
<b>Costo de ventas</b>		\$11,202,000	\$11,202,000	\$11,202,000	\$11,202,000
<b>Gastos de administración</b>		\$800,000	\$1,000,000	\$1,000,000	\$1,000,000
<b>Total egresos</b>		\$12,002,000	\$12,202,000	\$12,202,000	\$12,202,000
		1	2	3	4
<b>FLUJO NETO (ingresos - egresos)</b>	(\$11,000,000 )	\$4,798,000	\$4,798,000	\$4,798,000	\$4,798,000

Se observa que el flujo neto del proyecto, inicialmente es negativo, sin embargo a partir del mes 1 hasta el 4, se presenta de manera positiva.

El valor actual neto de un proyecto de inversión es la suma algebraica del valor actualizado de todos los flujos de fondos (cobros y pagos, o ingresos y egresos) que se hayan realizado, o se han de realizar en el futuro en relación con él, durante un período determinado de tiempo (BACA, 2000).

Indicador	Valor
Valor presente neto	\$1,420,748
Tasa interna de retorno	27%

Por medio de la anterior información se identifica que el proyecto es viable, puesto que tiene un VPN positivo y la TIR del 27%

### **Tiempo de Recuperación de la inversión:**

Se toma el valor de la inversión inicial y se divide sobre la utilidad.

Inversión: \$ 11,000,000

Utilidad: \$ \$ 4.798.670

= 2,3

De acuerdo a la información evidenciamos, que la inversión inicial se recuperará en un tiempo estimado de 2,3 meses. Lo cual se considera adecuado, puesto que el proyecto inicialmente está contemplado para realizar los 16 aerogeneradores en 4 meses.

La evaluación financiera realizada se basó en el estado de resultados y con los indicadores financieros, de esta manera se estableció el tiempo para recuperar la inversión inicial, la rentabilidad y el valor actual neto.

### **Beneficios del proyecto:**

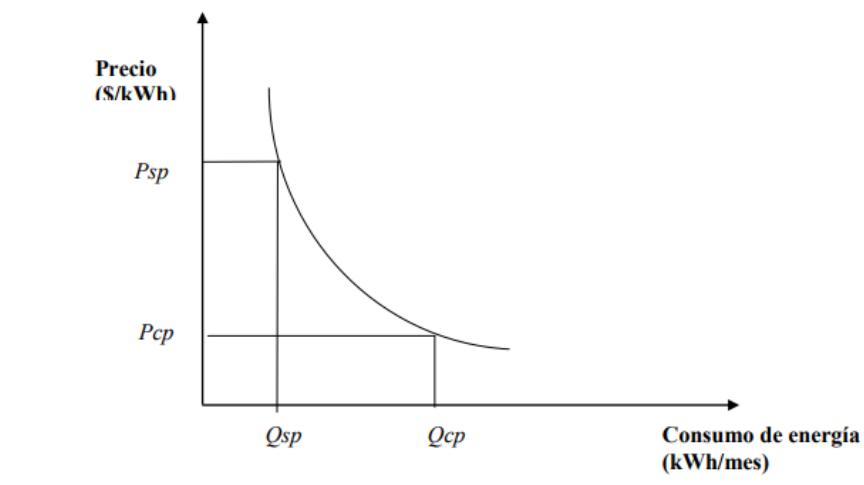
De acuerdo a la evaluación financiera, se logra identificar que es un proyecto viable y que presenta ganancias, sin embargo es importante resaltar los siguientes beneficios sociales que tiene el proyecto al generar energía eléctrica de manera eficiente y económica a un sector de las calera:

Refrigeración de alimentos.

Uso de televisor, radio y electrodomésticos.

Generación de cosechas, debido al mayor riego.

Mayor seguridad debido al alumbrado público.



**Ilustración 21** Beneficio Social en Proyectos de Inversión

**Fuente** <https://www.cepal.org/es>

De acuerdo a la gráfica se identifica el beneficio como el área bajo la curva de demanda con elasticidad-precio constante de la forma.

Los beneficios brutos totales, se obtienen al multiplicar el beneficio bruto por familia por el número de familias beneficiadas.

## CONCLUSIONES

- En Colombia la principal fuente de energía, es la energía hidroeléctrica, por lo cual se identificó que la generación de energía eólica es un recurso que no ha sido explotado, puesto que son pocas las empresas y entidades que se dedican a la investigación y fabricación de aerogeneradores.
- El diseño del sistema eólico de baja potencia se realiza en base a información técnica desarrollado por otros países inmersos al campo de los aerogeneradores en los que la energía eólica es una fuente importante de energía.
- De acuerdo a la investigación del mapa de vientos, tomada del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), se evidencia que el potencial eólico es suficiente para desarrollar en proyecto en el sector de La Calera.
- La energía eólica logra suplir las necesidades básicas de los habitantes de La Calera, de una manera sencilla, práctica y económica, adicionalmente es un recurso asequible para toda la población y para otras zonas del país que carecen de recursos eléctricos.
- Con base en el estudio financiero realizado se determinó que la inversión inicial se logra recuperar, adicionalmente se logran obtener ganancias; sin embargo el proyecto se fundamenta en el beneficio social con el que se mejorará las condiciones de vida al cubrir una necesidad en la población rural con un cambio social que favorecerá el desarrollo y facilitará el abastecimiento por medio del aprovechamiento del viento el cual es un recurso natural que por su alta eficacia, simplicidad en el mantenimiento, larga duración es una excelente alternativa como fuente de energía no contaminante.

- Con el uso de un aerogenerador de baja potencia la población rural podrá regar los cultivos; suministrar luz a sus casas; eliminar el uso de la vela, lámparas de queroseno y generadores de diésel; obtendrá mayor seguridad gracias a la iluminación básica en la noche; conservación de los alimentos.
- Cuando una población no tiene acceso a la energía eléctrica las posibilidades de mejora económica disminuyen considerablemente, se ve afectada la productividad en sus cultivos y la población escolar se ve afectada por desaprovechar los recursos tecnológicos.

## RECOMENDACIONES

- Extender los estudios expuestos en el proyecto para que toda la población pueda acceder a la información y de esta manera aumentar el conocimiento y la información referente a la energía eólica.
- Extender los estudios para contribuir y fomentar en la investigación de otro tipo de energías alternativas.
- Realizar estudios de vientos en las demás poblaciones de Colombia que no cuentan actualmente con acceso a energía eléctrica y que por medio de un aerogenerador suministre electricidad como solución a esta problemática.
- La implementación de energías alternativas renovables tienen repercusiones positivas a nivel ambiental y social, por tanto estos proyectos deben ser considerados en los planes estratégicos de los gobiernos.

## Bibliografía

- Aerogenerador Eje Vertical*. (21 de Junio de 2017). Obtenido de <https://www.renovablesverdes.com/aerogeneradores-verticales/>
- association, W. w. (2012). *quarterly bulletin wind energy around the world*.
- Dane.gov.co*. (2005). Obtenido de [https://www.dane.gov.co/files/censos/consulta/2005\\_compensada.xls](https://www.dane.gov.co/files/censos/consulta/2005_compensada.xls)
- De Araujo, L., & Becerra F, C. (2012). " *Wind resource revolution in São João do Cariri (SJC)*". *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16*,. Paraiba, Brazil.
- División de Evaluación Social de Inversiones (2013) "*metodología de formulación y evaluación de proyectos de electrificación rural*"
- Energía, S. d. (2008). *Energías Renovables 2008 - Energía Eolica*. Obtenido de [https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro\\_energia\\_eolica.pdf](https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_eolica.pdf)
- (2011). Energy Information Administration EIA. En I. E. OUTL.
- Fagbente, R., Katende, J., Ajavi, O., & Okenigi, J. (2011). *Assessment of wind energy potenetial of two sites in North - East. Nigeria" Renewable Energy*.
- Fernandez Diez, P. (2007). Obtenido de *Energia Eolica* : [es.pfernandezdiez.es/libro/?id=6](http://es.pfernandezdiez.es/libro/?id=6)
- Gan , L., & Liu, W. (2002). " *Cost-competitive incentives for wind energy development in China: institutional dynamics and policy changes*". *Energy Policy, Volume 30, Issue 9*,. China .
- Guerra Curvelo, W. (2003). *La Guajira Colombia: Nomos Colombia*.
- Isagen*. (Mayo de 2012). Obtenido de ISAGEN energía productiva. PARQUE EOLICO JOUKTAI.: [http://www.isagen.com.co/informacionRelevante/2010/Parque\\_Eolico\\_Jouktai.pdf](http://www.isagen.com.co/informacionRelevante/2010/Parque_Eolico_Jouktai.pdf).
- ISAGEN energía productiva. (2010). PARQUE EOLICO JOUKTAI*. (Mayo de 2012). Obtenido de [http://www.isagen.com.co/informacionRelevante/2010/Parque\\_Eolico\\_Jouktai.pdf](http://www.isagen.com.co/informacionRelevante/2010/Parque_Eolico_Jouktai.pdf).



- Jaime, M., & Rapallini, A. (1983 -2013). *ENERGIA EOLICA Instituto Argentino de la Energia "GENERAL MOSCONI"*. BUENOS AIRES.
- Kamau, J., Kinyua, R., & Gathua, J. (s.f.). *6 years of wind data for Marsabit, Kenya average over 14 m/s at 100 m hub height; An analysis of the wind energy potential" Renewable Energy, Volume 35.*
- LA ENERGÍA EOLICA: Principios básicos y tecnología.* (2002). Obtenido de Universidad Carlos III, Madrid España:  
[http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49917eec3c3bd/1234272455\\_eolica\\_ALecuona.pdf](http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49917eec3c3bd/1234272455_eolica_ALecuona.pdf)
- Lacalera-cundinamarca.* (septiembre de 5 de 2017). Obtenido de <http://www.lacalera-cundinamarca.gov.co/Paginas/default.aspx>
- McIntyre, J., Lubitz, W., & Stiver, W. (s.f.). *"Local wind energy potenetial for the city of Guelph, Ontario Canada "Renewable Energy, Volume 36.*
- Mejia, J., Chejine, F., Smith, R., Rodriguez, L., Fernandez, O., & Dyer, I. (s.f.). *"Simulation of wind energy output at Guajira, Colombia". Renewable Energy, Volume 31.*
- Mesa Chaparro, J. E. (2011). *Diseño y Construcción de un Picoaerogenerador de Imanes permanentes.* Bogota.
- Microsiervos- Ecologia .* (s.f.). Obtenido de <http://www.microsiervos.com/archivo/ecologia/que-es-emision-co2-kilometro-recorrido.html>
- Minminas.* (2017). Obtenido de <https://www.minminas.gov.co>
- Raichle, B., & Richard Carson, W. (2009). *"Wind resource assessment of the southern Appalachian Ridges in the Southeastern United States" Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 13 .*
- Reuters.* (10 de Mayo de 2012). Obtenido de <http://www.reuters.com>
- Rodriguez, C., Riso, M., Jimenez Job, G., Ottogalli, R., & Santa Cruz, R. (2010). *Analysis of the potential for hydrogen production in the province of Cordoba, Argentina, from wind resources". International Journal of Hydrogen Energy, Volume 35.* Argentina: Aisa.

Shata Ahmed, A. (2010). “*Wind energy as a potential generation source at Ras Benas, Egypt*”.  
*Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 14*. Egipto.

Unidad de Planeacion Minero Energética (UPME). (2006). *informe de gestion upme 2006*. (Mayo de 2012). Obtenido de [http://www.upme.gov.co/Docs/Informes\\_Gestion/GESTION\\_2006\\_UPME](http://www.upme.gov.co/Docs/Informes_Gestion/GESTION_2006_UPME).

*weather Google*. (s.f.). Obtenido de <https://weather.com/es-CO/tiempo/5dias/1/COXX0235:1:CO>

*Weather google*. (Septiembre de 2017). Obtenido de <https://weather.com/es-CO/tiempo/hoy/1/4.72,-73.97?par=google>

((2009-2010)). *Wind Energy Association Latin America “energia eolica en america latina”*. Lawea.

(2012). Wind world energy association. En *quarterly bulletin wind energy around the world*.

Youcef, F., & Sauvageot, H.-E.-H. (2003). *Adane " Statistical bivariate modeling of wind using first - order Markov chain and Weibull distribution" Renewable Energy, Volume 28, Issue 11*.

## **ANEXOS**

## ENCUESTA

Le agradecemos su gentil colaboración para responder las siguientes preguntas:

Nombre completo \_\_\_\_\_

Numero de Cedula \_\_\_\_\_

Ocupación \_\_\_\_\_

Marque con una X solo una respuesta:

Genero:

Masculino

Femenino

Tipo de Vivienda:

Casa

Finca

¿Vive usted en el Municipio de La Calera?:

SI

NO

¿En qué vereda de La Calera vive usted? \_\_\_\_\_

¿Cuántas personas viven en su casa? incluyéndose usted \_\_\_\_\_

Marque con una X solo una respuesta:

¿En su vivienda cuenta con Red eléctrica?

SI

NO

Marque con una X las múltiples respuestas que considere:

De los siguientes electrodomésticos ¿Cuales tiene en su casa?

Televisor

Radio

Nevera

Computador

¿Cuál o cuáles de los siguientes medios alternativos utiliza en su casa?

Generador Eléctrico con Acpm

Generador Eléctrico con Gasolina

Panel Solar

Turbina Hidráulica

Otro

¿Cuál? \_\_\_\_\_



Ilustración 1 Rotor Eólico Vista Superior

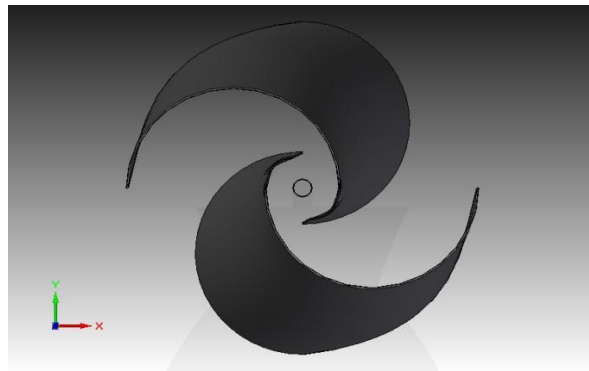


Ilustración 2 Alabes del Rotor

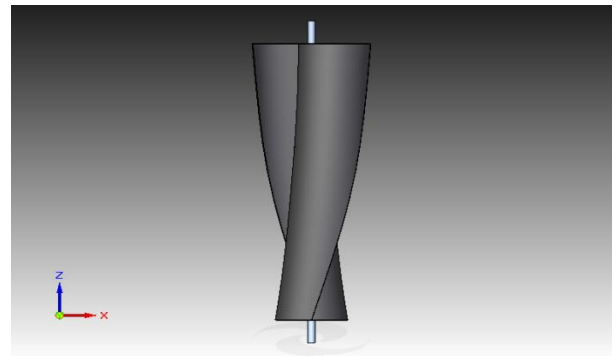
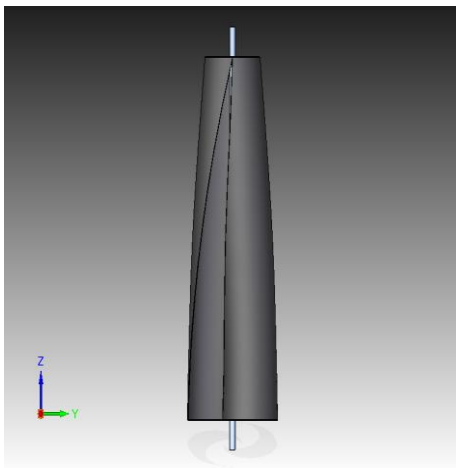


Ilustración 3 Rotor Savonius



Ilustración 4 Generador Eléctrico

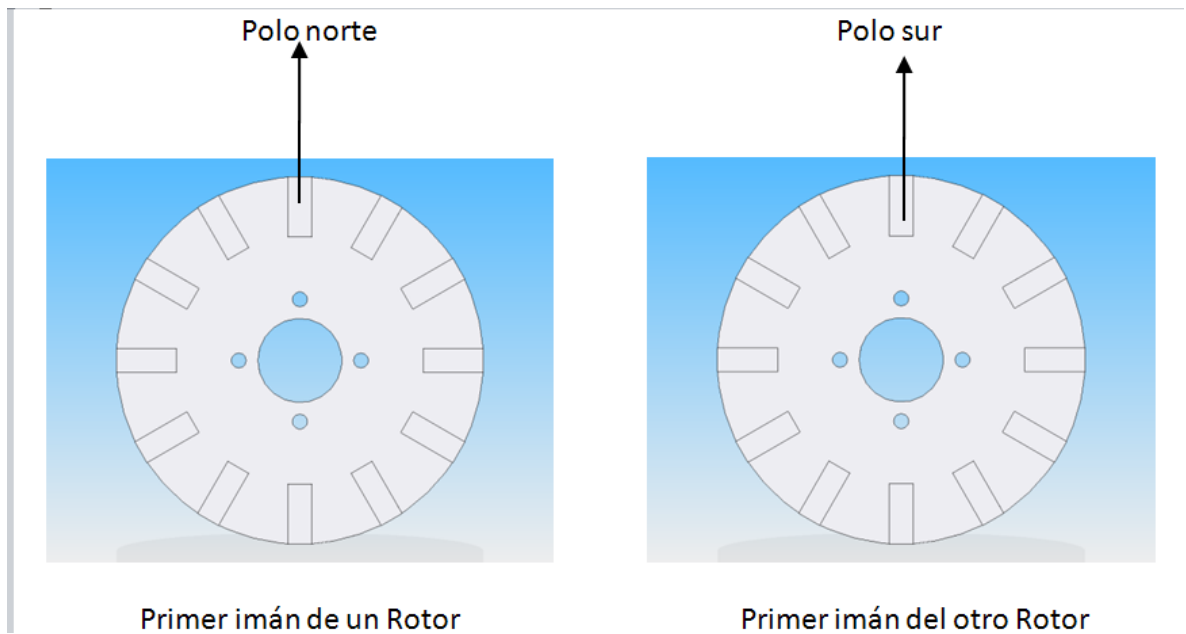


Ilustración 5 Imanes Permanentes



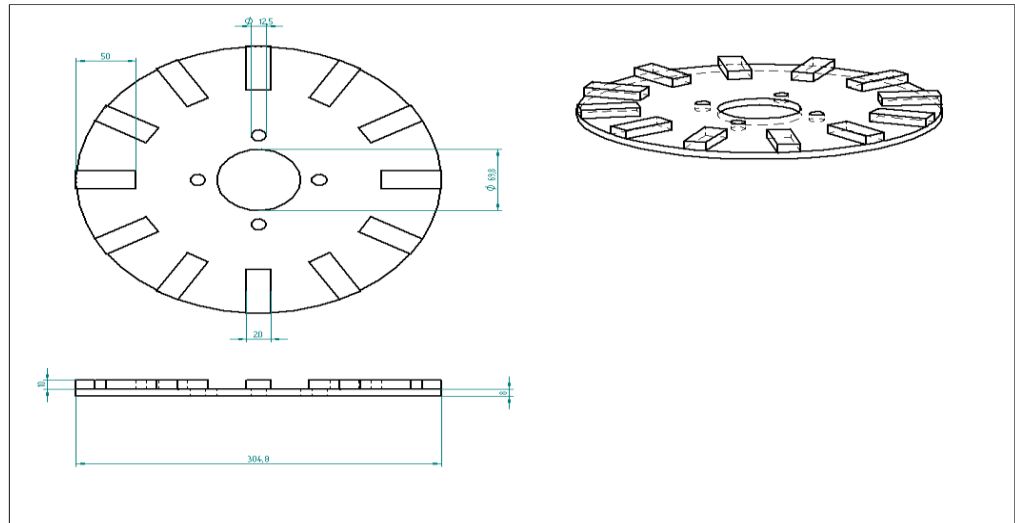


Ilustración 6 Distribución Imanes Permanentes



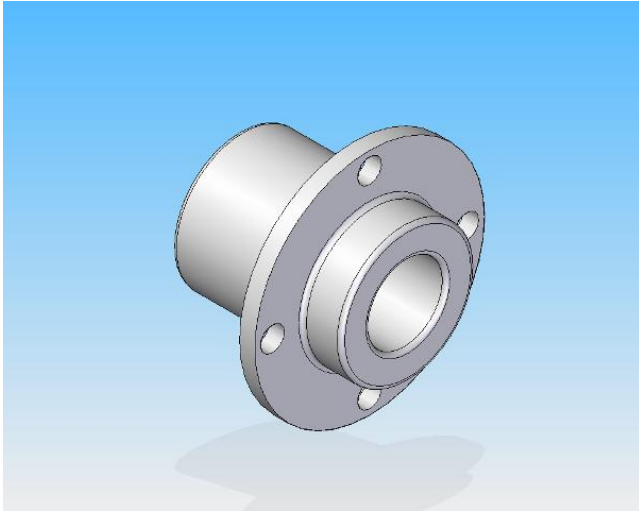
Ilustración 7 Bobinas



Ilustración 8 Rotores Magnéticos



Ilustración 9 Discos de Acero



Bujes de Acople

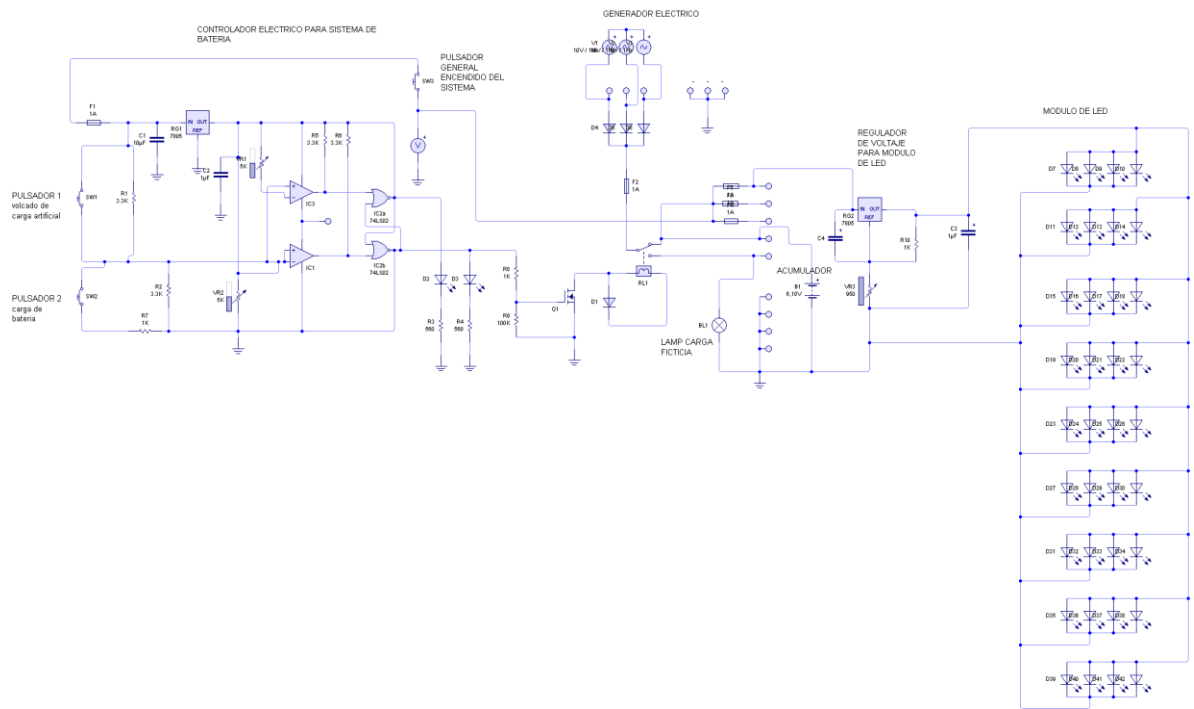


Ilustración 11 Sistema Eléctrico



Ilustración 12 Puente Rectificador

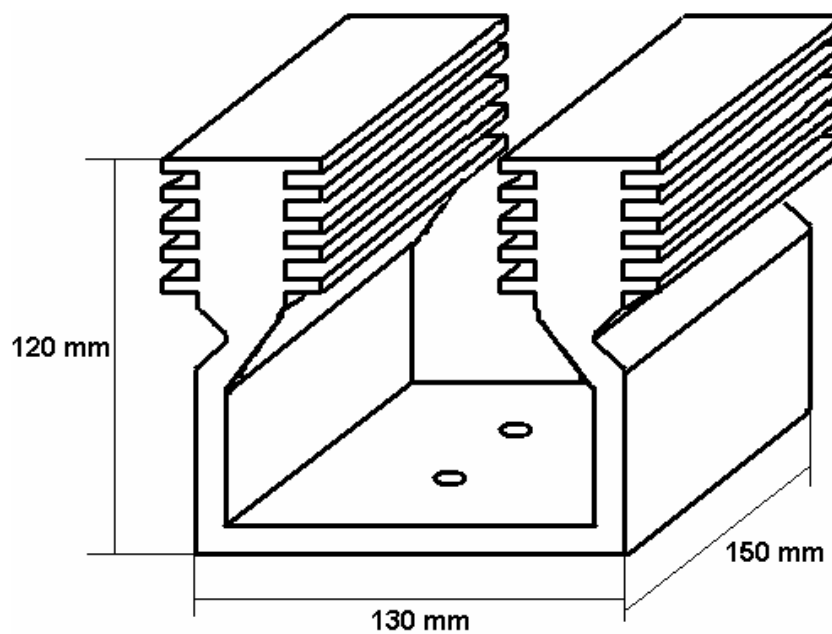


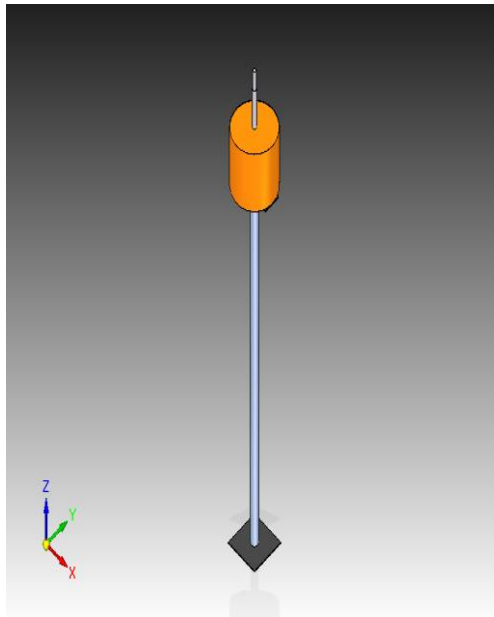
Ilustración 13 Disipador



Ilustración 14 Voltímetro



Ilustración 15 Acumulador de Voltaje



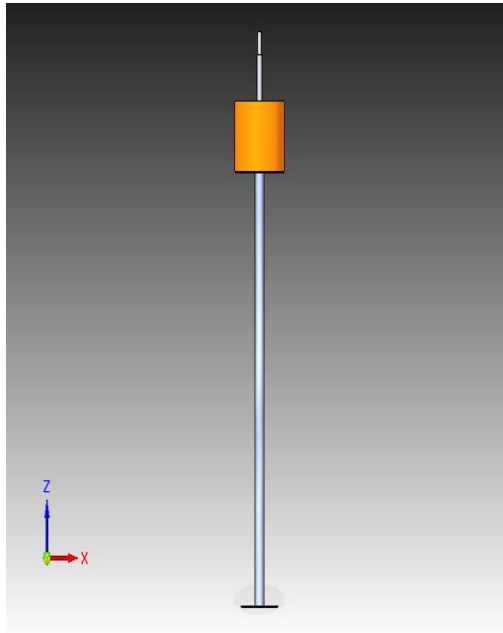


Ilustración 16 Acople Mástil Generador

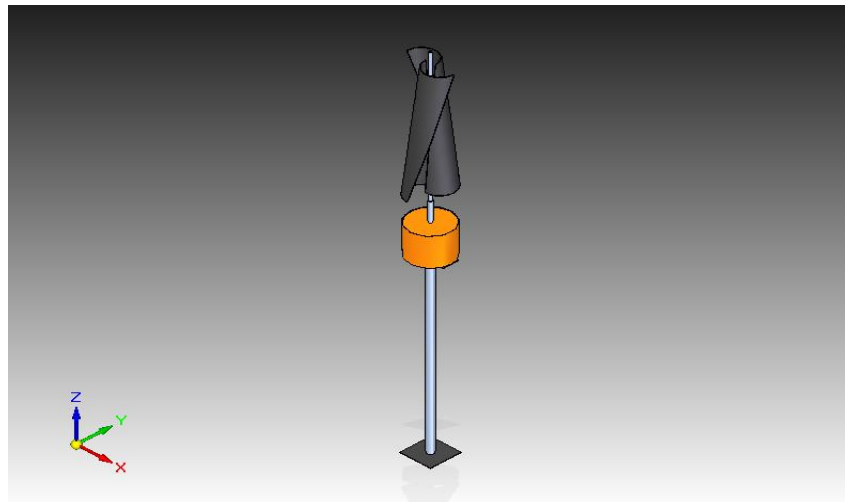


Ilustración 17 Prototipo Propuesto en 3D

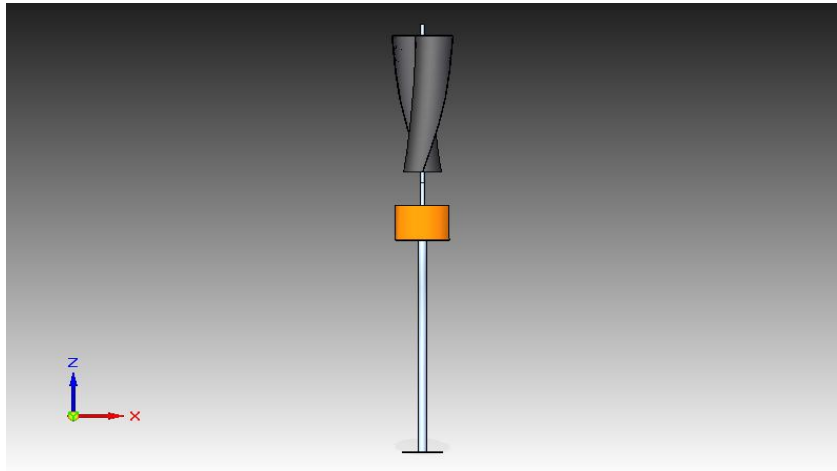


Ilustración 18 Prototipo Propuesto en 2D



